



Nuestra portada:

*Mapa chino del hemisferio oriental  
(1790)*

**Vol. XXI - N.º 120**  
**Enero-Febrero**  
**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

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 TÉCNICOS EN TOPOGRAFIA

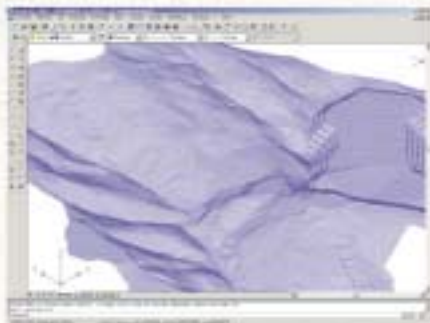
## Sumario

Carta del Decano	3
Sistema de Información Geográfica aplicado a la Sección de Tráfico y Circulación del Ayuntamiento de Valencia	4
Jesús Palomar Vázquez y J. Gaspar Mora Navarro	
Estimación de la Dinámica de los Glaciares Rocosos mediante Modelización Ambiental y Técnicas Fotogramétricas Automáticas (I)	10
José Juan de Sanjosé Blasco	
Acerca de los métodos de cálculo de datos en la inspección de la superficie de antenas	18
Li Zon-Chun, Li Guang-Tun y Jin Chao	
Métodos para efectuar el ajuste, con posterioridad al vuelo, de los datos obtenidos mediante Escáner de Láser Aerotransportado	26
Kris Morin y Naser El-Sheimy	
Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional	33
Nivelación por Doble Alineación	39
Aldo O. Mangiaterra y Gustavo Noguera	
La Topografía y la Prevención de Riesgos Laborales en la Construcción (I)	42
Cristina Allende Prieto y Daniel Iglesias Pastrana	
VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004	55
Novedades Técnicas	60
Bibliografía	62
Vida Profesional	66
Índice Comercial	79

Soluciones para Topografía e Ingeniería Civil en AutoCAD®

# TCP

## Modelo Digital del Terreno Versión 4



Mediciones de firme

Recorrido virtual

Puntos inteligentes



Cubicación rápida

Secciones de autovía

Parcelación

Gestor de proyectos  
Múltiples superficies  
Edición de cartografía



## Programas para Pocket PC

### Levantamientos

Toma de datos con GPS o estación total

Replanteo de puntos y secciones

Control de taludes

Control de posición



### Túneles

Compatible con estaciones motorizadas

Obtención de perfiles

Replanteo de sección, frente o rodadura

Control de puntos



Le ayudamos a hacer  
su trabajo más fácil

TCP Informática y Topografía

C/ Sumatra, 11  
E-29190 Málaga (España)  
Tel.: 952 43 97 71  
Fax: 952 43 13 71  
E-mail: tcp@tcpit.es  
Web: www.tcpit.es

autodesk  
authorized developer





Queridos compañeros y lectores:  
 Como sabéis, en el último proceso electoral celebrado en nuestro Colegio, resulté elegido Decano del mismo, honor que me honra y me abruma, tanto por la responsabilidad adquirida, cuanto por el compromiso, el trabajo y la dificultad intrínseca del puesto.

Desde éste mi recién estrenado Decanato, como no podía ser menos, quiero dirigirme a vosotros para ponerme totalmente a vuestra disposición y a cuanto la profesión representa, sabiendo que me tendréis siempre dispuesto a poner lo mejor de mí mismo y de mis pobres capacidades para tratar de ayudar en todo cuanto pueda y afecte a nuestra profesión y a nuestros Profesionales Colegiados.

Es cierto lo tantas veces afirmado de que "... el Colegio lo somos todos los Colegiados ..." y que ninguno, cualquiera que sea el puesto que ocupa, ni tiene el poder omnímodo decisorio, ni tiene la representatividad única, sola y última de la Institución; por el contrario, todos navegamos en la misma nave, todos trabajamos por llevar la misma a buen puerto y, si bien es cierto que unos ostentamos unas responsabilidades y otros otras, los unos y los otros somos absolutamente imprescindibles para finalizar con bien la singladura.

Permitidme solicitaros vuestra ayuda, colaboración y comprensión en cuanto hemos de llevar adelante; si vuestra ayuda y colaboración son necesarias, no menos lo será vuestra comprensión para todos cuantos errores pueda cometer en el desempeño de mis funciones; así mismo, solicito una crítica leal y constructiva que nos ayude a todos a esforzarnos cada día más y mejor por este Colegio y esta Profesión a la que tanto nos debemos; con vuestra colaboración y el bien hacer de la Junta de Gobierno trataremos de superar cuantas dificultades nos encontremos en nuestro devenir profesional.

Muchas gracias a todos y un fuerte abrazo.

**Pedro J. Cavero Abad**  
 DECANO DEL COITT

# Sistema de Información Geográfica aplicado a la Sección de Tráfico y Circulación del Ayuntamiento de Valencia

Jesús Palomar Vázquez, J. Gaspar Mora Navarro  
 DEP. DE ING. CARTOGRÁFICA, GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

## Resumen

El Servicio de Tráfico y Circulación del Ayuntamiento de Valencia ha puesto en marcha una iniciativa con la cual pretende llevar un control de las calles cortadas por motivo de obras, mudanzas o festejos y, a su vez, informar a los usuarios a través de Internet. Con este objetivo se puso en contacto con la Universidad Politécnica de Valencia, la cual, utilizando tecnología SIG (Sistema de Información Geográfica), ha generado cuatro aplicaciones en Visual Basic que dan respuesta a las necesidades indicadas. El objeto del presente artículo es explicar la solución adoptada y las herramientas informáticas utilizadas

## I. INTRODUCCIÓN

Los SIG son programas que se utilizan para gestionar grandes cantidades de datos, tanto gráficos como alfanuméricos. La capacidad de manejar ambos tipos de datos a la vez y sus relaciones proporcionan la gran ventaja de poder trabajar con información descriptiva de objetos o fenómenos y conocer dónde se ubica dicha información, es decir, su posición sobre un mapa. En el caso que nos ocupa la información alfanumérica son datos sobre el corte de la calle: titular; motivo, las fechas de duración, el tipo de ocupación, etc. La información gráfica es simplemente la posición (X, Y) del corte de circulación donde se ha de dibujar un punto.

## 2. SOLUCIÓN ADOPTADA

Como es habitual, se necesita programar aplicaciones de fácil manejo, de forma que los usuarios sin conocimientos de SIG ni cartografía no tengan ningún problema para utilizar los programas: introducir datos, modificar, imprimir, consultar, etc. Por esta razón se decidió utilizar una com-

binación de herramientas, como son Visual Basic y MapObjects, para programar aplicaciones estáticas que interaccionen con la cartografía y las bases de datos.

MapObjects es un control que contiene objetos que permiten manejar temas de ArcView (ficheros SHP con la cartografía) mediante programación sin la instalación de ArcView.

Haciéndose una preparación previa de la cartografía (calles y manzanas) y de las bases de datos necesarias para guardar la información de los permisos de los cortes de circulación, con Visual Basic y MapObjects se pueden conseguir los objetivos requeridos. El inconveniente de esta forma de trabajo es que la ciudad de Valencia, como todo, está en constante cambio: aparecen nuevas calles, nuevos jardines, etc. Ello conlleva modificaciones en la cartografía que con las aplicaciones programadas no se pueden realizar. La actualización de cartografía se ha de realizar con un SIG, transformarla a formato SHP y sustituir la cartografía antigua por la nueva.

Se han programado cuatro aplicaciones independientes en Visual Basic: tres de introducción de datos (*Obras*, *Mudanzas* y *Festejos*) y uno de consulta (*Consulta*) para generar los mapas con los puntos de interrupción del tráfico en las calles.

Cada aplicación de introducción de datos conecta con una base de datos Access independiente, que es donde se almacena la información de cada permiso (titular, emisor, tipo de obra, fechas de inicio y final, calle y número de policía, coordenadas del punto de corte, etc.). Las aplicaciones, mediante la calle y el número, calculan las coordenadas del punto



Figura 1. Creación de una pantalla gráfica a partir de temas SHP con MapObjects y programación.

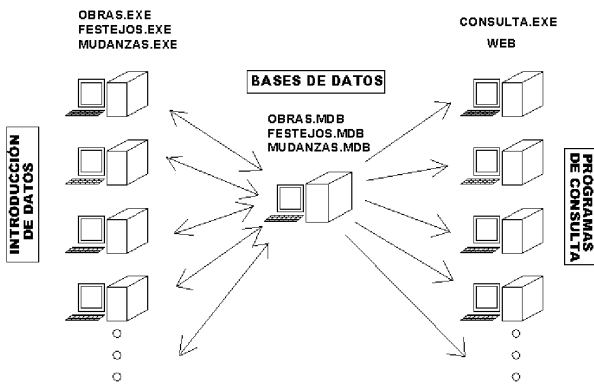


Figura 2. Esquema de introducción de datos y consulta.

de corte dentro de la calle, o bien, si dicha dirección no existiera por falta de actualización de la cartografía base, se pueden capturar gráficamente sobre la pantalla. Estas coordenadas se utilizan para realizar los mapas temáticos, señalando los puntos donde se va a cortar el tráfico mediante el programa de consulta. La figura 2 es un esquema de la solución escogida.

Como se aprecia en esta figura, existe un único servidor, donde se encuentran las bases de datos para almacenar la información. Desde cualquier máquina que tenga instalados los programas de introducción de datos y con acceso a dicho servidor, es posible introducir, consultar y modificar los datos. De la misma forma, desde cualquier ordenador que tenga acceso a las bases de datos e instalado el programa de consultas, se pueden obtener mapas temáticos con la situación de los cortes de calle.

### 3. PREPARACIÓN DE DATOS

El primer paso para la creación del SIG es la preparación de la base de datos gráfica (cartografía digital) y alfanumérica (bases de datos en Access). Como información de partida se dispone de coberturas ArcInfo (SIG utilizado en el Ayuntamiento de Valencia) de los ejes de calle (figura 3) y de las manzanas (figura 4). Estos datos fueron facilitados por el propio Ayuntamiento.

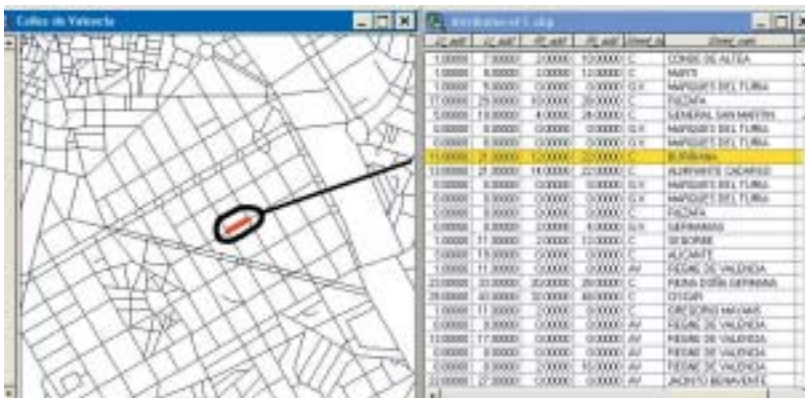


Figura 3. Cobertura de los ejes de calle de la ciudad de Valencia e información asociada.



Figura 4. Cobertura de las manzanas de la ciudad de Valencia. Cada color corresponde a un distrito.

Como muestra la figura 3, la cobertura de ejes de calle tiene una tabla de información asociada. Las calles están divididas en tramos por los cruces con otras calles, es decir, si una calle tiene dos cruces se divide en tres tramos. Cada tramo tiene un registro, fila, en la tabla de información asociada: nombre de la calle, los números de policía izquierdos inicial y final y derechos inicial y final del tramo (campos *Lf\_add*, *Lt\_add*, *Rf\_add*, *Rt\_add* respectivamente de la figura 3), información que se utiliza para geocodificar las direcciones postales.

Para poder trabajar con esta cartografía es necesario transformarla a formato SHP (formato en el que trabaja MapObjects), para ello se introducen las coberturas en ArcView y se guardan como SHP.

Una vez se tiene la información cartográfica, sólo resta la creación de las bases de datos alfanuméricas, donde se guardarán los datos de los permisos de corte de tráfico.

Se crearon tres bases de datos (*Obras.mdb*, *Mudanzas.mdb* y *Festejos.mdb*), con las que conecta el programa de introducción de datos, para añadir, borrar, modificar o imprimir permisos. El programa de consultas rastrea en las tres bases de datos y genera mapas temáticos con las calles cortadas para unas fechas determinadas.

### 4. PROGRAMAS DE INTRODUCCIÓN DE DATOS DE OBRAS, FESTEJOS Y MUDANZAS

Los programas de introducción de datos para cada tipo de incidencia tienen un funcionamiento y estructura similar, aunque están adaptados a las necesidades administrativas y de gestión de cada tipo de permiso. Así, de forma general, contienen un menú inicial, una pantalla para introducción de datos y otra para introducción gráfica de coordenadas. A continuación se describe brevemente el programa específico de obras.

Al arrancar la aplicación aparece el menú inicial (figura 5)



Figura 5. Menú inicial. Permite especificar las rutas a las bases de datos o entrar en la pantalla de introducción de datos.

Si se presiona en la opción *Rutas a las BD*, aparece el cuadro de diálogo de la figura 6. En este formulario se especifica dónde están las bases de datos, las capas gráficas y las plantillas de los informes que imprime el programa de cada permiso.



Figura 6. Cuadro de diálogo para la introducción de las rutas a las bases de datos.

A continuación, el programa ofrece el *interface* principal de la aplicación (figura 7), desde el cual se puede acceder a todas sus posibilidades.

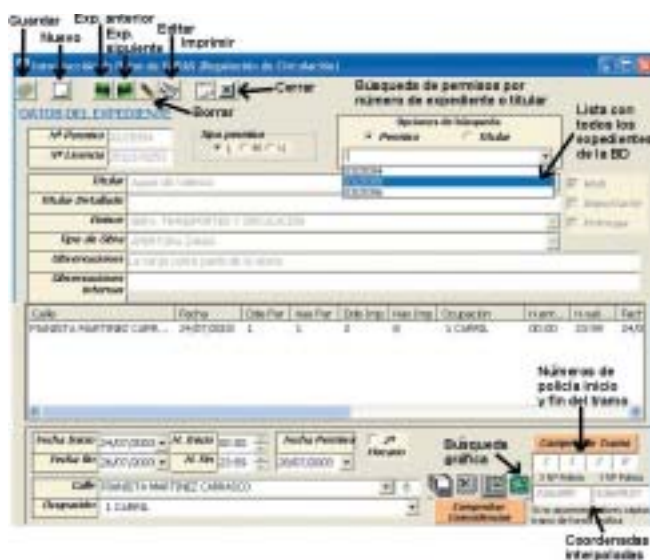


Figura 7. Pantalla para la introducción, modificación e impresión de permisos.

El usuario del programa rellena los campos necesarios (número de permiso, titular, fechas, calle y número de policía, etc.) y, a continuación, se comprueba la existencia del tramo asociado a dicha dirección y se calculan por interpolación las coordenadas del número de policía (figura 8), coordenadas a las que serán asociados todos los datos del expediente actual.

Una función que cabe destacar es la que realiza el botón *comprobar coincidencias*. Este botón realiza la tarea de buscar en las bases de datos de obras, mudanzas y festejos, otras incidencias para la calle en cuestión, con lo que se evita que se otorguen varios permisos de corte de tráfico para la misma calle.



Figura 8. Interpolación de coordenadas del número de policía a partir de las coordenadas inicial y final del tramo donde se encuentra.

Si la dirección introducida es correcta, pero no se encuentra en la base de datos gráfica, esto es debido a que es necesario actualizar la cartografía (en una ciudad como Valencia, el ritmo de construcción de nuevos inmuebles es alto). Para subsanar este problema, y mientras se actualiza la cartografía, el operador dispone de herramientas de captura gráfica de coordenadas (figura 9).



Figura 9. Pantalla gráfica para la búsqueda de calles y cálculo de coordenadas pulsando sobre el mapa.

Una vez que se han introducido los datos de un permiso y se le ha asociado una dirección, se da de alta el expediente, tras lo cual se pregunta al usuario si desea obtener una copia impresa del mismo (figura 10).

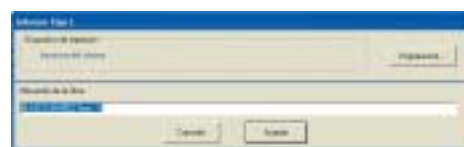


Figura 10. Cuadro de diálogo impresión de permisos.

Cada tipología de corte requiere distintos tipos de informes, por lo que ha sido necesaria la creación de plantillas específicas que contemplen los distintos campos de información necesarios para la expedición de cada tipo de permiso. Para la generación de estos informes se ha utilizado la aplicación *Cristal Reports*, utilidad en la que se han diseñado las diferentes plantillas. A la hora de imprimir, la aplicación recupera la información de su correspondiente base de datos y rellena automáticamente cada informe (figura 11).

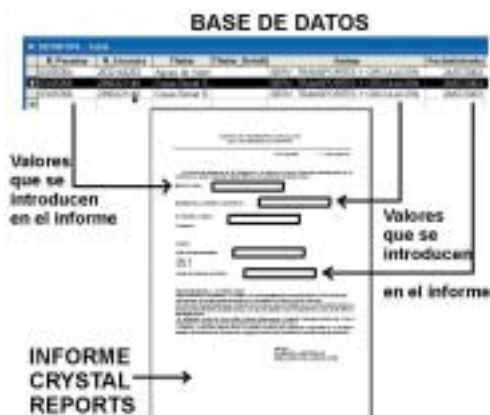


Figura 11. Utilización de *Cristal Reports* para la creación e impresión de informes.

## 5. PROGRAMA DE CONSULTA PARA EL PERSONAL ADMINISTRADOR

Para consultar gráficamente todas las incidencias por obras, mudanzas y festejos para una fecha determinada, se programó la aplicación de consulta (figura 12).



Figura 12. Mapa temático obtenido con el programa *Consulta.exe*.

El operador de la aplicación de consulta solamente ha de activar las bases de datos que desea consultar para una fecha determinada y, tras esto, se presentan todos los tramos con incidencia para dicha fecha, clasificados por colores según su tipología (azul si es un corte por festejos, magenta si lo es por obras y verde si la causa del corte es por una mudanza).

Así mismo, se puede pulsar sobre cualquiera de estos tramos para ver en detalle todos los datos asociados a los mismos. Fundamentalmente, este programa tiene sentido a la hora de introducir un nuevo corte, ya

que se pueden detectar los distintos cortes asignados previamente a un tramo y proponer alternativas de recorrido.

Como utilidades adicionales, la aplicación permite la visualización independiente de las diferentes capas cartográficas (distritos, ejes de calle y números de policía), así como la búsqueda automática de una dirección postal y la exportación de la imagen de pantalla a un archivo BMP.

## 6. CONSULTA DESDE INTERNET DEL USUARIO

Como parte final del sistema, se ofrece la posibilidad de consulta de toda la información para cualquier tipo de usuario a través de un explorador de páginas web. Evidentemente, sólo se ofrece la información no restringida, pero en todo caso resulta un dato muy útil para cualquier persona, puesto que en cada momento conoce la situación de los cortes de calle en toda la población.

La aplicación funciona de la manera siguiente. Todos los días, de madrugada y a la misma hora, el servidor lanza un proceso automático que recoge de las tres bases de datos todas las incidencias vigentes, generando una nueva base de datos en formato SQL Server, de la que la página web del ayuntamiento puede capturar la información relevante. De esta forma se consigue información diaria prácticamente en tiempo real, dando servicio a todos los usuarios interesados.

Para tener acceso a estos datos sólo es necesario visitar la web <http://www.ayto-valencia.es>, donde se puede acceder a datos similares a los que aparecen en la figura 13.



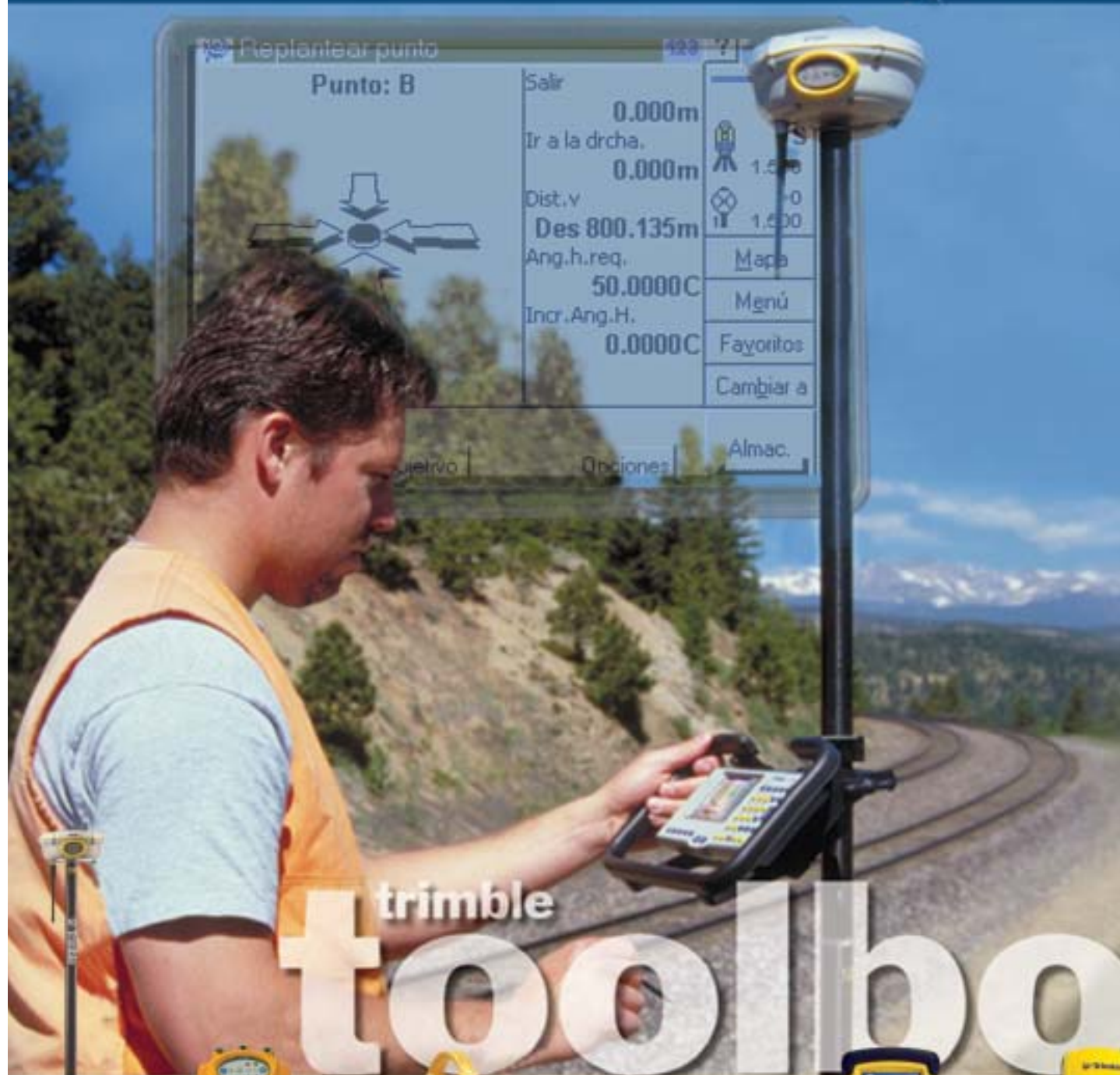
Figura 13. Consulta de los cortes de tráfico a través de Internet. Se sitúa el cursor sobre un icono, que marca la posición del corte de tráfico en el mapa, y aparece una ventana con los datos: nombre de la calle, tipo de corte (obras, mudanzas o festejos) y las fechas inicio y fin de la ocupación.

## 7. CONCLUSIONES

Con este proyecto el Ayuntamiento de Valencia ha conseguido importantes resultados, tanto para el propio Ayuntamiento como para los usuarios, ya que cualquier mejora en el funcionamiento interno del Ayuntamiento repercute directamente en un mejor servicio al ciudadano:

- Los usuarios tienen la posibilidad de consultar a través de Internet el estado de los cortes de tráfico para una fecha dada.
- Se añade la posibilidad de consultar gráficamente las incidencias de tráfico.
- Los datos introducidos por cualquier operador van a las mismas bases de datos, comprobándose la unicidad de los registros, es decir, no se duplican expedientes.
- La funcionalidad de comprobar las coincidencias con otros permisos evita cortar una misma calle varias veces, pudiendo proponer soluciones alternativas. ■

# SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGRAFÍA



trimble  
**tools**



5800 RTK  
ROVER



ESTACIÓN TOTAL  
GPS 5700



NIVEL DIGITAL  
DINI



CONTROLADOR  
ACU



TERMINAL  
RECON



GEDEXPLOR  
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  
País Vasco: 669 59 46 49

# A Y CARTOGRAFÍA

 **Trimble**



ESTACIÓN TOTAL  
NIKON DTM 522



ESTACIÓN TOTAL  
NIKON DTM 332



ESTACIÓN TOTAL  
SERVO 5503



ESTACIÓN TOTAL  
ROBOTIZADA 5600 DR



ESCANER LASER 3D  
CALLIDUS

 **Trimble**

# Estimación de la Dinámica de los Glaciares Rocosos mediante Modelización Ambiental y Técnicas Fotogramétricas Automáticas (I)

José Juan de Sanjosé Blasco

DR. INGENIERO EN GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

ESCUELA POLITÉCNICA DE CÁCERES (UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA)

## Resumen

Con la realización de este proyecto se ha desarrollado una técnica automática para el análisis dinámico de cualquier estructura natural en movimiento (dunas, deslizamiento de laderas, glaciares, etc.) o estructura artificial (desplome de edificios, muros de contención, etc.) utilizando sistemas predictivos y la técnica fotogramétrica de objeto cercano.

Este proceso de automatización (correlación) tiene dos objetivos:

1. Correlación entre las condiciones climáticas (precipitaciones, temperaturas, dirección e intensidad del viento, etc.) y la dinámica de la estructura. Esta correspondencia es ejecutada a través de procesos matemáticos (series temporales, sistemas dinámicos). En esta fase se puede predecir:
  - El comportamiento futuro de la posición de elementos naturales (piedras) e incluso la determinación del momento de inactividad de la estructura.
  - Predicción de la situación espacial de ciertos elementos preseñalizados, de forma que en el proceso fotogramétrico puede ahorrarse la labor de apoyo de campo.
2. Correlación automática entre las imágenes fotogramétricas de objeto cercano (convergentes e inclinadas) con la aplicación de un programa informático denominado Foto-Cartógrafo.

En concreto, esta investigación se ha realizado sobre el glaciar rocoso activo de las Argualas (Pirineos Centrales) durante el periodo 1991-2000.

El interés mostrado en el estudio de una estructura glaciar es su gran sensibilidad a los cambios ambientales y, además, son sistemas geomorfológicos que tienen una dinámica muy acusada (entre 40 y 50 cm al año).

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los glaciares del mundo están en un periodo de retroceso y ello quizás sea debido al cambio climático terrestre. España cuenta con los glaciares (blancos y rocosos) más cercanos al ecuador del continente europeo, pero a pesar de ello no existe ningún estudio de su dinámica. No ocurre lo mismo con algunos glaciares alpinos, de los cuales existe documentación de su dinámica desde 1850.

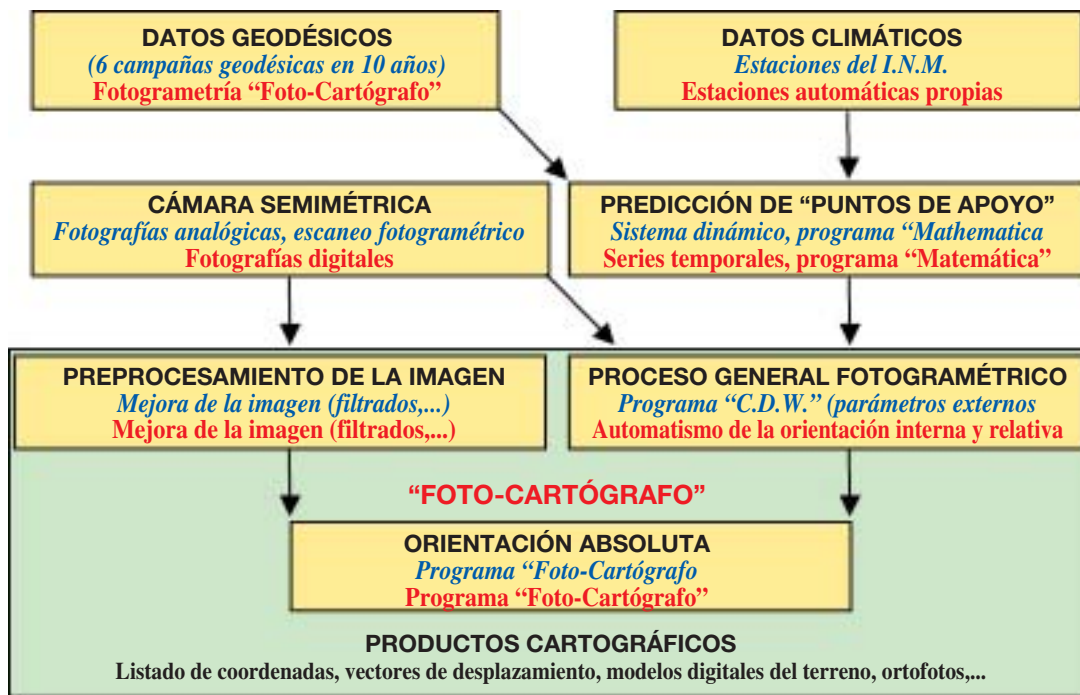
Tradicionalmente, las mediciones de la dinámica de los glaciares han requerido de técnicas tales como Geodesia y Fotogrametría aérea (Kaufmann y Ploesch, 2000). En nuestro caso, ambas técnicas tienen inconvenientes:

- Geodesia: Determinación espacial ( $X, Y, Z$ ) de muy pocos puntos.
- Fotogrametría aérea: Muy costosa económicamente.

Para resolver estas desventajas se han realizado tomas fotogramétricas con un helicóptero, de manera que las fotografías muestran gran cantidad de información y además, este tipo de vuelo es más económico y la precisión es mayor (altura de vuelo muy cercana al objeto).

En la actualidad, el desarrollo del proyecto ha sido el siguiente (esquema I):

1. Datos geodésicos (6 campañas de campo) y datos climáticos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología, entre los años 1991 y 2000.
2. Con la correlación entre ambas informaciones puede predecirse, con técnicas matemáticas (sistema dinámico), la posición de las dianas geodésicas o puntos de apoyo fotogramétricos.
3. Proceso fotogramétrico, mediante la recogida de información con



Esquema 1: Organigrama general del proyecto. Azul: Proceso actual. Rojo: Proceso futuro.

fotografías analógicas (cámara semimétrica) y el posterior escaneo fotogramétrico.

4. El programa *Foto-Cartógrafo* emplea filtros para mejorar la calidad de la imagen (eliminación de ruidos) y detectar los elementos preseñalizados del apoyo fotogramétrico.

El programa todavía no realiza la orientación interna y relativa y, por lo tanto, se ha utilizado el programa fotogramétrico de objeto cercano denominado *CDW* para determinar los parámetros externos de la cámara ( $X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \chi$ ). Posteriormente, con el desarrollo de algoritmos de correspondencia, se realiza la orientación absoluta sobre los puntos de apoyo preseñalizados.

El proceso automático en el futuro consistirá en (esquema 1):

1. La información dinámica se obtendrá por medios fotogramétricos automáticos y los datos climáticos por estaciones meteorológicas propias en el área de influencia del glaciar.
2. Empleo del programa *Mathematica* para la predicción (series temporales) de los puntos de apoyo fotogramétricos.
3. Recogida de la información fotogramétrica con una cámara semimétrica digital de alta resolución desde un helicóptero en estado casi estático.
4. El programa automático *Foto-Cartógrafo* realizará las orientaciones (interna, relativa y absoluta), de manera que se obtendrán resultados tales como listado de coordenadas por cada campaña, vectores de desplazamiento (acimut, distancia y desnivel) entre campañas, etc.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE UN GLACIAR ROCOSO ACTIVO PIRENAICO

Puede definirse un glaciar rocoso como: "masa de derrubios deslizantes sobre una ladera o fondo de valle en la que se reconocen surcos, arcos, cordones y lóbulos, así como un frente abrupto en el que afloran los finos derivados del flujo glaciar" (Serrano et al., 1995).

Para que un glaciar se forme es necesario que la nieve caída sea mayor que la nieve fundida, esto ocurre cuando hay grandes nevadas y las temperaturas son tan bajas que permiten conservarla. Si además existen derrubios (piedras) de los paredones del glaciar y llegan a colmatar el hielo permanente o *permafrost*, se genera un glaciar rocoso (figura 1).

Los glaciares rocosos activos se desplazan muy lentamente debido a causas tales como el espesor de los clastos, pendiente, temperaturas, etc.

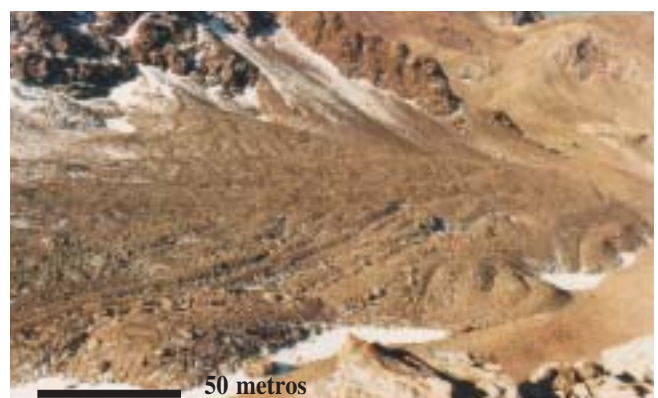


Figura 1. Vista del glaciar rocoso de las Argualas (fotografía tomada en septiembre de 1995).

La dinámica del mismo no es igual en toda su superficie (la zona frontal-central tiene gran dinámica), asimismo la dinámica glaciar depende de la estación del año (en verano existe mayor dinámica).

Los glaciares Pirenaicos se han quedado en meros testimonios de la importancia que tuvieron en otras épocas (periodos glaciares). En concreto, todos los glaciares rocosos del Pirineo tienen las mismas características:

- Orientados al Norte o Noroeste
- Al borde de macizos que superan los 3.000 m
- Al pie de paredes verticales con desniveles superiores a los 150 m
- Presencia de neveros y en el frente aflora agua de fusión a una temperatura entre 0 °C y 1 °C.

En concreto, el glaciar rocoso de las Argualas está orientado al Noroeste, en la base del macizo de las Argualas (3.032 m) con desniveles de los paredones que lo rodean de 300 m y una extensión de 750 m de largo por 400 m de ancho. Los sondeos geofísicos realizados sobre el glaciar han mostrado una capa superficial de clastos de entre 2 m y 4 m y por debajo una capa de *permafrost* entre 10 m (borde) y 20 m (centro) (Fabre *et al.*, 1995).

### 3. EL CLIMA EN EL ÁREA DEL GLACIAR ROCOSO DE LAS ARGUALAS

Los glaciares rocosos avanzan y retroceden como respuesta a los cambios climáticos, esto es, si aumentan las temperaturas también aumenta su dinámica. Dichos movimientos son inapreciables a simple vista, no así si se controlan con métodos geodésicos o fotogramétricos.

Existen cuatro etapas térmicas anuales sobre el glaciar (Gómez *et al.*, 1998):

- *Enfriamiento (otoño)*: Enfriamiento rápido del suelo
- *Capa de nieve (Invierno)*: Efecto aislante de la capa nival, con espesores superiores a 5 m

- *Penetración de hielo (inicio de la primavera)*: Incorporación de este hielo al *permafrost* existente
- *Descongelación (abril-octubre)*: Desaparece la nieve y las temperaturas medias diarias son superiores a 0 °C.

Debido a la existencia de la capa de nieve, sólo es posible hacer observaciones geodésico-fotogramétricas en el mes de septiembre y excepcionalmente en agosto.

La temperatura media anual pirenaica de 0 °C está a la altitud de 2.726 m y el glaciar rocoso de las Argualas se encuentra entre 2.590 m y 2.730 m, por lo tanto está enclavado dentro del límite de *permafrost*, donde teóricamente se mantiene la nieve durante todo el año.

Para determinar actualmente las condiciones climáticas (precipitaciones y temperaturas) en el glaciar es necesario utilizar los datos de las estaciones meteorológicas próximas del Instituto Nacional de Meteorología. Estas estaciones son: Sallent de Gállego, Furco, Formigal y Bañerario de Panticosa (figura 2).

Los valores climáticos del glaciar se han calculado a partir de los datos de las estaciones del INM:

- *Precipitaciones*: La estación más cercana al glaciar es Sallent de Gállego (5 km), de la cual existe la serie completa de precipitaciones desde 1990. Los valores recogidos en Sallent de Gállego se han llevado al área del glaciar.
- *Temperaturas*: No existe una serie completa en cada estación, por tanto se ha calculado un gradiente térmico para la zona en los meses de agosto y septiembre (-0,61 °C/100 m). Desde las estaciones (Furco, Formigal, Bañerario de Panticosa) se ha completado la serie de la estación de Sallent de Gállego aplicando dicho gradiente térmico y, desde Sallent de Gállego, se han calculado con el mismo gradiente las temperaturas en el área del glaciar.

Para la ejecución de este proyecto se han empleado las estaciones meteorológicas del INM, pero no son las condiciones idóneas debido a los siguientes inconvenientes:



Figura 2: Localización de las estaciones meteorológicas (1/50000 IGN)



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

ANEBA Madrid •  
lrid@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.



Adquisición de datos



Dibujo automático campo.



Replanteo y control calidad.



Consulta y actualización de GIS.



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...

- No existen series completas de datos (precipitaciones y temperaturas) para una misma estación.
- Gran diferencia de altitud (más de 1.000 m) entre las estaciones meteorológicas y el glaciar, de manera que no reflejan la situación climática real del glaciar.
- La ubicación de las estaciones son muy diferentes a la orientación del glaciar (noroeste), puesto que el glaciar está en umbría casi todo el año debido a los paredones que le rodean, mientras que las estaciones pueden estar registrando datos en periodos de solana.

Debido a los anteriores inconvenientes, se propone colocar unas estaciones automáticas propias en el glaciar, donde se recojan diferentes parámetros: temperaturas a distintos niveles (superficial y a una altitud de 1,5 m y 3 m sobre el suelo), precipitaciones (agua, nieve), espesor de nieve, etc. Incluso pueden colocarse más de una estación meteorológica, para contrastar los datos (una estación puede ubicarse en la cola del glaciar y otra en el frente y, en cualquier caso, las estaciones deben situarse en zonas alejadas de la acumulación de nieve).

Este tipo de estaciones automáticas ya han sido empleadas por investigadores españoles en la base Juan Carlos I (Antártida) y en el glaciar rocoso del Corral del Veleta (Sierra Nevada) con resultados muy satisfactorios (Ramos et al., 2001).

#### 4. ANÁLISIS GEODÉSICO DE LA DINÁMICA DEL GLACIAR ARGUALAS

Para calcular la dinámica del glaciar rocoso de las Argualas se viene realizando desde 1991 un estudio geodésico que pretende localizar con gran precisión determinados elementos (varillas) y comparar las sucesivas posiciones ( $X, Y, Z$ ) espaciadas en el tiempo.

Las campañas geodésicas se han realizado los años 1991, 1993, 1994, 1995, 1998 y 2000. Una situación ideal hubiera sido la observación anual, pero ha sido imposible debido a motivos económicos (falta de financiación) y climáticos (mal tiempo atmosférico).

La técnica topográfica desarrollada para calcular la dinámica glaciar ha sido la intersección directa (angular y distancias), pero en el año 2000

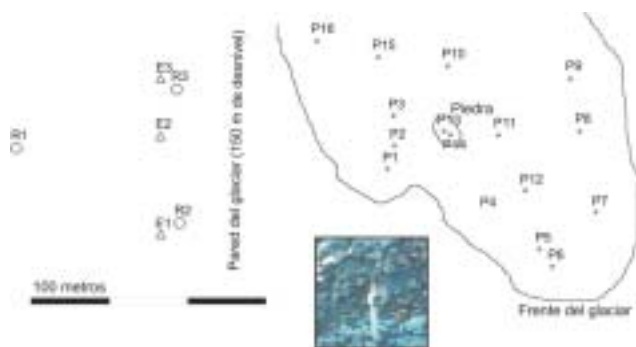


Figura 3. Situación de los elementos geodésicos: estaciones, referencias y varillas (fotografía).

además se empleó el sistema de posicionamiento mundial GPS y la técnica fotogramétrica de objeto cercano. El sistema GPS en su aplicación RTK (estático) no ha mostrado buenos resultados, debido al efecto multicamino de las señales de los satélites sobre los paredones del glaciar.

En el año 1991 se colocaron varillas para el control geodésico y en el año 2000 se situaron otras varillas para el desarrollo de la técnica fotogramétrica de objeto cercano. Las varillas geodésicas están distribuidas por todo el glaciar, para recoger todos los posibles movimientos del mismo, mientras que las señales fotogramétricas o puntos de apoyo se han limitado a la zona de una piedra de grandes dimensiones (8 metros de diámetro). Esta diferencia se debe a que era inviable realizar un análisis fotogramétrico de todo el glaciar (Sanjosé, 2001).

Para realizar el estudio geodésico de las varillas (1991-2000) es necesario disponer de los siguientes elementos (Fig. 3):

- Tres estaciones estables (clavos) en lo alto del paredón situado al Este del glaciar.
- Tres referencias estables (clavos). Desde cada estación se observan dos referencias, esto se realizó para el caso de desaparición de una referencia.
- Catorce varillas de 1,20 cm clavadas en el glaciar y además hay dos clavos en la piedra de grandes dimensiones. El movimiento de las varillas es solidario con la dinámica del glaciar.

##### 4.1. Método de intersección angular

Desde cada una de las estaciones se visa a sus respectivas referencias y a todas las varillas. Para una campaña existirá un ángulo  $\alpha$  entre una referencia y una varilla y para una campaña posterior, si existe movimiento de la varilla, este ángulo se habrá transformado en  $\alpha'$ . El incremento angular entre ambas campañas es  $\Delta\alpha$ . Para transformar este valor angular en valor lineal se procede a (figura 4):

$$\Delta d = \frac{D_r \cdot \text{sen} \Delta\alpha}{636620^{cc}}$$

Para ello es necesario conocer la distancia reducida aproximada entre la estación y la varilla. Esta operación se repite para cada una de las estaciones sobre todas las varillas.

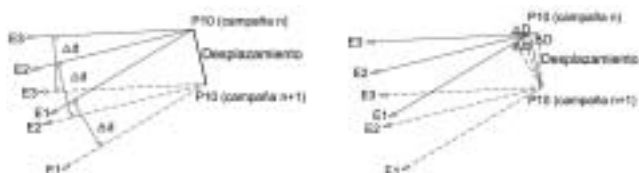
Su representación gráfica consiste en dibujar a gran escala (1/1, 1/5, 5/1, etc.) las visuales (paralelas respecto a una campaña anterior) desde cada estación, con sus respectivos incrementos  $\Delta d$ . El resultado es la intersección (puntual o polígono) de las visuales. Respecto al origen de ángulos se calcula el acimut y la distancia de desplazamiento.

##### 4.2. Método de intersección de distancias

Con los valores de presión atmosférica y temperatura debe hacerse la corrección de refracción (hay valores de corrección superiores a 84

p.p.m.) sobre la medición de la distancia geométrica. Posteriormente, se calcula la distancia reducida para cada campaña y sólo queda restar el valor de la distancia de una campaña a otra, obteniéndose un incremento de distancia de  $\Delta D$  (figura 4). De igual manera se procede con el desnivel  $\Delta Z$ .

Los incrementos de distancia se llevan en dirección de las visuales y se trazan sus perpendiculares hasta determinar su intersección (puntual, polígono). Posteriormente, sólo queda resolver el acimut y la distancia de desplazamiento con respecto a la campaña anterior.



**Figura 4. Método gráfico de intersección angular e intersección de distancias en la varilla 10 (P10).**

### 4.3. Comparación de los métodos y resultados

El interés de desarrollar un método gráfico estriba en que es posible desechar las visuales erróneas al apreciarse el polígono de indeterminación de forma gráfica y es el operador humano quien realiza esta operación y no un programa informático de manera automática. A pesar de ello, estos resultados han sido contrastados con un programa informático (TCP-IT) mostrando valores similares (Sanjosé, 2003).

Los métodos de intersección angular y de distancia si estuvieran exentos de errores mostrarían una coincidencia en su resultado, pero esto no ocurre y en ambos casos el error está por debajo de la tolerancia de  $\pm 4$  cm.

El comportamiento dinámico de todas las varillas no es el mismo, lo cual es lógico, puesto que depende de su posición espacial en el glaciar (figura 5). En el futuro quiere calcularse la posición de estos elementos con el desarrollo de la fotogrametría de objeto cercano y el programa *Foto-Cartógrafo*.

## 5. PREDICCIÓN MATEMÁTICA DE LA DINÁMICA GLACIAR

Pasados unos años desde el inicio del estudio dinámico del glaciar rocoso de las Argualas, se comprobó que había una correlación entre la variable climática y los desplazamientos que estaba sufriendo el glaciar. Por ejemplo, esta relación es más acusada en el año 1994, donde la media de las temperaturas en los Pirineos fue 3 °C superior al resto de años de la década de los 90 (anteriores y posteriores) y además coincide que ese año hubo una mayor dinámica glaciar (figura 6).

Una línea de estudio a la que lleva esta correspondencia es el desarrollo de trabajos que pretenden predecir a corto plazo el desplazamiento del glaciar, mediante el conocimiento de los datos climáticos y las mediciones geodésicas.

Mediante el empleo de procesos predictivos puede estimarse el comportamiento futuro de algunos elementos (varillas geodésicas, puntos de apoyo preseñalizados). El estudio predictivo puede encaminarse en la línea de las series temporales y de los sistemas dinámicos, en concreto, se ha desarrollado el sistema dinámico debido a que se dispone de muy pocos datos para aplicar las series temporales.

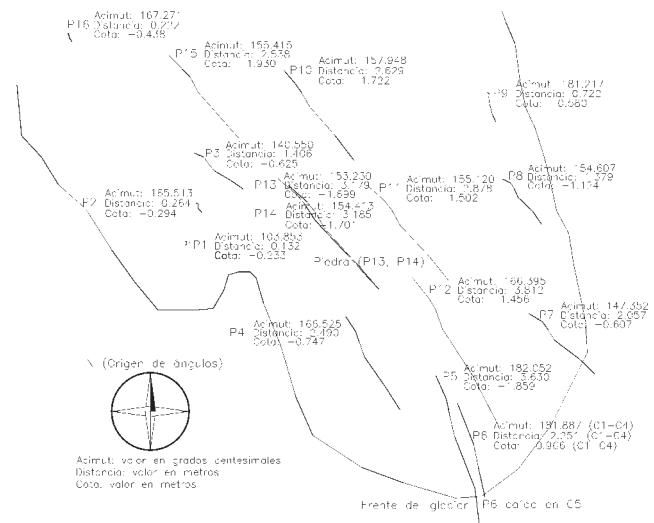
El sistema dinámico muestra el cambio de un sistema con el paso del tiempo. Ese cambio puede describirse mediante un operador, el cual puede ser un sistema de ecuaciones diferenciales.

La información necesaria del glaciar para el desarrollo de los sistemas dinámicos es:

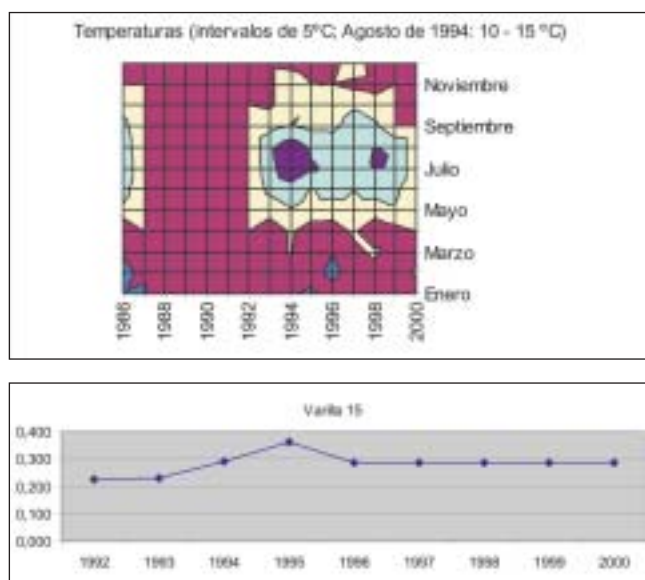
- Coordenadas geodésicas ( $x, y, z$ ) de las varillas en las diferentes campañas.
- Fecha de realización de las observaciones. Este factor lleva al conocimiento del periodo entre campañas.
- Información climática (precipitaciones y temperaturas) entre las campañas.

Se ha empleado el programa matemático *Mathematica* para resolver el sistema dinámico. A continuación se muestra el sistema para la varilla (P1), pero de igual forma se resuelve la función matemática de desplazamiento para cualquier otra varilla. (López et al., 2002).

Con los valores climáticos y geodésicos de campañas anteriores puede crearse un polinomio de segundo grado para estimar las condiciones cli-



**Figura 5. Dinámica del glaciar rocoso de las Argualas en el periodo 1991-2000.**



**Figura 6. Correspondencia climática con la dinámica glaciar (varilla 15).**

máticas en una campaña posterior. Esto es, se dispone de las coordenadas  $(x,y,z)$  de seis campañas geodésicas, de las cuales la primera campaña no tiene suficientes datos climáticos y la sexta campaña se emplea como comprobación de los resultados.

Con estos antecedentes pueden crearse 12 ecuaciones y el sistema tiene 12 incógnitas  $(a,b,c,d,e,j,g,h,k,l,o,p)$ .

$$F_i(p,t) = (at^2 + btp + cp^2 + d, \quad et^2 + jtp + gp^2 + h, \quad kt^2 + ltp + op^2 + q)$$

Con el valor de estas incógnitas puede resolverse las condiciones climáticas  $(p:322.69 \text{ dmm}, t:9.29 \text{ }^\circ\text{C})$  para la sexta campaña.

Las diversas posiciones de una varilla bajo el efecto de una deformación pueden considerarse como la aplicación sucesiva de una función sobre su posición inicial:

$$x_n = F \cdot x_{n-1} \quad \text{o} \quad x_n = F^n \cdot x_0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_n = \begin{pmatrix} a & b & c \\ e & j & g \\ k & l & o \end{pmatrix}_{(p,t)} \begin{pmatrix} d(x) \\ h(y) \\ q(z) \end{pmatrix}_{n-1}$$

Las coordenadas de la varilla **PI** obtenidas con el sistema dinámico son:

$$x : 1216,713 \quad y : 1063,780 \quad z : 847,909$$

Las coordenadas de la varilla **PI** mediante la observación geodésica son:

$$x : 1216,753 \quad y : 1063,818 \quad z : 847,938$$

Puede comprobarse que hay una diferencia de  $\pm 4 \text{ cm}$  entre las coordenadas del sistema de cálculo dinámico y las mediciones geodésicas, por lo tanto es un método aceptable para la determinación predictiva de los puntos de apoyo. Al sistema predictivo se le debe imponer unas condiciones para mejorarlo en futuras aplicaciones:

- Establecimiento de un periodo mínimo y máximo entre las observaciones
- Número mínimo de campañas para que el sistema predictivo sea aceptable
- Comprobar que las coordenadas aportadas por el método fotogramétrico son idóneas para el desarrollo de esta técnica predictiva. Ya se ha demostrado que el método geodésico es aceptable.

### BIBLIOGRAFÍA

- Frabre, D., García, F., Evin, M. *Structure interne du glacier rocheux actif de las Argualas (Espagne)*. La Houille Blanche, pp. 144-147. 1995.
- Gómez, A., Salvador Franch F., Schulte, C. *Evolución térmica de la capa activa en la estación geomorfológica de la planicie La Feixa – La Maniga, 2150 m*. Procesos biofísicos actuales en medios fríos. Publicación de la Universidad de Barcelona, pp. 73-97. Barcelona. 1998.
- Kaufmann, V., Ploesch, R. *Mapping and visualization of the retreat of two cirque glaciers in the Austrian Hohe Tauern National Park*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, pp. 446-453. Amsterdam. 2000.
- López, M., Rodrigo, J., Sanjosé, J. J. *Estudio y modelado matemático para la predicción de problemas en Ingeniería*. Nolineal. Cuenca. 2002.
- Ramos, M., Gómez, A., Palacios, D., Tanarro, L. M. *Método térmico para el estudio de la distribución del permafrost en Sierra Nevada*. Periglaciarrismo en montaña. Departamento de Geografía, pp. 91-123. Potes. 2001.
- Sanjosé, J. J. *Métodos, técnicas e implementación de la correlación de imagen en la modelización tridimensional*. Trabajo de investigación. Valencia. 2001.
- Sanjosé, J. J. *Estimación de la dinámica de los glaciares rocosos mediante modelización ambiental y técnicas fotogramétricas automáticas*. Tesis doctoral. Valencia. 2003. ■

# High-Definition Surveying™ - por Leica Geosystems



## Leica HDS: el sueño de captar la realidad en 3D

Leica Geosystems presenta su nueva tecnología para la captura rápida, precisa y completa de estructuras, instalaciones, etc.: High-Definition Surveying (Topografía de alta definición) o HDS™. Esta nueva familia, de hardware y software, HDS™ de Láseres escáner permite obtener en segundos una nube de millones de puntos con una precisión individual inferior a 6mm, que nos servirá para obtener un modelado final de la misma con una precisión de 2mm. De esta forma obtenemos de manera exacta la geometría de la realidad, permitiendo obtener los resultados finales que más nos convengan (exportaciones a ficheros CAD en 2 y 3D, nubes para diseño, etc.).

HDS™ puede ser usada por una sola persona, permitiéndole tomar medidas donde a priori era imposible, pudiéndose usar en todo tipo de condiciones luminosas, sin interferir en las actividades operativas cotidianas.

HDS™ consta de 3 productos de hardware que se adaptan a las necesidades de cada proyecto: HDS2500, HDS3000 y HDS4500. Además, este sistema viene completado por su paquete de software Cyclone™ que le permite una gran agilidad en la captura y procesamiento de los datos obtenidos. Estos productos de software crean resultados finales de manera más sencilla que nunca.

**¡Bienvenido al Mundo HDS!**



Cyclone & CloudWorx

Leica Geosystems S.L.  
C/ Nicaragua, 46; 08029Barcelona  
Te. 934 949 440, Fax: 934 949 442  
[www.cyra.com](http://www.cyra.com); [Anton.Bravo@leica-geosystem](mailto:Anton.Bravo@leica-geosystem)

**Leica**  
Geosystems

# Acerca de los métodos de cálculo de datos en la inspección de la superficie de antenas

Li Zon-Chun, Li Guang-Yun y Jin Chao

INSTITUTO DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA DE ZHENGZHOU

R. P. CHINA

## Resumen

*En este artículo se discuten en profundidad los métodos de cálculo de los datos en la inspección de la superficie de antenas. Existen dos pasos entre la medición de las coordenadas tridimensionales y la obtención de información de utilidad (como, por ejemplo, la desviación típica de la superficie de antenas) y que son: la transformación de coordenadas y el cálculo de la desviación típica de la superficie de antenas. El primer paso es el más importante.*

*En este artículo se discuten tres métodos para hacerlo: por ajuste libre de superficies, por transformación de coordenadas con puntos comunes y el ajuste de superficies mediante CAD (Diseño Asistido por Ordenador)). Se exponen los modelos matemáticos y las fórmulas de estos métodos y, finalmente, se presentan algunos resultados.*

*De acuerdo con el análisis teórico y los cálculos reales, podemos ver que el ajuste de superficies mediante CAD es el método mejor, ya que no necesita la ecuación de la superficie de las antenas ni puntos comunes, únicamente la superficie CAD, siendo su resultado fiable. Si no disponemos del modelo de la superficie CAD y sí de unos cuantos puntos comunes, el mejor método es el de la transformación de coordenadas con puntos comunes, aunque su resultado se ve influido por la precisión de dichos puntos. Si no disponemos ni de modelo de la superficie CAD ni de unos cuantos puntos comunes, el ajuste libre de superficies también es un buen método, que da una alta precisión de la superficie, aunque ésta puede estar desplazada*

## Abstract

*The data processing methods of surface antenna's inspection are deeply discussed in this paper. There are two steps from 3D measuring coordinates to useful information (for example, surface standard deviation): coordinate transformation and surface standard deviation calculation. The first step is more important.*

*Three methods (surface free fitting, common point coordinate transformation and CAD surface fitting) are discussed in this paper. The mathematical models and formulas of these methods are deduced and some results are given finally.*

*According to the theoretical analysis and actual calculation we can see that the CAD surface model fitting is the best method because it needs neither the surface equation nor common point but the CAD surface and its result is reliable. If there is no CAD surface model but a number of common points, then the common point coordinate transformation is a better method, but its result is influenced by the accuracy of common points. If there exists neither CAD surface model nor common point, the surface free fitting is also a good method, which has a high surface precision but the calculated surface may be shifted.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de medición mediante teodolitos electrónicos o con trazadores láser se utilizan profusamente en la determinación de la superficie de antenas y han supuesto una revolución en este proceso. En esta revolución se presentan dos problemas muy importantes; uno es cómo obtener las coordenadas tridimensionales de la superficie de las antenas y el otro es cómo procesar de forma científica los datos de las mediciones, con el fin de obtener una

información de utilidad. Este último es el que sobre todo se discute en este artículo, presentando además el ejemplo de la inspección de la superficie de una antena parabólica de rotación.

## 2. CONCEPTOS DE LOS DOS SISTEMAS DE COORDENADAS

Las mediciones se realizan sobre un espacio temporal definido, en el que el sistema de coordenadas es un concepto muy importante. En la ins-

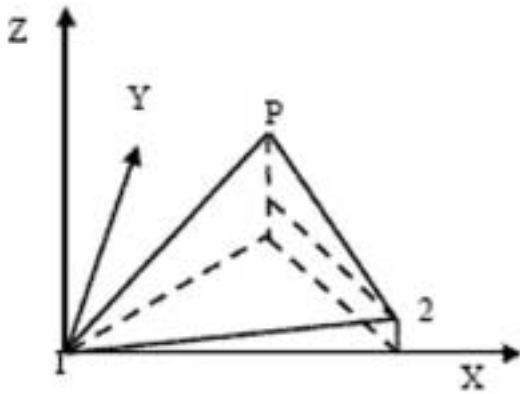


Figura 1. Sistema de coordenadas de la medición

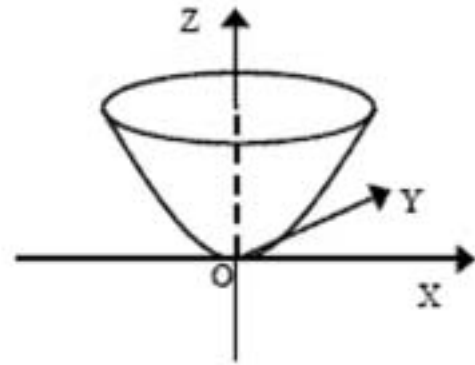


Figura 2. Sistema de coordenadas del diseño

pección de la superficie de antenas existen dos clases de sistemas de coordenadas: el sistema de coordenadas de la propia medición y el sistema de coordenadas del diseño.

El sistema de coordenadas de la medición viene definido por el hardware del sistema industrial de mediciones. Por ejemplo, en el sistema de medición de los teodolitos escogemos normalmente como origen el punto central del primer teodolito, como eje X la línea proyectada sobre el plano horizontal que une los puntos centrales de los dos teodolitos, como eje Z la línea vertical del primer teodolito, siendo libre su dirección, y el eje Y viene determinado en el sistema de coordenadas rectangular situado a mano derecha, como se muestra en la figura 1.

En la figura 2 se representa el sistema de coordenadas del diseño del paraboloide de rotación. El eje de rotación es el eje Z, el vértice del paraboloide es el origen, el eje X es perpendicular al eje Z y de libre dirección, y el eje Y viene determinado por el sistema de coordenadas rectangular situado a mano derecha. En este sistema de coordenadas, el eje Z es el eje de rotación, con todo su significado físico, y la fórmula del paraboloide es muy sencilla. Puesto que la fórmula de la parábola es  $z = f(x)$ , la fórmula del paraboloide es  $z = f(\sqrt{x^2 + y^2})$ .

### 3. MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE DATOS DE LA SUPERFICIE DE ANTENAS

De lo anteriormente dicho podemos ver que la fórmula de la antena es muy sencilla en el sistema de coordenadas del diseño y los parámetros tienen un significado importante. Pero dicha fórmula es más compleja en el sistema de coordenadas de la medición y tiene menos significado. En consecuencia, el cálculo de los datos se puede dividir en dos etapas: en la primera se transforma el sistema de coordenadas de la medición al sistema de coordenadas del diseño y en la segunda se calcula la desviación típica de la superficie de la antena y los valores del ajuste en el sistema de coordenadas del diseño.

Existen tres tipos de métodos de transformación: el primero es el ajuste libre de superficies, el segundo es la transformación de coordenadas

con puntos comunes y el tercero es el ajuste del modelo de superficie mediante CAD.

#### 3.1. Ajuste libre de superficies

Entre el sistema de coordenadas del diseño y el sistema de coordenadas de la medición existen tres parámetros de traslación y otros tres parámetros de rotación, que son  $(X_0, Y_0, Z_0, \varphi, \theta, \psi)$ . Debido al especial carácter del paraboloide de rotación (el eje X del sistema de coordenadas del diseño puede fijarse en cualquier dirección), podemos fijar a  $\psi$  como una constante ( $\psi = 0$ ), de modo que existan tres parámetros de traslación y sólo dos de rotación, es decir,  $(X_0, Y_0, Z_0, \varphi, \theta)$ . Supongamos que las coordenadas de la antena en el sistema de coordenadas del diseño sean  $(x,y,z)$  y  $(X,Y,Z)$  en el sistema de coordenadas de la medición; entonces se puede escribir la fórmula de la superficie de la antena en el sistema de coordenadas del diseño de la siguiente forma:

$$F = z - f(\sqrt{x^2 + y^2}) = 0 \tag{1}$$

Dado que  $(x,y,z)$  es función de  $(X_0, Y_0, Z_0, \varphi, \theta)$ , resulta que  $F$  es asimismo función de  $(X_0, Y_0, Z_0, \varphi, \theta)$ .

La transformación (Li, 1994) entre el sistema de coordenadas del diseño y el sistema de coordenadas de medición es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi & 0 \\ -\sin\varphi \cos\theta & \cos\varphi \cos\theta & \sin\theta \\ \sin\varphi \sin\theta & -\cos\varphi \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \tag{2}$$

Para resolver los parámetros de las coordenadas  $(X_0, Y_0, Z_0, \varphi, \theta)$  y calcular las coordenadas de los puntos de las mediciones en el sistema de coordenadas del diseño, disponemos de  $n$  puntos de medición  $(X_i, Y_i, Z_i)$ , donde  $i = 1, 2, \dots, n$ , y podemos emplear el método de mínimos cuadrados iterativo (Li, 2000).

Este método permite alcanzar la mayor precisión en la determinación de la superficie de los tres mencionados. De hecho, la actual antena es sólo

una pequeña parte del paraboloide de rotación y, como es difícil fijar las condiciones límite, el resultado puede aparecer desplazado. Esto es por lo que lo denominamos método de ajuste libre de superficies.

### 3.2. Método de transformación de coordenadas mediante puntos comunes

La condición previa al uso de este método es la de que existan puntos comunes. Hay tres parámetros de translación y otros tres de rotación, es decir  $(X_0, Y_0, Z_0, \epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z)$ . Las coordenadas de uno de los puntos comunes son  $(x,y,z)$  en el sistema de coordenadas del diseño y  $(X,Y,Z)$  en el sistema de coordenadas de la medición, y la relación entre ambos sistemas de coordenadas es (Li, 1994):

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

donde:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \cos \epsilon_y \cos \epsilon_z, & b_1 &= \cos \epsilon_y \sin \epsilon_z, & c_1 &= -\sin \epsilon_y \\ a_2 &= -\cos \epsilon_x \sin \epsilon_z + \sin \epsilon_x \sin \epsilon_y \cos \epsilon_z, & b_2 &= \cos \epsilon_x \sin \epsilon_z + \sin \epsilon_x \sin \epsilon_y \sin \epsilon_z, & c_2 &= \sin \epsilon_x \cos \epsilon_y \\ a_3 &= \sin \epsilon_x \sin \epsilon_z + \cos \epsilon_x \sin \epsilon_y \cos \epsilon_z, & b_3 &= -\sin \epsilon_x \cos \epsilon_z + \cos \epsilon_x \sin \epsilon_y \sin \epsilon_z, & c_3 &= \cos \epsilon_x \cos \epsilon_y \end{aligned} \right\}$$

Diferenciando la fórmula (3), es fácil obtener:

$$\left. \begin{aligned} dx &= -a_3 dX_0 - b_3 dY_0 - c_3 dZ_0 + d_1 d\epsilon_y + f_1 d\epsilon_z \\ dy &= -a_2 dX_0 - b_2 dY_0 - c_2 dZ_0 + d_2 d\epsilon_y + f_2 d\epsilon_z \\ dz &= -a_1 dX_0 - b_1 dY_0 - c_1 dZ_0 + d_3 d\epsilon_y + f_3 d\epsilon_z \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

donde:

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= 0 \\ d_2 &= a_3(X - X_0) + b_3(Y - Y_0) + c_3(Z - Z_0) \\ d_3 &= -a_2(X - X_0) - b_2(Y - Y_0) - c_2(Z - Z_0) \\ e_1 &= -\sin \epsilon_y \cos \epsilon_z (X - X_0) - \sin \epsilon_y \sin \epsilon_z (Y - Y_0) - \cos \epsilon_y (Z - Z_0) \\ e_2 &= a_1 \sin \epsilon_x (X - X_0) + b_1 \sin \epsilon_x (Y - Y_0) + c_1 \sin \epsilon_x (Z - Z_0) \\ e_3 &= a_1 \cos \epsilon_x (X - X_0) + b_1 \cos \epsilon_x (Y - Y_0) + c_1 \cos \epsilon_x (Z - Z_0) \\ f_1 &= -b_1(X - X_0) + a_1(Y - Y_0) \\ f_2 &= -b_2(X - X_0) + a_2(Y - Y_0) \\ f_3 &= -b_3(X - X_0) + a_3(Y - Y_0) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

A partir de la fórmula (3) obtenemos la ecuación del ajuste:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$y \text{ si } t = (X_0, Y_0, Z_0, \epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z) \quad (7)$$

La ecuación de ajuste del punto común  $i$  es:

$$v_x = A_i dt + \bar{F}_i \quad (8)$$

donde:

$$A_i = \begin{pmatrix} -a_1 & -b_1 & -c_1 & d_1 & e_1 & f_1 \\ -a_2 & -b_2 & -c_2 & d_2 & e_2 & f_2 \\ -a_3 & -b_3 & -c_3 & d_3 & e_3 & f_3 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$F_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_i - X_0 \\ Y_i - Y_0 \\ Z_i - Z_0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

y la fórmula (8) puede escribirse en forma matricial de la siguiente manera:

$$V = Adt + F \quad (11)$$

Dada la aproximación  $(X_0^0, Y_0^0, Z_0^0, \epsilon_x^0, \epsilon_y^0, \epsilon_z^0)$  de  $t$  podemos usar el método de mínimos cuadrados iterativo para resolver el parámetro  $t$ .

En teoría, este método puede emplearse si existen más de tres puntos comunes. Hay que tener en cuenta la distribución espacial de dichos puntos comunes. Si existe un error de escala entre el valor del diseño y el valor medido (ocasionado por la temperatura), podemos usar este método para resolver los siete parámetros, incluido el factor de escala. Dado que la precisión de las coordenadas del punto común no puede ser controlada muy bien en el proceso de fabricación, el resultado final puede verse influido por esta circunstancia.

### 3.3. Ajuste de superficies mediante el modelo CAD

El ajuste de superficies mediante el modelo CAD se emplea midiendo puntos sobre el diseño CAD de la superficie del modelo, para poder realizar la transformación y la medición.

La desventaja del método de ajuste libre de superficies es que no puede controlar los límites de la superficie. En la transformación de coordenadas con puntos comunes, su resultado se ve influenciado por la precisión de dichos puntos comunes. Así que estos dos métodos no son demasiado buenos. El ajuste de superficies mediante el modelo CAD puede eliminar estas dos desventajas; es decir, que por un lado puede fijar los límites de la superficie y, por otro, sus puntos comunes no experimentan una pérdida de precisión. Se le puede denominar entonces como "ajuste de superficies con condiciones de límite" o "transforma-

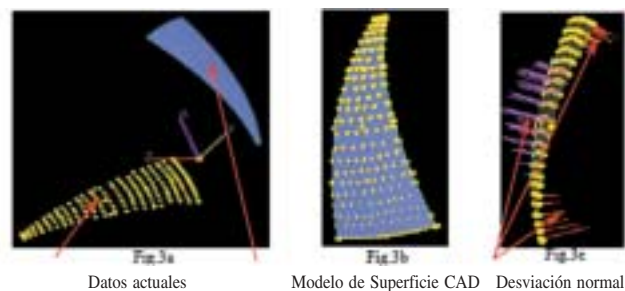


Figura 3. Proceso de ajuste de superficies mediante modelo CAD

# Ilris 3D

El escáner láser de imágenes tridimensionales



El ILRIS 3D, de OPTTECH es un escáner láser que permite la adquisición rápida de imágenes tridimensionales. Mediante la tecnología de tiempo de vuelo, el escáner captura miles de puntos por segundo, tomados desde diferentes puntos de vista y después alineados en una sola nube de puntos. *PolyWorks* es el software de tratamiento de datos con el que pos-tr procesamos la información. Sobre la nube de puntos podemos realizar secciones de manera automática, mover el modelo 3D con mucha facilidad y obtener de él, medidas directas en verdadera magnitud de cualquier elemento, así como extraer su geometría primitiva. Las aplicaciones son tanto en ingeniería civil, arquitectura, rehabilitación de edificios históricos, levantamiento de instalaciones para mantenimiento o modificaciones, análisis forense, entre otros.

Optech



 **al-top**  
TOPOGRAFIA

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

ción de coordenadas sin pérdida de precisión en los puntos comunes". Si no existen condiciones de límite de la superficie del modelo CAD, nos encontramos en el caso de ajuste libre de superficies. Su proceso de cálculo se muestra en la figura 3.

En primer lugar, el modelo CAD de la superficie y los datos de las mediciones se cargan en una ventana (figura 3a) y se ajustan los dos tipos de datos, con el fin de encontrar los parámetros aproximados de la transformación de coordenadas. Una vez que se calculan los parámetros aproximados de la transformación de coordenadas, un programa informático empieza a resolver las ecuaciones automáticamente, deteniéndose cuando la raíz cuadrada de la suma de las distancias entre los puntos medidos y su proyección sea mínima (figura 3b). La figura 3c es un mapa de errores que muestra que los dos extremos de la superficie actual son cóncavos y que la parte central es convexa, de acuerdo con el diseño de la superficie.

En la práctica, encontraremos unos "buenos" parámetros de la transformación de coordenadas que puedan reducir los tiempos de las iteraciones. El resultado de este método es fiable y se visualiza la totalidad del proceso, por lo que éste es el mejor de los tres métodos.

### 3.4. Cálculo de la desviación típica de la superficie

Según se muestra en la figura 4, *OZ* es el eje de rotación, *F* el punto focal de la parábola estándar  $x^2 = 4fz$ , *P'* es el punto medido, *P* es el punto teórico de *P'* y *PP''* es la normal de *P*. De acuerdo con el carácter de la parábola (Li, 2000) el ángulo entre la normal *PP''* y el eje *Z* es  $\theta$ , que puede obtenerse de:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{x}{2f} \tag{12}$$

Y la desviación axial de *P'* se obtiene de:

$$\Delta_z = z - \frac{x^2}{4f} \tag{13}$$

Finalmente, la desviación de la normal *PP''* se obtiene de:

$$\Delta = \Delta_z \cos \theta \tag{14}$$

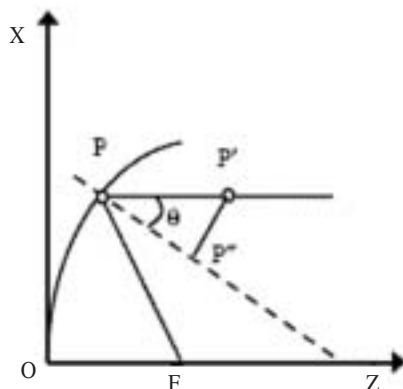


Figura 4. Cálculo de la desviación típica de la superficie

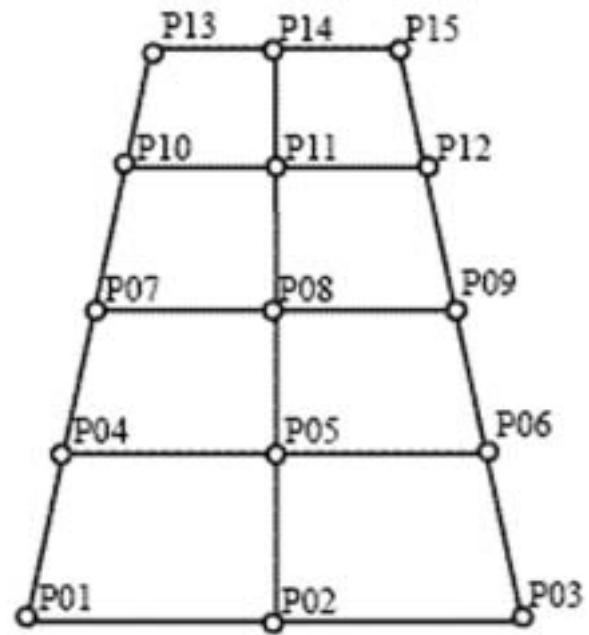


Figura 5. La distribución de los puntos comunes

## 4. EJEMPLOS

Se midieron 170 puntos sobre el modelo de la antena y de ellos se eligieron 15 puntos (*P01-P15* como se muestra en la figura 5) como puntos comunes (que tienen coordenadas en el diseño). En teoría, y si no hay errores de fabricación ni deformaciones de la superficie, etc., estos métodos deberían conducir a los mismos resultados. Como de hecho no sucede así y no se pueden eliminar estos errores, los resultados son diferentes. Los resultados se muestran en las tablas 1, 2 y 3.

Identificador de los puntos comunes	Valor de las coordenadas tras la transformación		Valor de las coordenadas del diseño		Desviación normal (mm)
	x (mm)	z (mm)	x (mm)	z (mm)	
P01	3090,486	-84,905	3100,000	-78,7	0,072
P02	3090,884	-86,185	3100,000	-78,7	0,117
P03	3090,992	-85,457	3100,000	-78,7	0,606
P04	2480,723	-542,984	2489,200	-537,076	-0,090
P05	2479,982	-543,389	2489,200	-537,076	-0,020
P06	2479,480	-543,548	2489,200	-537,076	0,118
P07	1828,608	-911,185	1839,200	-906,100	0,155
P08	1827,669	-911,718	1839,200	-906,100	0,070
P09	1827,073	-911,870	1839,200	-906,100	0,185
P10	1077,066	-1177,164	1088,800	-1174,700	0,344
P11	1076,149	-1177,164	1088,800	-1174,700	0,042
P12	1075,541	-1178,101	1088,800	-1174,700	-0,213
P13	297,902	-1268,608	310,000	-1268,750	0,119
P14	296,238	-1268,725	310,000	-1268,750	-0,005
P15	295,190	-1268,445	310,000	-1268,750	0,270

Desviación estándar de la superficie (desviación normal promedia de puntos) = 0,106 mm

Tabla 1. Resultado de ajuste libre de superficies

Identificador de los puntos comunes	Valor de las coordenadas tras la transformación		Valor de las coordenadas del diseño		Desviación normal (mm)
	x (mm)	z (mm)	x (mm)	z (mm)	
P01	3101,299	-77,322	3100,000	-78,7	0,228
P02	3100,088	-78,062	3100,000	-78,7	0,438
P03	3100,226	-77,130	3100,000	-78,7	1,060
P04	2490,758	-537,029	2489,200	-537,076	-0,664
P05	2490,486	-536,999	2489,200	-537,076	-0,489
P06	2490,057	-536,999	2489,200	-537,076	-0,243
P07	1839,622	-906,967	1839,200	-906,100	-0,713
P08	1839,220	-907,179	1839,200	-906,100	0,733
P09	1838,713	-907,210	1839,200	-906,100	-0,545
P10	1088,789	-1174,947	1088,800	-1174,700	-0,240
P11	1088,458	-1175,286	1088,800	-1174,700	-0,492
P12	1087,957	-1175,623	1088,800	-1174,700	-0,702
P13	309,846	-1268,466	310,000	-1268,750	0,284
P14	308,809	-1268,531	310,000	-1268,750	0,218
P15	307,869	-1268,234	310,000	-1268,750	0,514

Error de la transformación: 1,348 mm  
Desviación estándar de la superficie (desviación normal promedia de puntos) = 0,512 mm

**Tabla 2. Resultado de transformación de coordenadas con puntos comunes**

A partir de los anteriores resultados, podemos ver que la desviación estándar en el ajuste libre de superficies es la mayor y que el resultado del ajuste de superficies mediante CAD y la transformación de coordenadas con puntos comunes, es menor que el resultado del ajuste libre de superficies. Si comparamos las diferencias entre las coordenadas medidas y las coordenadas del diseño, los resultados del ajuste de superficies mediante CAD y la transformación de coordenadas con puntos comunes son mucho mejores que los del ajuste libre de superficies.

En el cálculo de los datos de la superficie de la antena lo más importante es la posición de la superficie y el ajuste libre de superficies obtiene una superficie matemática que no coincide con la superficie del diseño y es, por tanto, inútil. Aunque tanto el ajuste de superficies mediante CAD, como la transformación de coordenadas con puntos comunes, tienen la posibilidad de controlar los límites, el resultado de la transformación de coordenadas con puntos comunes se ve influida por la precisión de los puntos comunes, por lo que el ajuste de superficies mediante CAD es el mejor de los tres métodos.

Identificador de los puntos comunes	Valor de las coordenadas tras la transformación		Valor de las coordenadas del diseño		Desviación normal (mm)
	x (mm)	z (mm)	x (mm)	z (mm)	
P01	3101,145	-77,090	3100,000	-78,7	0,503
P02	3099,979	-77,985	3100,000	-78,7	0,567
P03	3100,166	-77,189	3100,000	-78,7	1,057
P04	2490,552	-536,728	2489,200	-537,076	-0,300
P05	2490,303	-536,822	2489,200	-537,076	-0,240
P06	2489,903	-536,928	2489,200	-537,076	-0,1018
P07	1839,375	-906,593	1839,200	-906,100	-0,269
P08	1838,976	-906,896	1839,200	-906,100	-0,373
P09	1838,483	-907,008	1839,200	-906,100	-0,264
P10	1088,511	-1174,488	1088,800	-1174,700	0,271
P11	1088,171	-1174,882	1088,800	-1174,700	-0,032
P12	1087,670	-1175,267	1088,800	-1174,700	-0,288
P13	309,558	-1267,920	310,000	-1268,750	0,829
P14	308,506	-1268,000	310,000	-1268,750	0,749
P15	307,564	-1267,717	310,000	-1268,750	1,031

Error de la transformación: 0,419 mm  
Desviación estándar de la superficie (desviación normal promedia de puntos) = 0,366 mm

**Tabla 3. Resultado de ajuste de superficies mediante CAD**

### 5. CONCLUSIONES

- 1) El ajuste de superficies mediante CAD no necesita de ecuación de superficie ni de puntos comunes conocidos. Es un método muy perfeccionado y que conduce a resultados muy fiables.
- 2) Si no existe un modelo CAD de la superficie y sí puntos comunes, la transformación de coordenadas con puntos comunes es entonces el mejor método, pero sus resultados se ven influidos por la precisión de los puntos comunes.
- 3) Si no existe un modelo CAD de la superficie, ni puntos comunes, no queda otra elección que la del ajuste libre de superficies, que da una precisión alta de la superficie, aunque dicha superficie calculada puede estar desplazada.

### REFERENCIAS

[1] Li Guang-yun et al. *Industrial Measuring System*. The Publishing House of PLA, 1994, Beijing (en chino).

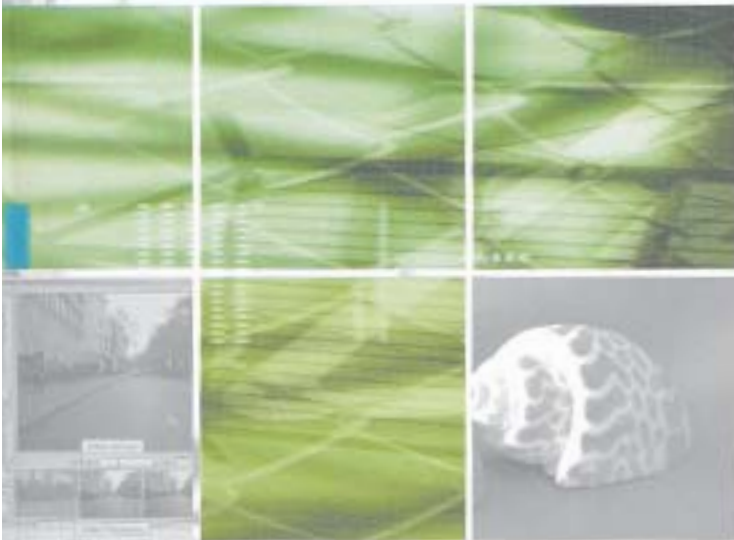
[2] Li Guang-yun. *The Development of Industrial Measuring System*. The Publishing House of PLA, 2000, Beijing (en chino). ■



# personas

# innovación

**GRUPO EMPRESARIAL INLAND**



AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y CONTROL DE MAQUINARI



SOLUCIONES TOPOGRÁFICAS



AGRICULTURA, GPS, FLOTAS, GIS



CONSTRUCCIÓN, EXCAVACIONES E INTERIORISMO



AV. DE LA INDUSTRIA, 35  
28760 TRES CANTOS (MADRID)  
APARTADO DE CORREOS 63  
TEL: 902 103 930  
FAX: 902 152 795

# Métodos para efectuar el ajuste, con posterioridad al vuelo, de los datos obtenidos mediante Escáner de Láser Aerotransportado

Kris Morin y Naser El-Sheimy

## Resumen

*Los escáneres de láser aerotransportados (ELA) ofrecen una alta velocidad, alta precisión y un rápido despliegue sobre el terreno. Todo ello ha contribuido a que su empleo vaya en aumento. Sin embargo y hasta el momento, existe una falta de métodos comunes de calibración, en especial en el mercado comercial. A menudo se deja que sean los usuarios los que desarrollen sus propios métodos, lo que es trabajoso, lento y costoso.*

*Este artículo revisa los resultados ocasionados por una mala calibración en los datos obtenidos del terreno, revisa también los actuales métodos de calibración y sugiere un nuevo modelo de ajuste que permite la parametrización de los errores de los escáneres de láser aerotransportados (ELA). Empleando los datos de un ALS40 de Leica Geosystems, los resultados del nuevo modelo de ajuste muestran que se puede emplear una solución para la calibración del equipo, sin necesidad de utilizar puntos de control obtenidos sobre el terreno. Otros resultados indican que la selección de puntos de unión o enlace es un factor importante, que influye en la calidad y consistencia del modelo de calibración.*

## Abstract

*Airborne Laser Scanners (ALS) offer high speed, high accuracy and quick deployment in the field. These attributes have contributed to their growing use. To date however, there has been a lack of common calibration methods; especially on the commercial market. Users are often left to develop their own methods which is time consuming and labour intensive.*

*This paper reviews the effects of miscalibration on the derived terrain data, covers current methods of calibration and suggests a new adjustment model that allows for the parameterization of ALS scanner errors. Using data from a Leica Geosystems ALS40, the results of the new adjustment model show that a calibration solution can be obtained without the need of surveyed ground control points. Other results indicate that tie point selection is an important factor on the quality and consistency of the calibration model.*

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de escáner de láser aerotransportados (ELA) están ganando popularidad debido a su alta precisión, rápido despliegue y alta automatización. De un único conjunto de datos se pueden extraer múltiples productos, tales como el suelo sin cobertura de la Tierra, el recuento de los árboles de un bosque y la delimitación de las edificaciones (Axelsson, 2000). Los sistemas de escáner de láser aerotransportados (ELA) son de un peso relativamente ligero y pueden instalarse en una aeronave estándar (Leica Geosystems, 2002).

Al haber cada vez más sistemas en operación, la demanda de soluciones estandarizadas a los problemas comunes de operación va en aumento. Estas demandas incluyen al software, para el proceso posterior, y a temas de calibración y alineación. En tanto que han comenzado a aparecer productos comerciales para el cálculo posterior de los datos (Terra-

solid 2002, LG 2002), son muchos los usuarios que deben desarrollar sus propios métodos de calibración, lo que es una operación trabajosa, lenta y costosa. Este artículo va a revisar algunos métodos actualizados para la calibración de los escáneres de láser aerotransportados (ELA) e informará acerca de un proyecto en marcha para automatizar la calibración de varios de los parámetros importantes.

## ERRORES DE CALIBRACIÓN

Los sistemas de escáner de láser aerotransportados (ELA) incluyen la combinación de varias tecnologías topográficas. Aunque existen diferencias entre los distintos sistemas comerciales, el paquete básico sigue siendo el mismo: un receptor GPS y un sistema de Navegación Inercial como componentes de navegación, un detector de rangos por láser y un escáner, como componentes de teledetección (Wehr, 1999). Cada componente requiere de su propia calibración y hay que determinar los

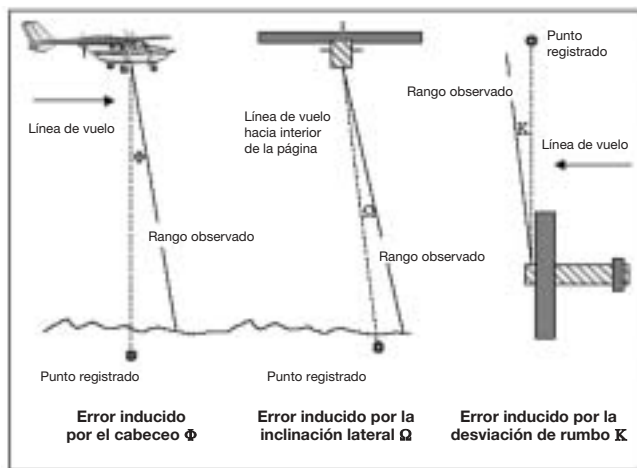


Figura 1. Errores inducidos por la visual

offsets entre los componentes. El GPS, el sistema de Navegación Inercial y los detectores de rangos por láser se calibran generalmente en el laboratorio, de forma que este artículo se va a centrar en los valores correspondientes al escáner y a la falta de alineación.

La desalineación o mala alineación entre el sistema de Navegación Inercial y el escáner es la mayor fuente de errores sistemáticos en los sistemas de escáner de láser aerotransportados (ELA) y debe de tenerse en cuenta antes de usar el equipo. Empíricamente se ha observado que estos errores de desalineación, o mala alineación, son a menudo relativamente pequeños (de  $0,1^\circ$  a  $3^\circ$ ), pero su efecto sobre los puntos del terreno grabados dependerá de la altitud de vuelo y del campo de vista del escáner (ángulo de barrido máximo) (Burman, 2000b). Cuando se comparan los datos de dos pasadas contiguas con solape de un sistema no calibrado, se verá el efecto de estos errores, tal como se aprecia en la figura 1.

En los sistemas que emplean un escáner de oscilación (tales como el Leica Geosystems ALS40 y el Optech ALTM) pueden visualizarse errores adicionales cuando se comparan las pasadas (Crombaugh et al., 2000) (figura 2).

Estos efectos adicionales son causados por los errores en el codificador de ángulos. Al tiempo que el espejo acelera y desacelera en su trayec-

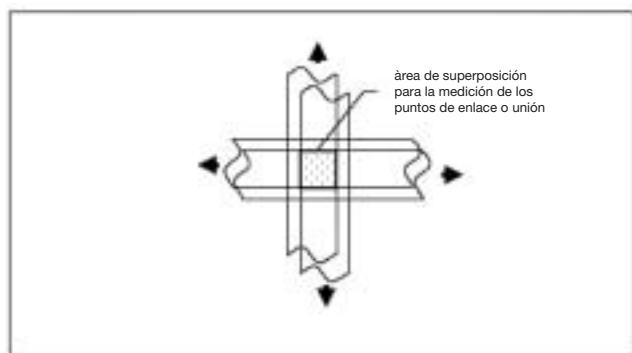


Figura 3. Datos de escáneres de láser aerotransportados (ELA) requeridos para probar la calibración

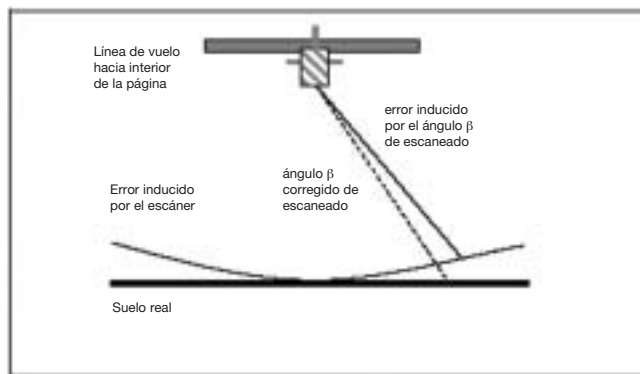


Figura 2. Errores inducidos por el escáner

toria, el codificador de ángulos sufre pequeñas torsiones. Esta torsión provoca un pequeño, aunque sistemático, error en la lectura del ángulo, que se manifiesta en que los extremos del barrido se desplazan hacia arriba demasiado o se hunden hacia abajo. Debido a la naturaleza sistemática de este error, puede ser modelado y extraído durante el proceso de calibración.

Para poder determinar empíricamente los parámetros de calibración se deben recoger datos de pasadas con solape. Alternativamente, los datos de una pasada pueden ser comparados con una superficie conocida. Los errores de desalineación o mala alineación y los errores del escáner descritos más arriba, están todos relacionados con la dirección de vuelo. Si las pasadas se vuelan en direcciones opuestas, los errores inducidos se maximizarán y, lo que es más importante, dejarán de correlacionarse. (Burman, 2000b). Esto permitirá dar al problema una solución por mínimos cuadrados.

## MÉTODOS DE CALIBRACIÓN

En la actualidad, el método más común para la calibración de un sensor escáner de láser aerotransportado (ELA) es también el menos riguroso: Se comparan los perfiles de las pasadas contiguas con solape y un operador experimentado ajusta manualmente los ángulos mal alineados, hasta que las pasadas aparezcan visualmente ajustadas. Este método, aunque pragmático, es trabajoso, lento y costoso y los resultados no ofrecen de forma inmediata ningún indicador estadístico acerca de la calidad de la calibración.

Los métodos más rigurosos comienzan con la observación de que el problema de la desalineación o mala alineación no es sino el clásico problema de fotogrametría en el que las coordenadas de los puntos observados precisasen ser transformadas a un marco de referencia final, es decir:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{marco final}} = R_{\text{observación a la rotación del marco final}} \cdot R_{\text{desalineación o mala alineación}} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{\text{marco de observación}} \quad (1)$$

El usuario debe de ser capaz de determinar el valor de la matriz de desalineación o mala alineación empleando puntos de control levantados topográficamente e invirtiendo la solución. Desgraciadamente esto no es una tarea trivial empleando los datos de escáneres de láser aerotransportados (ELA). Al contrario que en la fotogrametría, los datos no son recogidos en base a una pasada o a un marco de referencia, sino más bien punto a punto, y para cada punto la aeronave está en una nueva posición y orientación. Los puntos se distribuyen de una manera pseudoaleatoria a lo largo de la trayectoria del escáner (típicamente una trayectoria en forma de Z para los escáneres de oscilación) y el usuario no tiene un control de hacia adonde apunta el láser, así pues, los puntos de control señalizados son difíciles de observar. Según se va propagando el láser a través de la atmósfera, el rayo diverge. Cuando llega al suelo puede tener un exceso de 30 cm de diámetro, de modo que el medir los bordes es difícil también.

Pese a todas estas dificultades, se han desarrollado varios métodos para ayudar a determinar los puntos de enlace entre las pasadas de los escáneres de láser aerotransportados (ELA), que permitan hacer un ajuste por mínimos cuadrados empleando la ecuación (1). La manera más sencilla de capturar los puntos de unión es la de medirlos manualmente en un equipo de fotogrametría digital. Los puntos aleatorios se cuadrícula y representan a continuación en forma *raster*. El usuario escoge los elementos comunes entre las pasadas contiguas o intenta medir los puntos de control conocidos (J. Killian, N. Haala, M. English, 1996). Este método depende de que el usuario sea experimentado y consume mucho tiempo, pero cuando se usa con un ajuste por mínimos cuadrados produce unos resultados que pueden analizarse estadísticamente.

La siguiente evolución de este método es la de emplear una técnica de ajuste automático de áreas para elegir elementos comunes entre pasadas. Este método (Burman, 2000a) depende de que las áreas tengan altos gradientes de contraste en los datos y que ofrezcan una señal muy definida para ajustar. Cuando sólo se emplean los datos altimétricos surge un problema, debido a la escasa capacidad de los sistemas de escáner de láser aerotransportados (ELA) para capturar bordes. Esto puede resolverse parcialmente ajustando zonas regulares (Maas, 2000). Para mejorar los resultados aun más, Maas y Voselman (2000) ajustaron zonas regulares a partir de una estructura en Red Triangular Irregular (RTI) que incluyese las observaciones sin elaborar de los escáneres de láser aerotransportados (ELA). Este método ofrece una buena correspondencia y ajuste de puntos, pero el determinar automáticamente un elemento a partir de datos de elevación era aun problemático.

Otro método para seleccionar puntos de enlace es el de ajustar elementos tales como edificios enteros o carreteras (Morin y El Sheimy, 2001a). En lugar de depender de un pequeño conjunto de observaciones, los elementos son parametrizados empleando un gran número de observaciones, para aumentar la precisión de los modelos de los elementos. Se puede entonces comparar los elementos comunes en el último ajuste de los datos de escaneado láser (ELA) para determinar los parámetros de calibración.

## MODELOS MATEMÁTICOS DE AJUSTE

Cada punto terrestre de enlace o unión obtenido mediante escaneado por láser aerotransportado (ELA) puede ser descrito por una ecuación paramétrica como sigue:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{control terrestre}} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{posición del avión}} + R_{\text{rotación del marco con respecto al terreno}} \cdot R_{\text{desalineación o mala alineación}} \cdot \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{pmatrix}_{\text{componentes del rango del láser}} \quad (2)$$

en donde:

$(X, Y, Z)_{\text{control terrestre}}$  es el punto del terreno derivado

$(X, Y, Z)_{\text{posición del avión}}$  es la posición del avión en la "época" de la observación

$R_{\text{rotación del marco con respecto al terreno}}$  es la matriz coseno de la rotación entre el marco de referencia del avión con respecto al marco de referencia del terreno

$(l_x, l_y, l_z)_{\text{rango del láser}}$  son las componentes del rango del láser derivados del rango de láser y el ángulo del escáner.

La solución de  $R_{\text{mala alineación}}$  puede hallarse empleando las observaciones de escáneres de láser aerotransportados (ELA) (posición de la aeronave, rotación de su marco, rango del láser) y los puntos de control levantados topográficamente  $(X, Y, Z)$ . Los valores de  $R_{\text{mala alineación}}$  pueden ser resueltos usando un método de mínimos cuadrados estándar. Si  $R_{\text{mala alineación}}$  fuese una matriz de cosenos de las direcciones, conteniendo la totalidad de los términos de senos y cosenos, la solución no sería entonces lineal y tendría que iterarse para obtener los parámetros de desalineación. Sin embargo, como antes se señaló, se ha visto empíricamente que los ángulos de desalineación son a menudo inferiores a los tres grados. La matriz de desalineación o mala alineación,  $R_{\text{mala alineación}}$ , puede, en consecuencia, ser reemplazada por una aproximación de pequeños ángulos:

$$R_{\text{desalineación o mala alineación}} = \begin{pmatrix} 1 & -\kappa & \phi \\ \kappa & 1 & -\omega \\ -\phi & \omega & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

donde  $\omega, \phi, \kappa$  son los ángulos de desalineación: de cabeceo, inclinación y giro.

Esta matriz es lineal con respecto a las incógnitas, lo que conduce a una solución directa de los ángulos de desalineación, sin iteraciones ni necesidad de aproximaciones iniciales.

La ecuación (2) necesita los puntos de control terrestre levantados topográficamente para realizar el ajuste. Aunque puede que esto sea práctico cuando se opera con un sensor desde una base inicial, es más deseable una solución que no precise puntos de control, de modo que permita un método de calibración más genérico que pueda emplearse sobre el terreno. Esto puede conseguirse reemplazando los puntos de control con el "promedio con restricciones" de las observaciones de los

# ¡Bienvenido a una nueva era... ...una nueva generación de satélites!



## TECNOLOGIA R-TRACK DE TRIMBLE

- ▣ Trimble® NetRS™
- ▣ Trimble R7 edición especial
- ▣ Trimble R8 edición especial



Para obtener más información sobre Trimble y la modernización del GPS, visite: [www.trimble.com/futurenow](http://www.trimble.com/futurenow)

Desde el primer instrumento de medida electrónica de distancias MED (EDM) y el primer sistema topográfico GPS RTK, Trimble le ha ayudado a realizar el trabajo de una forma mejor y con mayor rapidez. Ahora le estamos preparando para el futuro. Hoy presentamos los receptores Trimble R7, Trimble R8 y NetRS con la nueva tecnología R-Track de Trimble: los primeros receptores topográficos capaces de utilizar la revolucionaria señal civil (L2C) disponible en una generación de satélites GPS totalmente nueva. Hemos recorrido un largo camino juntos, pero éste es tan solo el comienzo.

**TRIMBLE. SIEMPRE UNA GENERACIÓN ADELANTE.**

[WWW.TRIMBLE.COM](http://WWW.TRIMBLE.COM)

Trimble Navigation Iberica S.L. · Via de las Dos Castillas No. 33 · ATICA. Edificio 6. Despacho B-2  
28224 Pozuelo de Alarcon, Madrid · Tel. +34 91 351 01 00 · Fax +34 91 351 3443



puntos de unión. Este método asume que el valor promedio de un punto aislado, observado en múltiples pasadas, se aproximará a la verdadera posición del punto. Esta suposición es únicamente válida si las pasadas se recogieron de forma que los errores no se correlacionen (como se describe en la calibración de errores). El nuevo modelo es semejante a la ecuación (2):

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{promedio del punto de unión}} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{posición del avión}} + R_{\text{rotación del marco con respecto al terreno}} \cdot R_{\text{desalineación o mala alineación}} \cdot \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{pmatrix}_{\text{componentes del rango del láser}} \quad (4)$$

donde:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{promedio del punto de unión}} = \left( \frac{1}{n} \right) \begin{pmatrix} \sum X_{\text{punto de unión}} \\ \sum Y_{\text{punto de unión}} \\ \sum Z_{\text{punto de unión}} \end{pmatrix}$$

siendo  $n$  el número de puntos usados para parametrizar el punto de unión

Este modelo debe de iterarse, de modo que las restricciones promedias se actualicen en cada corrección de los parámetros de calibración. Este método permite que los puntos de unión de las diferentes pasadas converjan en un punto común sin necesidad de control topográfico terrestre.

Debido a la naturaleza aleatoria de las observaciones de los puntos terrestres realizadas con escáner láser (ELA), normalmente se interpolan los datos introducidos en las ecuaciones de mínimos cuadrados, en lugar de emplear los puntos reales observados. Cualquier punto dentro del área de cobertura puede ser indexado en base al tiempo y referenciado con respecto a la posición de la aeronave. A partir de esto se pueden calcular los valores teóricos del rango del láser y del ángulo del escáner.

Las observaciones interpoladas son adecuadas para hacer ajustes que resuelven únicamente los ángulos de las visuales, pero cuando se hace el modelo de las correcciones del escáner este método comienza a degradarse. Las correcciones del escáner dependen de su posición y aceleración. Aunque la posición del escáner puede ser interpolada a partir de un punto de enlace, no sucede lo mismo con la aceleración. Para modelar los errores del escáner solo se pueden utilizar observaciones reales y, en consecuencia, en el modelo de ajuste deben de figurar observaciones reales.

El nuevo modelo aquí propuesto satisface la necesidad de observaciones reales incorporando al modelo del ajuste la interpolación de los puntos de unión. La metodología comienza buscando las observaciones reales más cercanas del punto de enlace dentro del conjunto de los datos del escaneado láser (ELA). Se parametriza a continuación el punto de unión como una función de las distancias desde los puntos verdaderos más cercanos, es decir:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{punto de unión}} = \left( \frac{1}{n} \right) \begin{pmatrix} \sum X_{\text{observado}} + dx \\ \sum Y_{\text{observado}} + dy \\ \sum Z_{\text{observado}} + dz \end{pmatrix} \quad (5)$$

donde:

$dx, dy, dz$  son las distancias iniciales entre el punto de enlace medido y el punto observado sobre el terreno por escaneado de láser (ELA).

$(X, Y, Z)$  observados son los puntos sobre el terreno del escaneado láser (ELA) actualizados empleando la ecuación 4.

Los promedios pueden ser simples o ponderados inversamente a la distancia. La ecuación de observación se transforma entonces a:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{punto de unión promediado}} = \left( \frac{1}{n} \right) \cdot \sum_{i=0}^n \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{posición del avión}} + R_{\text{rotación del marco con respecto al terreno}} \cdot R_{\text{desalineación o mala alineación}} \cdot \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{pmatrix}_{\text{componentes del rango del láser}} + \begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix}_{\text{distancias a los puntos de enlace}} \quad (6)$$

Aunque una ecuación aislada de observación al punto de unión contiene ahora varias observaciones de escáner de láser aerotransportado (ELA), son una combinación lineal y las derivadas parciales de las matrices de diseño son el promedio ponderado de las derivadas parciales de cada observación.

Además de los parámetros de desalineación, también se incluyen las correcciones de los errores del escáner dentro del vector de componentes del rango de láser. Estos parámetros corrigen al ángulo de barrido de los efectos de latencia y aceleración. Los modelos varían de sistema a sistema y generalmente se mantienen internos al mismo. La corrección del modelo de escáner usado en este proyecto tiene dos parámetros.

## DATOS DE LA PRUEBA

Para este proyecto los datos se recogieron usando un Leica Geosystems ALS40 (Leica, 2002). El área de pruebas fue un pequeño aeropuerto municipal en Fitchburg, Massachussets (EE.UU. de América). Los datos se recogieron siguiendo el patrón de las hojas de un trébol (ver errores de calibración) con dos pasadas de vuelo a 800 metros y un campo de visión de 32,3° y una tercera pasada a 1.600 metros con un campo de visión de 18°. Los datos se recogieron con un índice de pulsaciones de 28kHz y un índice de barrido de 25 Hz. Esto dio como resultado un área de solape de 460 x 420 metros que contenía aproximadamente 900.000 puntos, espaciados aproximadamente de metro en metro. El área de prueba incluía 435 puntos conocidos a lo largo del área de la pista.

Este proyecto se desarrolló de acuerdo con unas fases. La intención de la primera fase era la de comprobar el modelo de ajustes. Usando una estación de trabajo fotogramétrica se recogieron manualmente puntos de enlace. Aunque no de manera óptima, esto ha proporcionado datos de puntos de enlace de suficiente calidad para comprobar el modelo de

ajuste. Además de los puntos de enlace, se midieron en el modelo los puntos conocidos y se emplearon para comparar las soluciones con y sin control.

## RESULTADOS

Las siguientes tablas resumen los resultados del ajuste empleando distintas combinaciones de puntos de control, de enlace y de modelos de ajuste. Los dos modelos testeados consistieron en una solución con los ángulos de las visuales únicamente y en otra solución con 5 parámetros, que incluían las dos correcciones del escáner. Los datos de entrada indican que los valores se ajustaron. Las soluciones son los ángulos de desalineación, determinados mediante el ajuste. Los valores cuadráticos medios son una comparación de los errores residuales de los puntos ajustados con los valores de los puntos de enlace o de control. Para los puntos de control, se aplicó a los valores de las elevaciones un peso mayor, para compensar las inexactitudes de medir dichos puntos manualmente. El trazado de los residuos de altitudes ayuda a indicar si aun persiste en la solución algún valor debido a errores sistemáticos. Los errores sistemáticos están generalmente presentes cuando los residuos no se centran en cero o muestran una distribución no normal.

En general, los resultados (ver tablas) del ajuste con una sola visual parecen demostrar que puede obtenerse un resultado bastante bueno a partir únicamente de los ángulos de desalineación. El ajuste con los pun-

tos de control conduce a una solución que tiende a ser acorde con las soluciones con puntos no de control. Sin embargo, una observación importante que se deduce del trazado de los residuos es que todavía hay presentes algunos errores sistemáticos. Muy probablemente esto sea originado por errores no modelados del sistema GPS/Navegación Inercial y para hacerlos desaparecer se precisaría hacer ajustes adicionales de pasadas (Morin y El Sheimy, 2001b)

El ajuste con 9 puntos de enlace muestra que se puede encontrar una solución aproximada sin un gran número de observaciones. Esto puede ser útil para determinar rápidamente una desalineación, que será utilizada como valor aproximado en posteriores modelos, aunque el pequeño número de observaciones hace difícil juzgar si los residuos están distribuidos de forma normal. Las soluciones restantes con 138 puntos de enlace y con 138+9 puntos de enlace, dan lugar también a soluciones similares y a valores medios cuadráticos semejantes. La forma del trazado gráfico de los residuos parece, sin embargo, indicar que existen errores adicionales que no se modelan en la solución.

El ajuste con las correcciones de escáner muestra unas tendencias semejantes a las del de visuales únicamente. La solución con puntos de control varía ligeramente de la de visuales y el trazado gráfico de residuos muestra el mismo sesgo sistemático. Sin embargo, el valor medio cuadrático algo menor podría indicar que los parámetros adicionales están absorbiendo algo del error:

MODELO DE AJUSTE CON LA VISUAL ÚNICAMENTE	
Parámetros del ajuste	Trazado de residuos de elevación
<b>Datos de entrada:</b> 138 puntos de control ponderados favoreciendo a la elevación sobre el control planimétrico en la proporción de 3:1 <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,188349 Φ: 1,253530 K: -0,243868 <b>RMS control (m):</b> Z: 0,626 m	
<b>Datos de entrada:</b> 138 puntos de enlace sin control; se ponderó a los puntos de enlace para favorecer a la elevación en la proporción de 3:1 <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,183009 Φ: 1,248075 K: -0,239326 <b>RMS punto de unión (m):</b> Z: 0,155 m	
<b>Datos de entrada:</b> 9 puntos de enlace sin control; se ponderó igualmente a la planimetría y a las elevaciones <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,190834 Φ: 1,250547 K: -0,212592 <b>RMS puntos de unión (m):</b> X: 0,621 Y: 0,608 Z: 0,142	
<b>Datos de entrada:</b> 9 puntos de enlace (igual peso XYZ) y 138 puntos de enlace (dando prioridad a la Z) <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,183779 Φ: 1,248215 K: -0,232514 <b>RMS puntos de unión (m):</b> Z: 0,572 Y: 0,622 Z: 0,154	

MODELO DE AJUSTE CON VISUALES Y CORRECCIÓN DE ESCÁNER	
Parámetros del ajuste	Trazado de residuos de elevación
<b>Datos de entrada:</b> 138 puntos de control ponderados favoreciendo a la elevación sobre el control planimétrico en la proporción de 3:1 <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,188636 Φ: 1,253459 K: -0,247049 <b>RMS control (m):</b> Z: 0,622	
<b>Datos de entrada:</b> 138 puntos de enlace sin control; se ponderó a los puntos de enlace para favorecer a la elevación en la proporción de 3:1 <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,182895 Φ: 1,248108 K: -0,239492 <b>RMS punto de unión (m):</b> Z: 0,155	
<b>Datos de entrada:</b> 9 puntos de enlace sin control; se ponderó igualmente a la planimetría y a las elevaciones <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,183449 Φ: 1,247678 K: -0,176292 <b>RMS puntos de unión (m):</b> X: 0,675 Y: 0,574 Z: 0,148	
<b>Datos de entrada:</b> 9 puntos de enlace (igual peso XYZ) y 138 puntos de enlace (dando prioridad a la Z) <b>Solución (grados):</b> Ω: -1,183727 Φ: 1,248063 K: -0,232476 <b>RMS puntos de unión (m):</b> Z: 0,580 Y: 0,612 Z: 0,155	

Una diferencia importante en estos ajustes son los trazados gráficos de los residuos en la solución de los 138 puntos de enlace y en la de 138+9 puntos de enlace. La solución de los 138 puntos muestra la misma distribución de residuos que la solución de la visual única. Sin embargo, la solución de los 138+9 puntos muestra una distribución mucho más regular; lo que sugiere que se ha eliminado el error sistemático de una forma satisfactoria. La diferencia de las entradas se basa en la calidad de las observaciones planimétricas de los 9 puntos de enlace adicionales. El efecto sobre los resultados indicaría que se necesitan unas mayores precisiones en las observaciones planimétricas para poder modelar adecuadamente los errores del escáner. En definitiva, parece ser que las pasadas empleadas en estos ajustes y tomadas desde una altura de vuelo de 800 a 1600 metros, tienen una precisión relativa de 15 cm aproximadamente.

## CONCLUSIONES

Esta fase del proyecto de calibración de los escáneres de láser aerotransportados (ELA) ha tenido como finalidad el testear nuevos modelos de ajuste de la desalineación de los ángulos del sensor y de las correcciones del escáner. Se implementó un nuevo modelo que incorporaba la interpolación de los puntos de enlace mediante un ajuste por mínimos cuadrados. Este cambio permitía el modelado de los errores del escáner dentro del ajuste. Se efectuaron ocho pruebas para determinar el mejor ajuste de los ángulos de desalineación. Los resultados indicaron que:

1. Los errores del sistema de navegación persistían en la solución y requerían de un ajuste adicional
2. Se pudo encontrar una solución que hacía innecesarios los puntos de control
3. A partir de unos pocos puntos de enlace puede determinarse una solución rápida y moderadamente precisa
4. Se necesitan puntos de enlace con una mayor precisión planimétrica para modelar completamente los errores del sistema.

La siguiente fase del proyecto tratará de resolver el proceso de la selección de los puntos de enlace. La selección y el proceso automático de los puntos debe ayudar a determinar un modelo preciso y consistente de los parámetros de calibración. Con una buena calibración, los sistemas de escáner de láser aerotransportados (ELA) podrán continuar logrando resultados de alta calidad en la cartografía de siglo XXI.

## REFERENCIAS

- Axelsson, P. *Processing of laser scanner data - algorithms and applications*. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v54, Elsevier, 138-147, 1999.
- Behan, A., Mass, H-G, Vosselman, G. *Steps towards Quality Improvement of Airborne Laser Scanner Data*. Internet Publication, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Section of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000
- Burman(a), H. *Adjustment of Laser Scanner Data for Correction of Orientation Errors*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B3, Amsterdam, CDROM, 2000
- Burman(b), H. *Calibration and Orientation of Airborne Image and Laser Scanner Data Using GPS and INS*. Phd Dissertation, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2000.
- Crombags, M.J.E., Brugelmann, R., de Min, E.J. *On the Adjustment of Overlapping Strips of Laseraltimeter Height Data*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B3, Amsterdam, CDROM, , 2000
- Kager, H., Kraus, K. *Height Discrepancies between Overlapping Laser Scanner Strips*. Proceedings of the Optical 3D Measurement Techniques V, Oct 1-4, Vienna, Austria, 103-110, 2001
- Kilian, J, Haala, N., Englich, M. *Capture and evaluation of airborne laser scanner data*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXI, Part B3, Vienna, Austria, 383-388, 1996.
- Leica Geosystems. Product Descriptions, <http://www.lhsystems.com/products/index.html>, Jan 2002.
- Mass, H-G. *Least-Squares Matching with Airborne Laserscanning Data in a TIN Structure*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B3, Amsterdam, CDROM, 2000.
- Morin(a), K., El-Sheimy, N. *A comparison of Airborne Laser Scanning Adjustment Methods*. ISPRS WGII/2 Three-Dimensional Mapping from InSAR and LIDAR Workshop Proceedings, Banff, Alberta, Canada, July 11-13, 2001.
- Morin(b), K., El-Sheimy, N. *The Effects of Residual Errors in Airborne Laser Scanning Terrain Data on Ortho-Rectified Imagery*. Optical 3D Measurement Techniques V Proceedings, Vienna, Oct 1-4, 2001.
- Terrasolid Inc. Home Page, <http://www.terrasolid.fi>, Jan 2002.
- Vosselman, G., Mass, H-G. *Adjustment and Filtering of Raw Laser Altimetry Data*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B3, Amsterdam, CDROM, 2000.
- Wehr, A., Lohr, U. *Airborne laser scanning - an introduction and overview*. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v54, Elsevier, 68-82, 1999. ■

# Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional

*Agradecemos al Observatorio Astronómico su valiosa colaboración en nuestra Revista*

## CALENDARIOS

### Introducción

Un calendario es un sistema que, con propósitos civiles o religiosos, organiza largos intervalos de tiempo en períodos de tiempo menores (tales como año, mes y semana) utilizando como unidad el día, con el propósito de que cada día se exprese de manera unívoca (sin ambigüedad).

En la actualidad hay unos 40 calendarios distintos en uso y aún más han dejado de ser usados. La mayoría de ellos tienen una cierta base astronómica, por cuanto intentan dividir el año trópico (correspondiente al ciclo de las estaciones climáticas) o el mes sinódico (correspondiente al ciclo de las fases lunares) en un número entero de días. En la práctica, cada calendario se define con un conjunto de reglas establecidas por convenio con las que se trata de conseguir un sistema que no se desvíe excesivamente, a medio plazo, del tipo de ajuste astronómico en que se basa; pero sin pretender un ajuste muy preciso (que no exigiría un excesivo número de reglas), pues su fin es social, no científico.

El calendario civil usado en las relaciones internacionales y en la mayoría de los países es el **calendario gregoriano** que, además, constituye la base del calendario eclesiástico de católicos y protestantes. La unidad de este calendario es el **día**, definido como 86.400 segundos de Tiempo Atómico Internacional (TAI).

Para facilitar los cambios internacionales, la Organización Internacional de Normalización (ISO) adoptó dos recomendaciones referidas a la escritura numérica de las fechas y a la numeración de las semanas:

*Escritura numérica de fechas:* Los tres elementos de la fecha se expresarán en cifras árabes y se pondrán en el orden: año, mes y día. El mes y el día se expresarán cada uno con dos cifras, pudiendo la de la izquierda ser un cero. Dada la ambigüedad que se presentó con la llegada del año 2000, se recomienda expresar el año con sus cuatro cifras. *Ejemplo:* el 28 de febrero de 2004 se escribe como 2004-02-28 o bien 20040228.

*Numeración de las semanas:* El lunes se considera como el primer día de la semana. Las semanas se numeran de 01 a 52. La primera semana del año, numerada 01, es la que contiene el primer jueves de enero. Se incluye una semana numerada 53 cuando el año considerado termina en jueves, o bien en jueves o viernes en caso de ser bisiesto.

Los **siglos**, períodos de 100 años, también son susceptibles de ser numerados en relación con un origen arbitrario. En el caso de la era cristiana, el primer siglo empezó el 1 de enero del año 1 y finalizó el 31 de diciembre del año 100; el siglo XX empezó el 1 de enero del año 1901 y acabó el 31 de diciembre del año 2000; el siglo XXI empezó el 1 de enero del año 2001 y acabará el 31 de diciembre del año 2100.

De manera análoga pueden numerarse los **milenios**, períodos de 1000 años; aunque su uso está peor definido que el de los siglos. El segundo milenio de la era cristiana se inició el 1 de enero del año 1001 y terminó el 31 de diciembre del año 2000. El día 1 de enero del 2001 se inició el tercer milenio.

### Día Juliano

Una manera conveniente de expresar el instante en que un determinado fenómeno astronómico se ha dado consiste en dar el **número de día juliano** en que tal fenómeno se dio o se dará. La facilidad de uso se debe a que es una medida del tiempo continua, que puede ser fácilmente introducida en ecuaciones; la determinación del tiempo transcurrido entre dos sucesos se obtendrá mucho más fácilmente como una resta

Día a 0 <sup>h</sup> de TU	Día juliano	Día a 0 <sup>h</sup> de TU	Día Juliano
2004 Ene 0	2453004,5	2004 Jul 0	2453186,5
2004 Feb 0	2453035,5	2004 Ago 0	2453217,5
2004 Mar 0	2453064,5	2004 Set 0	2453248,5
2004 Abr 0	2453095,5	2004 Oct 0	2453278,5
2004 May 0	2453125,5	2004 Nov 0	2453309,5
2004 Jun 0	2453156,5	2004 Dic 0	2453339,5

ENERO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)					a 0° de TU								
				h	m	s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.	h	m	s	o	i	u			
1	J	1	2453005,5	06	39	58,919	-03	04	7	38	12	18	03	16	58	18	43	02,7	-23	04	18
2	V	2	2453006,5	06	43	55,474	-03	32	7	38	12	18	32	16	59	18	47	27,7	-22	59	31
3	S	3	2453007,5	06	47	52,031	-04	00	7	38	12	19	00	17	00	18	51	52,3	-22	54	17
4	D	4	2453008,5	06	51	48,591	-04	28	7	38	12	19	27	17	01	18	56	16,6	-22	48	36
5	L	5	2453009,5	06	55	45,153	-04	55	7	38	12	19	54	17	02	19	00	40,5	-22	42	28
6	M	6	2453010,5	06	59	41,716	-05	22	7	38	12	20	21	17	03	19	05	03,9	-22	35	52
7	M	7	2453011,5	07	03	38,280	-05	48	7	38	12	20	47	17	04	19	09	26,9	-22	28	50
8	J	8	2453012,5	07	07	34,844	-06	14	7	38	12	21	13	17	05	19	13	56,5	-22	21	21
9	V	9	2453013,5	07	11	31,406	-06	40	7	38	12	21	38	17	06	19	18	11,5	-22	13	26
10	S	10	2453014,5	07	15	27,966	-07	05	7	38	12	22	03	17	07	19	22	33,1	-22	05	05
11	D	11	2453015,5	07	19	24,523	-07	29	7	37	12	22	27	17	08	19	26	54,0	-21	56	18
12	L	12	2453016,5	07	23	21,077	-07	53	7	37	12	22	51	17	09	19	31	14,5	-21	47	05
13	M	13	2453017,5	07	27	17,629	-08	16	7	37	12	23	14	17	10	19	35	34,3	-21	37	27
14	M	14	2453018,5	07	31	14,180	-08	39	7	37	12	23	36	17	11	19	39	53,6	-21	27	24
15	J	15	2453019,5	07	35	10,731	-09	01	7	36	12	23	58	17	12	19	44	12,2	-21	16	56
16	V	16	2453020,5	07	39	07,285	-09	23	7	36	12	24	19	17	13	19	48	30,3	-21	06	03
17	S	17	2453021,5	07	43	03,842	-09	43	7	35	12	24	39	17	14	19	52	47,6	-20	54	46
18	D	18	2453022,5	07	47	00,404	-10	04	7	35	12	24	59	17	15	19	57	04,3	-20	43	05
19	L	19	2453023,5	07	50	56,969	-10	23	7	34	12	25	18	17	16	20	01	20,4	-20	30	60
20	M	20	2453024,5	07	54	53,536	-10	42	7	34	12	25	37	17	18	20	05	35,7	-20	18	32
21	M	21	2453025,5	07	58	50,103	-11	00	7	33	12	25	54	17	19	20	09	50,3	-20	05	41
22	J	22	2453026,5	08	02	46,668	-11	17	7	33	12	26	11	17	20	20	14	04,1	-19	52	27
23	V	23	2453027,5	08	06	43,228	-11	34	7	32	12	26	27	17	21	20	18	17,2	-19	38	51
24	S	24	2453028,5	08	10	39,785	-11	49	7	31	12	26	43	17	22	20	22	29,5	-19	24	53
25	D	25	2453029,5	08	14	36,337	-12	04	7	31	12	26	57	17	24	20	26	41,0	-19	10	34
26	L	26	2453030,5	08	18	32,890	-12	19	7	30	12	27	11	17	25	20	30	51,7	-18	55	53
27	M	27	2453031,5	08	22	29,443	-12	32	7	29	12	27	24	17	26	20	35	01,5	-18	40	52
28	M	28	2453032,5	08	26	25,998	-12	44	7	28	12	27	36	17	27	20	39	10,6	-18	25	30
29	J	29	2453033,5	08	30	22,551	-12	56	7	28	12	27	47	17	28	20	43	18,8	-18	09	48
30	V	30	2453034,5	08	34	19,105	-13	07	7	27	12	27	57	17	29	20	47	26,2	-17	53	47
31	S	31	2453035,5	08	38	15,652	-13	17	7	26	12	28	07	17	31	20	51	32,8	-17	37	27

FEBRERO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)					a 0° de TU								
				h	m	s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.	h	m	s	o	i	u			
1	D	32	2453036,5	08	42	12,211	-13	26	7	25	12	28	16	17	32	20	55	38,5	-17	20	48
2	L	33	2453037,5	08	46	08,772	-13	34	7	24	12	28	24	17	33	20	59	43,4	-17	03	50
3	M	34	2453038,5	08	50	05,334	-13	42	7	23	12	28	31	17	35	21	03	47,5	-16	46	35
4	M	35	2453039,5	08	54	01,895	-13	49	7	22	12	28	37	17	36	21	07	50,8	-16	29	02
5	J	36	2453040,5	08	57	58,455	-13	54	7	21	12	28	43	17	37	21	11	53,2	-16	11	12
6	V	37	2453041,5	09	01	55,014	-14	00	7	20	12	28	47	17	38	21	15	54,8	-15	53	06
7	S	38	2453042,5	09	05	51,569	-14	04	7	19	12	28	51	17	39	21	19	55,6	-15	34	43
8	D	39	2453043,5	09	09	48,122	-14	07	7	18	12	28	54	17	41	21	23	55,6	-15	16	04
9	L	40	2453044,5	09	13	44,671	-14	10	7	16	12	28	56	17	42	21	27	54,9	-14	57	10
10	M	41	2453045,5	09	17	41,220	-14	12	7	15	12	28	58	17	43	21	31	53,3	-14	37	60
11	M	42	2453046,5	09	21	37,769	-14	13	7	14	12	28	58	17	44	21	35	50,9	-14	18	36
12	J	43	2453047,5	09	25	34,319	-14	13	7	13	12	28	58	17	46	21	39	47,9	-13	58	57
13	V	44	2453048,5	09	29	30,873	-14	13	7	12	12	28	58	17	47	21	43	44,0	-13	39	04
14	S	45	2453049,5	09	33	27,430	-14	12	7	10	12	28	56	17	48	21	47	39,5	-13	18	58
15	D	46	2453050,5	09	37	23,991	-14	10	7	9	12	28	54	17	49	21	51	34,2	-12	58	39
16	L	47	2453051,5	09	41	20,555	-14	07	7	8	12	28	51	17	50	21	55	28,2	-12	38	07
17	M	48	2453052,5	09	45	17,119	-14	04	7	7	12	28	47	17	52	21	59	21,5	-12	17	22
18	M	49	2453053,5	09	49	13,681	-14	00	7	6	12	28	43	17	53	22	03	14,1	-11	56	26
19	J	50	2453054,5	09	53	10,240	-13	56	7	5	12	28	38	17	54	22	07	06,0	-11	35	18
20	V	51	2453055,5	09	57	06,795	-13	50	7	4	12	28	32	17	55	22	10	57,2	-11	13	59
21	S	52	2453056,5	10	01	03,347	-13	44	7	3	12	28	26	17	56	22	14	47,8	-10	52	30
22	D	53	2453057,5	10	04	59,895	-13	38	7	2	12	28	19	17	57	22	18	37,7	-10	30	50
23	L	54	2453058,5	10	08	56,447	-13	30	6	58	12	28	11	17	59	22	22	26,9	-10	09	01
24	M	55	2453059,5	10	12	52,990	-13	22	6	57	12	28	03	18	00	22	26	15,5	-09	47	02
25	M	56	2453060,5	10	16	49,539	-13	14	6	56	12	27	54	18	01	22	30	03,5	-09	24	55
26	J	57	2453061,5	10	20	46,090	-13	05	6	54	12	27	45	18	02	22	33	50,9	-09	02	39
27	V	58	2453062,5	10	24	42,644	-12	55	6	53	12	27	35	18	03	22	37	37,7	-08	40	15
28	S	59	2453063,5	10	28	39,200	-12	44	6	51	12	27	24	18	04	22	41	23,9	-08	17	44
29	D	60	2453064,5	10	32	35,758	-12	34	6	50	12	27	13	18	05	22	45	09,6	-07	55	05

MARZO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)					a 0° de TU								
				h	m	s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.	h	m	s	o	i	u			
1	L	61	2453065,5	10	36	32,317	-12	22	6	48	12	27	01	18	07	22	48	54,7	-07	32	19
2	M	62	2453066,5	10	40	28,876	-12	10	6	47	12	26	49	18	08	22	52	39,3	-07	09	28
3	M	63	2453067,5	10	44	25,434	-11	58	6	45	12	26	36	18	09	22	56	23,4	-06	46	30
4	J	64	2453068,5	10	48	21,991	-11	45	6	44	12	26	23	18	10	23	00	07,0	-06	23	26
5	V	65	2453069,5	10	52	18,546	-11	31	6	42	12	26	10	18	11	23	03	50,2	-06	00	17
6	S	66	2453070,5	10	56	15,097	-11	18	6	40	12	25	56	18	12	23	07				

ABRIL

TIEMPOS

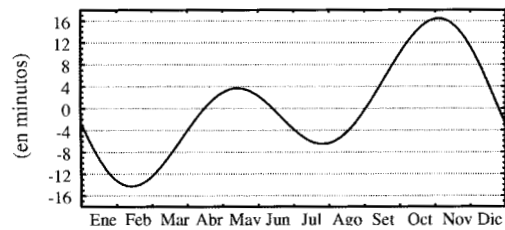
SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)					a $\phi$ de TU								
				h	m	s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.				
																		m	s	m	s
1	J	92	2453096,5	12	38	45,487	-03	55	5	58	12	18	31	18	40	00	42	40,4	+04	35	22
2	V	93	2453097,5	12	42	42,039	-03	37	5	57	12	18	31	18	41	00	46	19,1	+04	58	27
3	S	94	2453098,5	12	46	38,589	-03	19	5	55	12	17	55	18	42	00	49	57,9	+05	21	28
4	D	95	2453099,5	12	50	35,136	-03	02	5	53	12	17	38	18	43	00	53	36,9	+05	44	23
5	L	96	2453100,5	12	54	31,683	-02	44	5	52	12	17	21	18	44	00	57	16,0	+06	07	11
6	M	97	2453101,5	12	58	28,230	-02	27	5	50	12	17	03	18	45	01	00	55,3	+06	29	54
7	M	98	2453102,5	13	02	24,780	-02	10	5	49	12	16	46	18	46	01	04	34,8	+06	52	29
8	J	99	2453103,5	13	06	21,334	-01	53	5	47	12	16	30	18	47	01	08	14,5	+07	14	58
9	V	100	2453104,5	13	10	17,893	-01	36	5	45	12	16	13	18	48	01	11	54,5	+07	37	19
10	S	101	2453105,5	13	14	14,455	-01	20	5	44	12	15	57	18	49	01	15	34,8	+07	59	33
11	D	102	2453106,5	13	18	11,018	-01	04	5	42	12	15	41	18	50	01	19	15,4	+08	21	39
12	L	103	2453107,5	13	22	07,581	-00	48	5	41	12	15	26	18	51	01	22	56,2	+08	43	37
13	M	104	2453108,5	13	26	04,141	-00	33	5	39	12	15	11	18	52	01	26	37,4	+09	05	26
14	M	105	2453109,5	13	30	00,697	-00	18	5	38	12	14	56	18	53	01	30	18,9	+09	27	06
15	J	106	2453110,5	13	33	57,249	-00	03	5	36	12	14	41	18	54	01	34	00,8	+09	48	27
16	V	107	2453111,5	13	37	53,799	+00	11	5	35	12	14	27	18	55	01	37	43,1	+10	09	58
17	S	108	2453112,5	13	41	50,347	+00	25	5	33	12	14	13	18	56	01	41	25,7	+10	31	09
18	D	109	2453113,5	13	45	46,894	+00	38	5	32	12	14	00	18	57	01	45	08,7	+10	52	09
19	L	110	2453114,5	13	49	43,442	+00	52	5	30	12	13	47	18	58	01	48	52,1	+11	12	60
20	M	111	2453115,5	13	53	39,992	+01	04	5	29	12	13	35	18	59	01	52	36,0	+11	33	38
21	M	112	2453116,5	13	57	36,545	+01	17	5	27	12	13	23	19	00	01	56	20,2	+11	54	06
22	J	113	2453117,5	14	01	33,100	+01	28	5	26	12	13	11	19	01	02	00	04,9	+12	14	22
23	V	114	2453118,5	14	05	29,658	+01	40	5	24	12	13	00	19	02	02	03	50,1	+12	34	25
24	S	115	2453119,5	14	09	26,217	+01	51	5	23	12	12	49	19	03	02	07	35,7	+12	54	17
25	D	116	2453120,5	14	13	22,777	+02	01	5	22	12	12	39	19	04	02	11	21,7	+13	13	17
26	L	117	2453121,5	14	17	19,337	+02	11	5	20	12	12	29	19	05	02	15	08,3	+13	33	20
27	M	118	2453122,5	14	21	15,896	+02	21	5	19	12	12	20	19	06	02	18	55,3	+13	52	32
28	M	119	2453123,5	14	25	12,454	+02	30	5	18	12	12	11	19	07	02	22	42,8	+14	11	30
29	J	120	2453124,5	14	29	09,009	+02	38	5	16	12	12	03	19	08	02	26	30,7	+14	30	13
30	V	121	2453125,5	14	33	05,561	+02	47	5	15	12	11	55	19	09	02	30	19,2	+14	48	43

de Madrid, lo que le permite emitir cada media hora las señales horarias de tiempo oficial. Hay que resaltar, sin embargo, que las señales emitidas sufren un pequeño retraso por propagación cuando la emisión tiene lugar desde un satélite. Entre dichas cadenas y emisoras se encuentran:

- Cadena COPE
- Cadena SER
- Onda Cero
- Onda Madrid
- Radio España
- Radio Intercontinental
- Radio Nacional de España
- Radio RKR
- Agencia EFE

Ecuación de tiempo



Todos los tiempos indicados en estas tablas se refieren a las 0<sup>h</sup> del tiempo universal (TU) del día considerado.

El tiempo solar verdadero se obtiene sumando la ecuación de tiempo al tiempo solar medio que, a su vez, se obtiene sumando el TU del instante considerado y la longitud (Este) del lugar.

$$\text{tiempo solar medio} = \text{TU} + \text{longitud}_{\text{Este}}$$

$$\text{tiempo solar verdadero} = \text{tiempo solar medio} + \text{ecuación de tiempo}$$

La ecuación de tiempo se define como la corrección al tiempo medio (obtenido a partir de relojes de precisión) para obtener el tiempo solar verdadero. Antiguamente se consideraba como la corrección a aplicar al tiempo verdadero (obtenido con medidas astronómicas) para obtener el tiempo medio. Este cambio de definición se traduce en un cambio de signo respecto de ediciones del ANUARIO anteriores a 1994.

El valor absoluto máximo de la ecuación de tiempo no supera los 16,5 minutos. Su variación máxima en un día no excede los 30 segundos. La ecuación de tiempo para este año se puede calcular aproximadamente mediante la fórmula:

$$596^{\circ} \text{sen}(198^{\circ} + 1,9713 d) + 442^{\circ} \text{sen}(175^{\circ} + 0,9856 d)$$

siendo  $d$  el día del año. El error cometido es menor de medio minuto.

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 13 de junio, 1 de septiembre y 24 de diciembre. En estas fechas, el tiempo solar medio y el verdadero prácticamente coinciden.

Su valor es mínimo el día 11 de febrero, con un mínimo secundario el 25 de julio. Su valor es máximo el día 2 de noviembre, con un máximo secundario el 13 de mayo.

MAYO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)					a $\phi$ de TU								
				h	m	s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.				
																		m	s	m	s
1	S	122	2453126,5	14	37	02,111	+02	54	5	14	12	11	48	19	11	02	34	08,2	+15	06	57
2	D	123	2453127,5	14	40	58,660	+03	01	5	12	12	11	41	19	12	02	37	57,8	+15	24	56
3	L	124	2453128,5	14	44	55,209	+03	08	5	11	12	11	35	19	13	02	41	47,8	+15	42	40
4	M	125	2453129,5	14	48	51,760	+03	14	5	10	12	11	29	19	14	02	45	38,4	+16	00	09
5	M	126	2453130,5	14	52	48,314	+03	19	5	9	12	11	24	19	15	02	49	29,6	+16	17	21
6	J	127	2453131,5	14	56	44,874	+03	24	5	8	12	11	19	19	16	02	53	21,3	+16	34	17
7	V	128	2453132,5	15	00	41,438	+03	28	5	7	12	11	15	19	17	02	57	13,6	+16	50	27
8	S	129	2453133,5	15	04	38,004	+03	32	5	5	12	11	12	19	18	03	01	06,4	+17	07	20
9	D	130	2453134,5	15	08	34,569	+03	35	5	4	12	11	07	19	19	03	04	59,9	+17	23	26
10	L	131	2453135,5	15	12	31,133	+03	37	5	3	12	11	01	19	20	03	08	53,9	+17	39	14
11	M	132	2453136,5	15	16	27,693	+03	39	5	2	12	11	05	19	21	03	12	48,5	+17	54	45
12	M	133	2453137,5	15	20	24,249	+03	41	5	1	12	11	04	19	22	03	16	43,8	+18	09	58
13	J	134	2453138,5	15	24	20,801	+03	42	5	0	12	11	04	19	23	03	20	39,6	+18	24	53
14	V	135	2453139,5	15	28	17,352	+03	41	5	0	12	11	04	19	24	03	24	36,0	+18	39	29
15	S	136	2453140,5	15	32	13,901	+03	41	5	0	12	11	05	19	24	03	28	32,9	+18	53	46
16	D	137	2453141,5	15	36	10,451	+03	40	5	0	12	11	06	19	25	03	32	30,5	+19	07	45
17	L	138	2453142,5	15	40	07,003	+03	39	5	0	12	11	08	19	26	03	36	28,6	+19	21	24
18	M	139	2453143,5	15	44	03,557	+03	36	5	0	12	11	10	19	27	03	40	27,3	+19	34	43
19	M	140	2453144,5	15	48	00,114	+03	34	5	0	12	11	13	19	28	03	44	26,6	+19	47	42
20	J	141	2453145,5	15	51	56,673	+03	31	5	0	12	11	17	19	29	03	48	26,4	+20	00	21
21	V	142	2453146,5	15	55	53,235	+03	27	5	0	12	11	21	19	30	03	52	26,7	+20	12	39
22	S	143	2453147,5	15	59	49,797	+03	22	5	0	12	11	25	19	31	03	56	27,6	+20	24	37
23	D	144	2453148,5	16	03	46,359	+03	18	5	0	12	11	30	19	32	04	00	29,0	+20	36	14
24	L	145	2453149,5	16	07	42,921	+03	12	5	0	12	11	36	19	33	04	04	30,9	+20	47	29
25	M	146	2453150,5	16	11	39,481	+03	06	5	0	12	11	42	19	33	04	08	33,3	+20	58	23
26	M	147	2453151,5	16	15	36,039	+03	00	5	0	12	11	49	19	34	04	12	36,1	+21	08	55
27	J	148	2453152,5	16	19	32,594	+02	53	5	0	12	11	56	19	35	04	16	39,4	+21	19	05
28	V	149	2453153,5	16	23	29,147	+02	46	5	0	12	12	03	19	36	04	20	43,2	+21	28	53
29	S	150	2453154,5	16	27	25,698	+02	39	5	0	12	12	11	19	37	04	24	47,4	+21	38	18
30	D	151	2453155,5	16	31	22,249	+02	30	5	0	12	12	19	19							

JULIO

TIEMPOS

SOL

Table with columns: Día del mes, Día de la sem., Día del año, Día juliano, Hora sidérea verdadera en Greenwich, Ecuación de tiempo (v.-m.), en Madrid (TU) (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.), a 0° de TU (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.).

OCTUBRE

TIEMPOS

SOL

Table with columns: Día del mes, Día de la sem., Día del año, Día juliano, Hora sidérea verdadera en Greenwich, Ecuación de tiempo (v.-m.), en Madrid (TU) (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.), a 0° de TU (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.).

AGOSTO

TIEMPOS

SOL

Table with columns: Día del mes, Día de la sem., Día del año, Día juliano, Hora sidérea verdadera en Greenwich, Ecuación de tiempo (v.-m.), en Madrid (TU) (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.), a 0° de TU (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.).

NOVIEMBRE

TIEMPOS

SOL

Table with columns: Día del mes, Día de la sem., Día del año, Día juliano, Hora sidérea verdadera en Greenwich, Ecuación de tiempo (v.-m.), en Madrid (TU) (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.), a 0° de TU (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.).

SEPTIEMBRE

TIEMPOS

SOL

Table with columns: Día del mes, Día de la sem., Día del año, Día juliano, Hora sidérea verdadera en Greenwich, Ecuación de tiempo (v.-m.), en Madrid (TU) (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.), a 0° de TU (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.).

DICIEMBRE

TIEMPOS

SOL

Table with columns: Día del mes, Día de la sem., Día del año, Día juliano, Hora sidérea verdadera en Greenwich, Ecuación de tiempo (v.-m.), en Madrid (TU) (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.), a 0° de TU (Orto, Culmin., Ocaso, Asc. recta, Declinac.).

## EFEMÉRIDES DEL SOL PARA 2004

Los instantes de salida y puesta del Sol (**Orto** y **Ocaso**) han sido calculados para Madrid, corrigiendo por un valor medio de la refracción y prescindiendo del relieve en el horizonte. Se indica también, en la columna **Culminación**, el instante de paso del centro del disco solar por el meridiano de Madrid, lo que constituye el *mediodía verdadero*. Para conocer el tiempo *oficial* en que se da cada fenómeno, hay que sumar una o dos horas al valor obtenido de la tabla, dependiendo de la época del año.

Para calcular el orto, el ocaso y la culminación del Sol en cualquier otro lugar de España véanse los apartados *Ortos y ocasos del Sol* y *Paso del Sol por el meridiano* en el ANUARIO.

En las dos últimas columnas se indica la posición aparente geocéntrica del Sol a las 0<sup>h</sup> de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. Para obtener las coordenadas en cualquier otro instante debe realizarse una interpolación de segundo grado partiendo de los valores de dichas columnas (véase el apartado *Interpolación* en la sección TABLAS del ANUARIO).

Se llama culminación del Sol al paso del centro del Sol por el meridiano del lugar. El instante de la culminación del Sol en cualquier lugar de España se puede obtener de la siguiente manera aproximada:

- (1) a la ascensión recta del día considerado se le resta el tiempo sidéreo en Greenwich a 0<sup>h</sup> de TU de este día (tabla en *TIEMPOS*);
- (2) se le resta la longitud Este del lugar (por ejemplo, en el caso de Madrid se suman 15<sup>m</sup> (al ser la longitud de Madrid de -15<sup>m</sup>); y
- (3) si tenemos un tiempo negativo, se suman 24<sup>h</sup>.

La posición del Sol en su órbita aparente, la *ecliptica*, se da mediante la coordenada *longitud*, que designaremos con el símbolo ☉. Su valor aproximado para el día *d* de un año cualquiera viene dado por:

$$\odot \approx 279^\circ + 0,986 d + 2^\circ \text{sen}(0,986 d).$$

Un desarrollo más preciso de ☉ para este año puede encontrarse en la página del ANUARIO dedicada a datos solares.

Las coordenadas ecuatoriales del Sol se pueden calcular aproximadamente mediante:

$$\alpha_{\odot} \approx \arctan(0,917 \tan \odot), \text{ mismo cuadrante que } \odot$$

$$\delta_{\odot} \approx \arcsen(0,398 \text{sen} \odot).$$

Por ejemplo, para el día 9 de abril (*d* = 100) se obtienen: ☉ = 20° (primer cuadrante), α<sub>0</sub> = 18° = 1<sup>h</sup>12<sup>m</sup>, δ<sub>0</sub> = +7,8.

Los instantes de orto y ocaso del Sol para un lugar dado pueden ser calculados de manera aproximada: (1) se calculan la longitud del Sol, ☉, y el instante de culminación para el lugar; (2) se calcula el tiempo auxiliar:

$$H = 6^h4^m + 77^m \text{sen} \odot, \text{ en la Península y Baleares}$$

$$H = 6^h3^m + 49^m \text{sen} \odot, \text{ en Canarias}$$

Tras calcular *H*:

- (3) para determinar el orto, se resta el valor *H* al instante de la culminación;
- (4) para determinar el ocaso, se suman ambos valores.

La presencia de montañas o colinas en el horizonte tiene como efecto el retrasar el instante del orto o adelantar el del ocaso. Si el Sol sale en un lugar del horizonte en que el relieve alcanza una altura *h* (en metros) por encima del lugar de observación y se encuentra a una distancia *D* (en km), el retraso en el orto viene dado aproximadamente por: 19<sup>s</sup> *h* (m)/*D* (km). El adelanto en el ocaso se calcula análogamente. En Canarias, usar 16<sup>s</sup> como factor multiplicativo.

El lugar en el horizonte en que sale o se pone el Sol se indica con el *acimut*, ángulo que se mide desde el Sur (acimut=0°) y es positivo hacia el Oeste. Utilizando desarrollos antes explicados, el acimut, *a*, del ocaso viene dado por:

$$a \approx \arcsen(-0,012 - 0,523 \text{sen} \odot), \text{ en la Península y Baleares}$$

$$a \approx \arcsen(-0,008 - 0,452 \text{sen} \odot), \text{ en Canarias.}$$

El acimut del orto se calcula de igual manera pero se toma con signo negativo.

## ESTRELLA POLAR

Se denomina Estrella Polar a la más brillante de la constelación de la Osa Menor (αUMi). Se trata de una estrella de magnitud *V*=2,0 que se encuentra a ~ 1° de la dirección del Polo Norte. Al ser visible a lo largo de todo el año (en el hemisferio Norte) resulta adecuada para algunas aplicaciones en topografía y navegación. Su proximidad al polo permite determinar la latitud del lugar: en primera aproximación (error < 1°), es la altura de la Polar. Su dirección sobre el horizonte da, en primera aproximación, la del meridiano.

α <sub>2000</sub>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,70
δ <sub>2000</sub>	89°15'50,77
μ <sub>α</sub> cosδ	0,0383'' por año
μ <sub>δ</sub>	-0,0152'' por año
π	0,003''
<i>V</i>	2,02 <sup>mag</sup>
<i>B-V</i>	0,60 <sup>mag</sup>
tipo espectral	F8

## Consideraciones previas

Para realizar o reducir observaciones de la Polar conviene determinar los siguientes valores:

- tiempo sidéreo local = tiempo sidéreo en Greenwich a 0<sup>h</sup>TU + 1,0027379 \* Tiempo Universal + longitud λ del lugar (positiva al Este)
- ángulo horario de la Polar:  
*H* = tiempo sidéreo local – asc. recta de la Polar (α, ver tabla)
- distancia polar de la Polar: *p* (ver tabla)
- declinación de la Polar: δ = 90° – *p*

El instante de culminación superior de la Polar por el meridiano de Greenwich en una fecha dada puede calcularse a partir del valor de la ascensión recta  $\alpha$  dada en la tabla de la Polar, mediante:

$$TU = 0,99727 (\alpha - TSGO + 24^h)$$

donde TSGO es el tiempo sidéreo de Greenwich a 0<sup>h</sup> de TU (v. tabla en TIEMPOS) y el tiempo TU resultante debe darse entre 0<sup>h</sup> y 24<sup>h</sup>.

### Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar

La altura  $h$  y el acimut  $a$  de la Polar en el día y hora considerados y en un lugar de latitud  $\phi$  vienen dados por:

$$\text{altura: } h = \phi + p \cos H - 0,00873 (p \operatorname{sen} H)^2 \tan \phi$$

$$\text{acimut: } a = -p \operatorname{sen} H / \cos h$$

donde todos los ángulos ( $\phi, p, H, h, a$ ) deben ser expresados en grados y el acimut  $a$  se mide desde el Norte positivamente hacia el Este.

### Determinación de la latitud

La medida de la altura  $h$  de la Polar sobre el horizonte permite determinar la latitud  $\phi$  de un lugar, suponiendo que se conoce la longitud  $\lambda$  de éste con suficiente precisión. Se calculan, como se ha indicado antes, el ángulo horario  $H$  de la Polar y su distancia polar  $p$  para el instante TU en que se ha realizado la medida de la altura  $h$ . Tras corregir ésta de refrac-

ción, errores instrumentales y, si fuera necesario, de la depresión del horizonte, la latitud se determina mediante:

$$\phi = h - p \cos H + 0,00873 (p \operatorname{sen} H)^2 \tan h$$

donde todos los ángulos ( $\phi, p, H, h$ ) deben ser expresados en grados. Para nuestras latitudes, el último sumando es  $< 20''$ .

### Determinación de la meridiana

La medida, sobre el horizonte, de la dirección de la Polar respecto del Norte permite determinar la dirección de la meridiana. Procediendo como antes, calculamos los ángulos  $H$  y  $p$ . Medimos la altura  $h$  de la Polar o la predécimos mediante la fórmula dada en Predicción... El acimut de la Polar vendrá dado por:

$$a = -p \operatorname{sen} H / \cos h$$

mediándose el acimut  $a$  desde el Norte y positivo hacia el Este. Si se desea referir el acimut al sur, súmese  $180^\circ$  al valor antes obtenido.

El hecho de usar un valor de la ascensión recta  $\alpha$  para una fecha dada, sin interpolar a la hora de observación introduce un error esperado en la latitud  $\phi$  que se determine de 0',1 (3 m), siendo el error máximo posible menor de 0',4 (12 m).

El día 30 de octubre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso:  $\alpha = 2^h38^m29^s.95$  y  $p = 42^m50^s.9$ .

Posición aparente de la Polar en 2004 en su culminación superior en Greenwich

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre						
	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$					
	2 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 43'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'				
1	95:02 48"4	46:13 45"0	60:84 47"1	27:99 53"7	20:62 2"0	40:34 10"0	21:48 14"9	17:52 15"5	15:10 10"9	59:78 62"2	23:56 50"1	77:37 38"8																	
2	93:61 48"2	44:48 45"0	59:47 47"2	27:33 53"9	20:84 2"3	41:40 10"3	23:12 15"0	19:42 15"4	16:82 10"7	60:95 61"8	23:81 49"7	76:70 38"5																	
3	92:18 48"0	42:83 45"0	58:11 47"4	26:70 54"2	21:09 2"6	42:48 10"5	24:78 15"1	21:31 15"3	18:54 10"4	62:10 61"5	24:04 49"3	75:99 38"1																	
4	90:74 47"9	41:19 45"0	56:78 47"5	26:10 54"5	21:36 2"9	43:58 10"7	26:45 15"2	23:21 15"3	20:25 10"2	63:22 61"1	24:24 48"9	75:26 37"8																	
5	89:29 47"7	39:54 45"0	55:46 47"7	25:52 54"7	21:66 3"2	44:71 10"9	28:14 15"3	25:11 15"2	21:94 10"0	64:32 60"8	24:40 48"5	74:50 37"5																	
6	87:82 47"5	37:90 45"0	54:15 47"9	24:97 55"0	21:98 3"4	45:85 11"1	29:83 15"4	27:02 15"1	23:62 9"7	65:39 60"4	24:53 48"1	73:71 37"2																	
7	86:34 47"3	36:27 45"1	52:88 48"1	24:45 55"3	22:33 3"7	47:02 11"3	31:55 15"4	28:92 15"0	25:29 9"5	66:44 60"0	24:63 47"7	72:89 36"8																	
8	84:85 47"2	34:64 45"1	51:62 48"2	23:95 55"5	22:71 4"0	48:21 11"5	33:27 15"5	30:83 14"9	26:95 9"2	67:47 59"7	24:70 47"3	72:04 36"5																	
9	83:34 47"0	33:01 45"1	50:37 48"4	23:48 55"8	23:11 4"3	49:43 11"7	35:01 15"6	32:74 14"8	28:59 8"9	68:46 59"3	24:74 46"9	71:16 36"2																	
10	81:82 46"9	31:39 45"2	49:15 48"6	23:03 56"1	23:55 4"5	50:67 11"9	36:76 15"6	34:65 14"7	30:22 8"7	69:43 59"0	24:57 46"5	70:25 35"9																	
11	80:29 46"7	29:77 45"2	47:94 48"8	22:62 56"3	24:01 4"8	51:93 12"1	38:53 15"7	36:55 14"6	31:83 8"4	70:38 58"6	24:70 46"2	69:31 35"6																	
12	78:75 46"6	28:16 45"2	46:75 49"0	22:23 56"6	24:50 5"1	53:22 12"3	40:31 15"7	38:45 14"5	33:42 8"1	71:29 58"2	24:63 45"8	68:35 35"3																	
13	77:19 46"4	26:55 45"3	45:58 49"2	21:86 56"9	25:03 5"3	54:53 12"5	42:10 15"8	40:36 14"3	35:00 7"8	72:18 57"8	24:53 45"4	67:35 35"0																	
14	75:62 46"3	24:94 45"3	44:43 49"4	21:53 57"2	25:58 5"6	55:86 12"6	43:90 15"8	42:26 14"2	36:56 7"6	73:04 57"5	24:39 45"0	66:33 34"7																	
15	74:04 46"2	23:35 45"4	43:30 49"6	21:23 57"5	26:16 5"9	57:21 12"8	45:72 15"8	44:15 14"0	38:10 7"3	73:86 57"1	24:22 44"6	65:28 34"4																	
16	72:45 46"0	21:76 45"5	42:19 49"8	20:96 57"8	26:77 6"2	58:59 13"0	47:54 15"8	46:04 13"9	39:62 7"0	74:66 56"7	24:02 44"2	64:21 34"1																	
17	70:85 45"9	20:18 45"6	41:10 50"0	20:72 58"0	27:41 6"4	59:99 13"1	49:38 15"9	47:92 13"8	41:12 6"7	75:42 56"3	23:78 43"9	63:12 33"8																	
18	69:23 45"8	18:60 45"6	40:04 50"3	20:51 58"3	28:08 6"7	61:41 13"3	51:22 15"9	49:80 13"6	42:59 6"4	76:15 55"9	23:52 43"5	62:00 33"5																	
19	67:61 45"7	17:04 45"7	39:01 50"5	20:33 58"6	28:78 6"9	62:85 13"5	53:07 15"9	51:67 13"4	44:05 6"1	76:86 55"5	23:22 43"1	60:86 33"3																	
20	65:98 45"6	15:49 45"8	38:00 50"7	20:19 58"9	29:51 7"2	64:31 13"6	54:93 15"9	53:54 13"3	45:48 5"8	77:53 55"2	22:89 42"7	59:70 33"0																	
21	64:34 45"5	13:96 45"9	37:01 50"9	20:07 59"2	30:27 7"5	65:79 13"7	56:79 15"9	55:39 13"1	46:89 5"5	78:17 54"8	22:53 42"4	58:52 32"8																	
22	62:69 45"5	12:44 46"0	36:06 51"2	19:99 59"5	31:05 7"7	67:29 13"9	58:66 15"9	57:24 12"9	48:28 5"1	78:78 54"4	22:15 42"0	57:32 32"5																	
23	61:04 45"4	10:93 46"2	35:13 51"4	19:94 59"8	31:86 8"0	68:80 14"0	60:54 15"9	59:07 12"7	49:65 4"8	79:36 54"0	21:57 41"6	56:10 32"3																	
24	59:39 45"3	9:44 46"3	34:22 51"6	19:92 60"0	32:71 8"2	70:33 14"2	62:42 15"8	60:90 12"6	50:99 4"5	79:91 53"6	21:28 41"3	54:86 32"0																	
25	57:73 45"3	7:96 46"4	33:35 51"9	19:93 60"3	33:57 8"4	71:88 14"3	64:30 15"8	62:71 12"4	52:31 4"2	80:43 53"2	20:81 40"9	53:60 31"8																	
26	56:07 45"2	6:50 46"5	32:50 52"1	19:97 60"6	34:47 8"7	73:45 14"4	66:18 15"8	64:51 12"2	53:61 3"8	80:92 52"8	20:31 40"6	52:32 31"5																	
27	54:42 45"2	5:06 46"7	31:67 52"4	20:04 60"9	35:39 8"9	75:03 14"5	68:07 15"7	66:30 12"0	54:89 3"5	81:38 52"4	19:78 40"2	51:02 31"3																	
28	52:76 45"1	3:63 46"8	30:88 52"6	20:14 61"2	36:33 9"2	76:62 14"6	69:96 15"7	68:08 11"8	56:14 3"2	81:82 52"0	19:22 39"9	49:71 31"1																	
29	51:10 45"1	2:23 46"9	30:12 52"9	20:27 61"5	37:30 9"4	78:23 14"7	71:85 15"7	69:85 11"5	57:38 2"8	82:22 51"7	18:63 39"5	48:37 30"9																	
30	49:44 45"1		29:38 53"1	20:43 61"8	38:29 9"6	79:85 14"8	73:74 15"6	71:61 11"3	58:59 2"5	82:60 51"3	18:02 39"2	47:02 30"6																	
31	47:78 45"0		28:67 53"4		39:31 9"8		75:63 15"5	73:36 11"1		83:27 50"5		45:65 30"4																	

El lector que necesite más datos y fórmulas, deberá adquirir el Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid, 2004.

# Nivelación por Doble Alineación

Aldo O. Mangiaterra y Gustavo Noguera

DEPARTAMENTO DE GEOTOPOCARTOGRAFÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO (ARGENTINA)

## Resumen

En este artículo se presenta un método de nivelación geométrica utilizando dos alineaciones paralelas, más ventajoso y simple que el de Cholesky.

Su mérito principal consiste en la posibilidad de verificar el cierre dentro de tolerancia (o detectar anomalías inadmisibles) sobre la misma marcha de la nivelación.

## I. INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

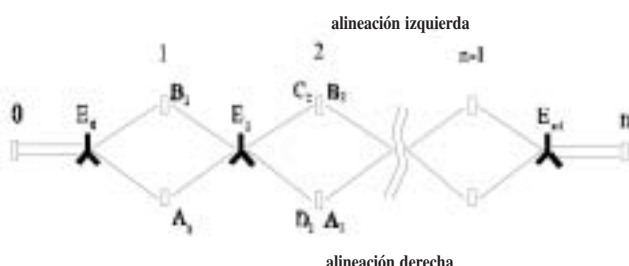
El método consiste básicamente en la nivelación geométrica simultánea de dos alineaciones paralelas, simplificando e introduciendo algunas ventajas al ideado por Cholesky.

Se obtienen dos valores para la diferencia de cotas  $\Delta H$  entre los extremos de una línea; el cálculo se efectúa independientemente para cada alineación (izquierda y derecha); como valor de  $\Delta H$  se adopta el promedio de ambos

$$\Delta H = \frac{\Delta H_d + \Delta H_i}{2}$$

y su diferencia es el error de cierre  $E = \Delta H_d - \Delta H_i$

El gráfico que se inserta a continuación ilustra la secuencia y nomenclatura de una nivelación entre los puntos 0 y n, pasando por los puntos de paso dobles (izquierdo y derecho) desde el 1 hasta el n-1.



Alineación \ lectura	lectura atrás (desde 0 a n-1)	lectura adelante (desde 1 a n)
Alineación izquierda	B	C
Alineación derecha	A	D

Veamos el caso de un tramo típico, por ejemplo en la estación E1:

- Se lee sucesivamente  $A_1, B_1, C_2, D_2$  (puede efectuarse un quinta lectura  $B'_1$  para detectar posibles hundimientos de apoyo de mira y nivel)
- Se calcula  $\Delta_{ad(2)} = C_2 - D_2$ , es decir, la diferencia entre las lecturas adelante (izquierda - derecha)
- Una vez estacionado el aparato en  $E_2$  y efectuadas las lecturas  $A_2$  y  $B_2$ , se calcula  $\Delta_{at(2)} = B_2 - A_2$ , es decir, la diferencia de lecturas atrás (izquierda - derecha)
- A continuación se efectúa lo que se denomina “control transversal”: que es la diferencia de diferencias

$$\epsilon_{(2)} = \Delta_{ad(2)} - \Delta_{at(2)}$$

la cual debe responder a las tolerancias que más adelante se estudian. De no cumplirse esta condición, se presume la existencia de error o errores superiores a lo admisible, equivocación o alteración de las condiciones de trabajo, lo que obliga a repetir la nivelación, pero solamente a partir del tramo anterior, para lo cual los apoyos de mira en el punto 1 no deben ser levantados hasta terminar los controles correspondientes al tramo 2-3.

## 2. CÁLCULO DEL ERROR DE CIERRE

$$\sum H_d = \sum \text{lecturas atrás (dcha.)} - \sum \text{lecturas adelante (dcha.)} = \sum A - \sum D$$

$$\sum H_i = \sum \text{lecturas atrás (izda.)} - \sum \text{lecturas adelante (izda.)} = \sum B - \sum C$$

$$E (\text{error de cierre}) = \sum H_d - \sum H_i = \sum A - \sum B + \sum C - \sum D \quad (1)$$

Veamos ahora el control transversal para un punto  $j$  genérico:

$$\Delta ad_{(j)} = C_j - D_j$$

$$\Delta at_{(j)} = B_j - A_j$$

$$\epsilon_{(j)} = \Delta ad_{(j)} - \Delta at_{(j)} = A_j - B_j + C_j - D_j$$

sumando los  $\epsilon_{(j)}$  resulta:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \epsilon_{(j)} = [\sum A_j - \sum B_j + \sum C_j - \sum D_j] i^{n-1}$$

$$\text{llamando } \epsilon_{(n)} = \Delta ad_{(n)} - \Delta at_{(0)} = C_n - D_n - (B_0 - A_0) = A_0 - B_0 + C_n - D_n$$

$$\text{será entonces } \sum_{i=1}^n \epsilon_{(j)} = \sum A - \sum B + \sum C - \sum D$$

$$\text{por lo tanto, y según (1) } \sum_{i=1}^n \epsilon_{(j)} = E$$

es decir, que controlando los valores de  $\epsilon$  a medida que avanzamos, podemos controlar en definitiva el valor del error de cierre  $E$

### 3. TOLERANCIAS

Debe cumplirse la condición

$$|E| \leq T \text{ (tolerancia)} = K\sqrt{L(km)}$$

donde  $L$  es la longitud de la nivelación.

Es inmediato que si fijamos un máximo admisible para cada  $\epsilon_{(j)}$  tal que se cumpla la condición

$$\epsilon_{(j)} \leq T/n$$

$$\text{será } \Delta \epsilon_{(j)} = E \leq T$$

y habremos garantizado un cierre dentro de tolerancia.

En realidad de tal modo estamos extremando las exigencias. En efecto, los  $\epsilon_{(j)}$  son combinación lineal de cuatro lecturas y, por tanto, su comportamiento esperable es gaussiano, propio de los errores accidentales, es decir, cuanto mayor sea el número de tramos más evidente será la tendencia a que haya tantos negativos como positivos, salvo, claro está, la existencia de errores sistemáticos.

De paso, sea dicho que al ir controlando los valores de  $\epsilon$  es bueno prestar atención a la variación de su signo, pues si ello no se produce a lo largo de un considerable número de observaciones, está delatando la presencia de algún sistematismo.

Podemos intentar una consideración más favorable de la situación. De acuerdo a la teoría de errores es de esperar que

$$\sum \epsilon \leq \epsilon_{\max} \sqrt{n}$$

$$\text{si hacemos que sea } \epsilon_{\max} \sqrt{n} = T$$

puesto que  $\Delta \epsilon = E$ ; se cumple con la condición  $E \leq T$

y podemos obtener el valor de  $\epsilon_{\max}$

$$\text{reemplazando } T \text{ por su valor } T = K\sqrt{L(km)}$$

$$\text{será } \epsilon_{\max} \sqrt{n} = K\sqrt{L(km)}$$

$$\text{si llamamos } t \text{ a la longitud de un tiro visual, resulta } n = \frac{L}{2t}$$

$$\text{y luego } \epsilon_{\max} = K\sqrt{\frac{L(km)}{n}} = K\sqrt{2t(km)} \quad (2)$$

$$\text{en definitiva } \epsilon_{\max} = f(K, t)$$

lo que permite confeccionar una tabla de valores admisibles.

Desde el punto de vista conceptual, la conclusión obtenida es totalmente lógica, dado que el valor  $K$  caracteriza la precisión del trabajo, y la longitud del tiro visual  $t$  determina la magnitud de los errores accidentales (a igualdad del resto de los factores: aparato, visibilidad, operador, etc.)

Si consideramos  $t$  constante, entonces  $\epsilon_{\max}$  también lo será; en cambio, si en un punto de paso  $j$  concurren visuales de diferente longitud, en la fórmula (2) donde dice  $2t$  deberá considerarse la suma de ambas longitudes de  $t$ .

Una vez calculado  $\epsilon_{\max}$  es inmediato el cálculo del error máximo admisible en cada tiro visual: En efecto, dado que  $\epsilon_j$  surge de la combinación lineal de cuatro lecturas, el error máximo admisible en cada una de ellas será

$$\epsilon_{\max} = \frac{\epsilon_{\max}}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2} \epsilon_{\max}$$

Puesto que el error que puede cometerse en cada lectura es función de la longitud del tiro visual y de las características de miras e instrumento, una vez fijado  $\epsilon_{\max}$  pueden tomarse las decisiones correspondientes que garanticen la precisión requerida.

### 4. PROCEDIMIENTO

El equipamiento consta de: nivel óptico, dos miras y 6 apoyos para miras.

El personal está integrado por: operador de nivel, libretista, 2 portamiras y auxiliar a cargo de los apoyos de mira.

Se aplican las siguientes normas: las alineaciones (derecha e izquierda) están separadas por una corta distancia (del orden de dos metros), se utiliza la misma mira en el inicio y fin de cada línea, se gira 120° el trípode en cada estación y se respeta la equidistancia de los tiros visuales.

La sucesión de lecturas es la siguiente:

- mira atrás, línea derecha (A)
- mira atrás, línea izquierda (B) y el portamiras se mantiene en tal posición

- se efectúa el control transversal verificando la admisibilidad de  $\epsilon$
- mira adelante, línea izquierda (C)
- mira adelante, línea derecha (D) y el portamiras se mantiene en tal posición
- mira atrás, línea izquierda (B') controlando que la diferencia con (B) en valor absoluto no exceda el valor  $\frac{\epsilon_{\max}}{\sqrt{2}}$  teniendo en cuenta que la mira no se ha movido
- terminadas las observaciones correspondientes a ese tramo y efectuado el cambio de estación, la mira que estaba ubicada en D, con sólo girarla sobre su apoyo, pasa a ocupar la posición inicial del nuevo tramo.
- naturalmente, es conveniente diseñar una planilla que permita efectuar rápidamente el control transversal por los medios más adecuados (papel, calculadora programable, nivel digitalizado, etc.)

### 5. DISCUSIÓN DEL MÉTODO

La ventaja del método consiste en que permite controlar la marcha de la nivelación, obteniendo casi la certeza de un cierre dentro de tolerancia o, en caso contrario, detectando sistematismos o anomalías inadmisibles.

Todo aquel que utilice asiduamente la nivelación geométrica puede valorar la significación de tal aporte. Sería terminar con la "angustia del cierre" que ha caracterizado esta tarea.

Por otra parte, el recorrido se efectúa en un solo sentido.

En suma, el método aporta seguridad y rapidez, lo que también significa economía.

Es sabido que el GPS brinda un alto rendimiento también en nivelación, pero requiere precauciones especiales y brinda precisión relativamente baja, lo que mantiene la vigencia de la nivelación geométrica.

Consideramos que el método de doble alineación puede ser utilizado sin inconvenientes y con grandes ventajas para la nivelación geométrica en general.

Cuando se trata de nivelación de alta precisión se adiciona una ventaja: se puede prescindir de la mira de doble graduación, pero se incorpora un problema en los recorridos en que predominan pendientes importantes, el de la influencia desigual de la refracción atmosférica, puesto que las lecturas atrás y adelante se efectúan a diferente altura. En tales condiciones el método de ida y vuelta (realizándolas en condiciones atmosféricas disímiles), aunque no elimina tal influencia, tiene mayor posibilidad de detectar su consecuencia a través del error de cierre.

Por tanto, sugerimos utilizar el método de doble alineación para alta precisión solamente en zonas de baja pendiente, donde la equidistancia resuelve la influencia de la refracción.

### AGRADECIMIENTOS

Los antecedentes de este artículo se remontan al año 1991, a elucubraciones bajo carpas de campaña en la precordillera sanjuanina, tratando de optimizar lo que nuestro limitado equipamiento nos permitía. La elaboración posterior fue sometida a la crítica amable, voluntariosa y certera del Profesor Oscar Parachú. Si hemos podido lograr cierta prolijidad y solidez se debe en gran parte a sus observaciones. Aún conservamos sus brevísimos e impecables comentarios manuscritos con pulcritud.

### BIBLIOGRAFÍA

- Jordan, W. (1944). *Tratado general de Topografía. Tomo II.* Barcelona, Edit. Gustavo Gili, 565 págs.
- Domínguez García Tejero, Francisco (1963). *Topografía General y Aplicada.* Madrid, Edit. Dossat, 771 págs.
- Zakatov P. S. (1981). *Curso de Geodesia Superior.* Moscú, Edit. Mir, 635 págs.
- Chueca Pazos M., Herráez Boquera J., Berné Valero J.L. (1996). *Tratado de Topografía. Tomo II.* Madrid, Edit. Paraninfo, 634 págs.
- Wolf, P. y Brinker, R. (1997). *Topografía.* Méjico, Edit. Alfaomega, 834 págs. ■



# La Topografía y la Prevención de Riesgos Laborales en la Construcción (I)

Cristina Allende Prieto  
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Daniel Iglesias Pastrana  
CENTRO DE SEGURIDAD MARÍTIMA JOVELLANOS

## INTRODUCCIÓN

Los objetivos que se persiguen con el presente trabajo son los de cubrir, de alguna forma, el vacío existente en la actualidad en relación con la Topografía y la Prevención de Riesgos Laborales.

Para su desarrollo, primero se quiere llamar la atención acerca de la definición de Topografía de Obra que este trabajo pretende manejar. Creemos que la mejor forma de hablar de la Topografía en las obras de construcción es como EQUIPO DE TOPOGRAFÍA, ya que el trabajo a realizar se lleva a cabo por un conjunto de personas que dependen mucho unas de las otras. Por ello, a la hora de hablar de la Seguridad Laboral en la Topografía de Obra, debemos darnos cuenta de lo que significa la realización de tareas entre una serie de personas, de las cuales, la figura más importante y no menos responsable es el Topógrafo.

### Objetivos:

- Identificación y evaluación de los riesgos laborales de los Equipos de Topografía en la construcción.
- Proponer soluciones y medidas de control: Colectivas e individuales.  
*Colectivas:* Se analizarán las medidas de protección colectivas y el papel que el Equipo de Topografía desempeña en su correcto funcionamiento.  
*Individuales:* Se analizarán las distintas medidas de protección individual y su compatibilidad con las labores de un Equipo de Topografía.

La ley 31/1995 de 8 de Noviembre, denominada *Ley de Prevención de Riesgos Laborales*, establece el marco regulador de unas condiciones de trabajo que no provoquen daños a la salud pública. Se trata de una ley basada en la prevención, la responsabilidad y la participación.

Esta ley tiene su origen en el artículo 118.A del Acta Única Europea y se desarrolla en varias Directivas Comunitarias, de las cuales la más significativa es la número 89/391 que, trasladada a nuestra legislación, ha dado lugar a esta ley. En la misma se define como **Sistema de Prevención** el conjunto de actividades o medidas adoptadas, dada una serie de medios técnicos y humanos, en todas las fases de actividad de una obra, con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

El objetivo de un Sistema de Prevención es la absorción total de los riesgos que pueden provocar accidentes de trabajo, enfermedades profesionales, siniestros o cualquier otro tipo de daño significativo para la salud de los trabajadores.

Desde la publicación del R.D. 1627/97 sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, son muchos los trabajos y estudios llevados a cabo con el fin de establecer una correcta aplicación de esta ley de Prevención de Riesgos Laborales. Uno de los campos en los que se han desarrollado estos estudios es la CONSTRUCCIÓN. En él se ha analizado, comentado y aceptado por todas las partes implicadas en el proceso constructivo, la necesidad de poner en marcha un **Sistema de Prevención** durante la ejecución de las obras, así como del establecimiento de las responsabilidades que conlleva la omisión de la correcta aplicación de esta normativa.

## EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA TOPOGRAFÍA EN LA CONSTRUCCIÓN

El primer paso a la hora de establecer un Sistema de Prevención es la **Evaluación de Riesgos**, definida por el R.D. 39/97 de 17 de enero, que regula los Servicios de Prevención, como "... el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar

una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y en tal caso, sobre el tipo de medidas que debe adoptarse".

La evaluación de riesgos debe hacerse con una buena planificación y nunca debe entenderse como una imposición legal con resultados burocráticos, ya que no es un fin en sí misma, sino un medio para decidir si es preciso adoptar medidas preventivas y definir las en caso de serlo.

## La Acción Preventiva

El Objetivo último de la prevención, así como de los servicios que se instauran para llevar ésta a cabo, va a ser la absorción total de las causas o riesgos que provocan los accidentes de trabajo o enfermedades profesionales, siniestros, patologías, incidentes, fallos, averías, etc., mejorando así la calidad de vida de los trabajadores.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales recoge, en su artículo 15, los principios generales bajo los cuales el empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en la misma ley. Estos principios de gestión preventiva son los siguientes:

- Evitar los riesgos
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar
- Combatir los riesgos en su origen
- Adaptar el trabajo a la persona
- Tener en cuenta los avances técnicos
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro
- Planificar la prevención teniendo en cuenta la técnica, la organización del trabajo, las condiciones del trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

El proceso de **Evaluación de Riesgos** se compone de las siguientes etapas:

- **Análisis del Riesgo**, mediante el cual:
  - a) Se identifica el peligro
  - b) Se estima el riesgo, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro.

El Análisis del Riesgo determinará el orden de magnitud del riesgo.

- **Valoración del Riesgo**, con el cual, y comparándolo con el valor del riesgo considerado como tolerable, se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión.

Si de la evaluación del riesgo se deduce que éste no es tolerable, habrá que **Controlar el Riesgo**.

Al proceso conjunto de **Evaluación y Control del Riesgo** se le suele denominar **Gestión del riesgo**.

Dentro de la etapa de **Análisis del Riesgo**, el trabajo se puede clasificar en dos fases:

### – Condiciones de análisis

Si consideramos el trabajo como una actividad o una conducta que conlleva unas consecuencias concretas al ser ejecutada, las condiciones de trabajo matizarán de una manera capital tanto la propia conducta como los resultados que de ella se esperan, pero teniendo en cuenta que la implicación entre estas variables es evidente.

- a) Las condiciones de trabajo internas, relativas al sexo, la edad, las características antropométricas, la propia personalidad, etc., y las condiciones de trabajo externas, tanto las físicas o medioambientales, las organizativas y técnicas, las socioeconómicas o sistémicas y el propio entorno ecológico con incidencia significativa en las organizaciones.
- b) La actividad / conducta, esto es, la respuesta a esas condiciones de trabajo por el propio individuo, que podrán ser tanto físicas como mentales, teniendo en cuenta que ambas situaciones se efectuarán simultáneamente, aunque en función de la tarea, de una manera más predominante en lo mental o de una manera más predominante en lo físico.
- c) Las consecuencias, tanto para el trabajador como para el sistema. A este nivel se reflejarán la carga de trabajo, la fatiga, los accidentes, la satisfacción, la monotonía, las diversas manifestaciones de patologías no traumáticas, el confort, etc., que tendrán un reflejo en la cantidad de tarea, la calidad, la precisión, la rapidez, la implicación de los trabajadores en el trabajo, el absentismo, etc.

Tanto la tarea como la actividad son una espiral en la que una informa a la otra y viceversa, considerando la tarea como el conjunto de condiciones de trabajo que intervienen en la actividad.

### – El análisis

- a) De la tarea: Situación y contexto espacial, físico, etc.
- b) De la actividad.
- c) Efectos / consecuencias: Evaluación del rendimiento sobre el sistema y evaluación de la carga de trabajo del sistema sobre el trabajador.

Una vez identificados los riesgos laborales a los que se ve sometido el Equipo de Topografía en las distintas etapas, procederemos a analizar las condiciones de seguridad que se deberían presentar en el trabajo, con el fin de cumplir el mayor número de los principios antes mencionados. Estas condiciones de seguridad se clasifican en Medidas de Protección/Control Colectivas y Medidas de Protección/Control Individuales.

Podemos destacar, respecto a las protecciones colectivas, que el Equipo de Topografía, debido a su labor de replanteo, suele ser el primero en

presentarse en el tajo. En muchas ocasiones, cuando llegamos a ellos no se encuentran disponibles todas las protecciones colectivas necesarias para mantener ciertas garantías de seguridad e integridad. En estas ocasiones debe primar el buen juicio del Topógrafo, primer responsable de su seguridad y la de sus ayudantes, tal y como marca la exposición de motivos de la Ley de Prevención introduciendo el concepto de Seguridad Integrada, para proceder o no con su trabajo si no está convencido de la idoneidad de las condiciones de seguridad. Será el encargado entonces de alertar al coordinador de seguridad y salud para que éste tome las medidas oportunas. Son frecuentes las ocasiones en las que las prisas impuestas por los planes de ejecución generan una falta de percepción de las medidas de protección, llevándonos a cometer imprudencias que son causa de muchos accidentes.

### Protecciones Individuales

La Ley de Protección de Riesgos Laborales recoge, en su artículo 17 y en el R. D. 773 del 97 sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en el uso de los EPI, los apartados referentes a los Equipos de Trabajo y Medios de Protección. Concretamente, y en relación a los Equipos de Protección Individual (EPI), dice:

*“Los EPI deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva.”*

Cuando hablamos de un EPI, hacemos referencia a todo medio destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

El Equipo de Protección Individual se utilizará cuando el riesgo no pueda evitarse mediante medidas de protección colectiva o cuando, aún existiendo esas medidas, el riesgo se mantenga y la protección colectiva deba verse apoyada o reforzada por una protección personal adicional. Es de señalar la prioridad y preferencia de las medidas de protección colectiva frente a las individuales, lo cual se debe principalmente al hecho de que, mientras un medio de protección colectiva es implantado y dirigido por unos especialistas que se encargan de que cumpla su función de forma eficaz, los EPI se asignan a cada sujeto y, por tanto, la eficacia y el resultado satisfactorio del medio de protección queda supeditado a la voluntad de cada trabajador y al uso que éste haga de él.

Una vez determinada la necesidad de utilización de un Equipo de Protección Individual, han de seguirse una serie de pasos a fin de seleccionar el Equipo más adecuado:

- Decidir el grado de protección deseado
- Seleccionar un Equipo que resulte cómodo de utilizar, al tiempo que responda a las necesidades de seguridad. Así mismo, se intentará que su estética no sea desagradable, para que así el trabajador lo acepte más fácilmente.

Ya seleccionado el Equipo más adecuado, se procede a su implantación, fase en la que es vital la cooperación del trabajador, debiéndose concienciar al mismo de la necesidad de su uso, y proceder a informarle de las características y normas sobre su utilización.

Por último, los Equipos de Protección Individual han de cumplir ciertos requisitos, como son:

- No han de representar una molestia para el trabajador
- No deben producir una disminución del rendimiento en el trabajo
- No deben entrañar un riesgo por sí mismos.

Con carácter general y considerando las distintas fases de ejecución de las distintas obras, podemos esquematizar la Evaluación de Riesgos de la forma siguiente:

<b>ETAPAS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN</b>	
<b>A.-</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO</b>
<b>B.-</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TRABAJO</b>
a)	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS, EXPLANACIÓN Y FIRMES</b> <i>ANÁLISIS DE LOS RIESGOS:</i> • DESCRIPCIÓN DE TAREAS • IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS • ESTIMACIÓN DEL RIESGO: <i>PLAN DE CONTROL DE RIESGOS</i>
b)	<b>OBRAS SUBTERRÁNEAS:</b> <i>ANÁLISIS DE LOS RIESGOS:</i> • DESCRIPCIÓN DE TAREAS • IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS • ESTIMACIÓN DEL RIESGO: <i>PLAN DE CONTROL DE RIESGOS</i>
c)	<b>ESTRUCTURAS:</b> <i>ANÁLISIS DE LOS RIESGOS:</i> • DESCRIPCIÓN DE TAREAS • IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS • ESTIMACIÓN DEL RIESGO: <i>PLAN DE CONTROL DE RIESGOS</i>
d)	<b>FERROCARRILES</b> <i>ANÁLISIS DE LOS RIESGOS:</i> • DESCRIPCIÓN DE TAREAS • IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS • ESTIMACIÓN DEL RIESGO: <i>PLAN DE CONTROL DE RIESGOS</i>
<b>C.-</b>	<b>REVISIÓN DEL PLAN</b>
<b>D.-</b>	<b>MODELO DE FORMATO PARA LA EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS.</b>

## EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA TOPOGRAFÍA EN LA CONSTRUCCIÓN

### A - Análisis de las Condiciones de Trabajo Existentes o Previstas: Características generales de la construcción

Reducir al máximo las circunstancias o evitar los elementos que pueden engendrar peligro forma parte de la realidad más inmediata y de la preocupación de la Ingeniería Civil. Para algunos profesionales, alcanzar

el más alto nivel de seguridad pasa por contemplar este concepto de forma integral, incluyendo todos y cada uno de los procesos que intervienen en el diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras. Sin embargo, el factor humano, pieza esencial de todo este entramado, puede escapar al cumplimiento de unos cánones establecidos, poniendo en peligro su integridad y la de los demás.

La seguridad en las infraestructuras depende de la coordinación eficaz entre los distintos agentes implicados en ella y, por tanto, de una cultura comprometida en alcanzar un objetivo que es socialmente irrenunciable.

Además, existen una serie de características relevantes, propias de la construcción, que tienen incidencia en la prevención de riesgos laborales por las situaciones de riesgo que se dan en las obras. Entre ellas podemos destacar las siguientes:

- Las obras no tienen una duración limitada en el tiempo. En todos los proyectos se define un plazo de ejecución que determina cuándo se debe acabar la obra, lo cual condiciona las instalaciones y las posibilidades de disponibilidad de medios de todo tipo para acometer los trabajos. Muchas veces, los Equipos de Topografía se contratan para cada proyecto y pueden pasar solamente unas pocas semanas o meses en un proyecto determinado, estableciendo una y otra vez relaciones productivas y seguras con otros trabajadores a los que tal vez no conocen.
- En las obras participa un número de empresas alto, de diferentes especialidades y sectores, que normalmente son coincidentes en tiempo y espacio. Surgen así los problemas de coordinación de actividades, dando lugar a situaciones de riesgo inducidas de unas empresas sobre otras que si trabajasen solas no se producirían.
- En muchas de las obras de construcción se trabaja en el exterior, a la intemperie y sometidos a los agentes meteorológicos. Este es un factor que condiciona la actividad, ya que, en ocasiones, se puede llegar a la paralización de los trabajos por períodos de tiempo prolongados o a provocar paradas intermitentes que distorsionan el proceso constructivo.
- En la construcción cada vez son menores los tiempos previstos para ejecutar las obras, con lo que deben tenerse en cuenta muchos factores para evitar en lo posible accidentes, pues si se trabaja con prisas pueden descuidarse determinadas actitudes.
- Los Equipos de Topografía se encuentran expuestos en su trabajo en la construcción a una gran variedad de riesgos para la salud; la exposición a cualquier riesgo suele ser intermitente y de corta duración, pero es probable que se repita a lo largo del desempeño de las distintas tareas. Además, no sólo pueden encontrarse con los riesgos inherentes a su actividad, sino que también pueden exponerse, como observadores pasivos, a los riesgos generados por quienes trabajan en su proximidad o en su radio de influencia. La gravedad de cada riesgo depende de la concentración y duración de la exposición para un determinado trabajo.

El aumento del número de accidentes laborales en la construcción en los últimos tiempos es debido al considerable aumento de la capacidad de producción, aunque los motivos que originan los accidentes y el consiguiente aumento de la siniestralidad derivan de circunstancias muy diversas y combinaciones de distintos factores que concurren en el instante de producirse el accidente. Entre ellos podemos destacar:

- Deficiente Organización y Planificación
- Escasos medios materiales en materia de Seguridad y Salud
- Deficiente orden y limpieza
- Falta de cultura preventiva
- Escasa vigilancia de los elementos de protección y seguridad colectiva e individual
- Precaria formación del personal
- Exceso de confianza en la ejecución del trabajo
- Urgencia en la finalización de los trabajos
- Jornadas de trabajo prolongadas
- Características propias de cada actividad.

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios generales de prevención en materia de seguridad y salud deberán ser tomados en consideración por el proyectista en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra y en particular:

- a) Al tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que se desarrollarán simultánea o sucesivamente.
- b) Al estimar la duración requerida para el ejecución de los distintos trabajos o fases del trabajo.

Una vez comenzada la obra y durante el proceso de ejecución, es el **Coordinador de Seguridad y Salud** el responsable de desarrollar estas tareas sobre el plan de ejecución de la obra elaborado por el contratista, siempre con la supervisión y aprobación de la Dirección Facultativa.

En muchas ocasiones, características de las obras de construcción, tales como la climatología, variaciones en la previsión de fechas de recepción de materiales, etc., influyen en la necesidad de actualización del plan de ejecución de la obra casi a diario, con la consiguiente dificultad en la actualización paralela de los planteamientos de seguridad. Generalmente, en la búsqueda del origen de los accidentes se encuentran y se delimitan problemas o fallos de estructura de la empresa y de organización del trabajo que, vinculados con la seguridad, repercuten negativamente en la misma. Este tipo de fallos estructurales y organizativos deberían ser identificados especialmente por los responsables de los procesos productivos, ya que son ellos precisamente quienes tienen la oportunidad de actuar sobre los mismos. Para el correcto funcionamiento de todo el conjunto es necesario mantener una buena y eficiente comunicación entre los distintos responsables, tanto de ejecución (jefe de obra, jefe de producción, encargados, etc.) como de seguridad y salud.

Aunque no existe una definición universalmente aceptada, la **Seguridad Integrada** se puede presentar como una filosofía de la organización y desarrollo de la seguridad en la empresa, en virtud de la cual se considera:

- Que la seguridad es inseparable e intrínseca de los procedimientos de trabajo.
- Que como consecuencia de ello, las responsabilidades y funciones correspondientes a la seguridad se deben distribuir de forma directa en la línea de mando de la empresa, que es en definitiva la responsable de la organización y desarrollo del trabajo en la misma.

### **Principios para la integración de la seguridad en la empresa:**

- 1.- Las cuestiones de seguridad deben ser integradas en las actividades productivas de forma que no puedan ser separadas de estas últimas.
- 2.- Para llevar a cabo acciones preventivas, es esencial que la dirección de la empresa y sus diversos servicios puedan recurrir a los consejos y al asesoramiento de un servicio especializado a las órdenes de la dirección.
- 3.- Cada miembro en la línea jerárquica de la empresa tienen la obligación de llevar a cabo actividades de prevención dentro de la zona o área en la que es responsable.
- 4.- Todas las actividades de prevención deben ser coordinadas en el seno de un programa coherente, acompañado de informes periódicos para que su seguimiento permita una continua adaptación.
- 5.- Es conveniente que, en base a este programa, se requiera la participación de los representantes de los trabajadores, cuya colaboración en todos los campos de seguridad en el trabajo es imprescindible.
- 6.- Son de la mayor importancia las acciones formativas en materia de seguridad en todos los niveles jerárquicos de todo el personal de la empresa.

En la imprescindible labor de coordinación entre la ejecución de la obra y las tareas de prevención de riesgos laborales y vigilancia de la seguridad en las obras, los Equipos de Topografía juegan un papel importante, en el que la organización y comunicación con el responsable de seguridad y salud es la base para su correcto funcionamiento.

En la definición de Seguridad Integrada se indicaba que la seguridad es inseparable e intrínseca de los procedimientos de trabajo. Esto implica que para que un plan de seguridad funcione de forma correcta en una obra de construcción, es imprescindible conocer todos y cada uno de los procedimientos de trabajo. Antes de comenzar y durante su ejecución, se han de tener en cuenta una serie de factores que condicionan el proceso constructivo. El Equipo de Topografía juega un papel muy importante en la identificación y control de estos factores:

- **Obtención de Información sobre el terreno:** Ante la necesidad de llevar a cabo una obra o construcción, se obtendrá información real del terreno existente (curvas de nivel, nivel freático y tipo de terreno que se va a excavar a efecto de su trabajabilidad). Estos datos se obtienen, principalmente, de sondeos llevados a cabo en la zona y de la toma de datos de campo por parte del Equipo de Topografía para la correcta elaboración de los planos con curvas de nivel, así como la comprobación, mediante cotas puntales, del nivel freático de la zona. Durante la ejecución del vaciado será necesario controlar los posibles desplazamientos generados por los movimientos del terreno o posibles desprendimientos. Estos controles son llevados a cabo también por los Equipos de Topografía a partir de unos testigos localizados en las zonas de riesgo. Se dispondrá de puntos fijos de referencia en lugares que no puedan ser afectados por el vaciado, a los cuales se referirán todas las lecturas de cota y desplazamientos horizontales de los puntos del terreno y edificaciones próximas señalados. Las lecturas diarias de los desplazamientos referidos a estos puntos se anotarán en un estadillo para su control por la Dirección Técnica de Obra. Los movimientos a controlar serán los siguientes:
  - Movimientos verticales (asientos) en superficie, para lo cual se utilizarán hitos de nivelación.
  - Movimientos horizontales en superficie, que se controlan mediante taquimetría o cinta de convergencia entre hitos.

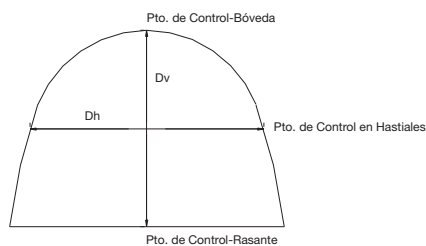


**Deslizamiento de una ladera sobre las pilas de un viaducto**

En el caso de que la excavación a realizar se trate de un **túnel o galería subterránea**, es necesario llevar a cabo un exhaustivo control de las deformaciones que pudiesen producirse en su interior, ya que del resultado de su análisis se pueden obtener datos fiables acerca de su seguridad ante un riesgo de derrumbamiento.

Para poder evaluar o medir estas deformaciones, se utiliza un tipo de instrumentación específica destinada a medir deformaciones verticales o laterales de la bóveda o de los hastiales de la galería, esté o no revestida ésta.

En el sector de las deformaciones o expansión donde se encuentra la galería aparecen unas tensiones que dan lugar al fenómeno denominado **Convergencia**. Para el control de estas deformaciones se materializan en distintos perfiles de la galería cuatro puntos de control bien definidos y enfrentados unos con otros según indica la figura:



Se denomina convergencia a la reducción del valor de las distancias vertical  $D_v$  o transversal  $D_h$  existentes entre unos puntos de control materializados por clavos localizados en la bóveda, rasante y hastiales.

El papel desempeñado por el Equipo de Topografía en esta importante labor de prevención consiste en la toma de datos, con el fin de obtener una serie de medidas que van permitir evaluar las deformaciones, constatar el comportamiento del terreno y determinar el tipo de sostenimiento necesario.

- **Información urbanística:** Identificación de servidumbres que puedan ser afectadas por el vaciado, como redes de servicio, elementos enterrados y situación y uso de las vías de comunicación. Para las instalaciones que puedan ser afectadas, se recabará de sus compañías la posición (electricidad, telefonía, saneamiento, abastecimiento, gas, etc.) y se identificarán claramente en el terreno, mediante el replanteo de un conjunto de estacas que indiquen su localización, dirección y profundidad, trabajo que se lleva a cabo por los Equipos de Topografía.

Cuando en las proximidades de trabajo nos encontremos con tendidos aéreos de líneas eléctricas, ante el riesgo de que la maquinaria en movimiento pueda llegar a tomar contacto con ellas o generar un arco eléctrico, se procederá por parte del Equipo de Topografía a la toma de datos necesarios para la determinación del punto más bajo de la catenaria, a fin de poder señalar los tendidos mediante barreras de protección. Estas barreras generalmente están compuestas por dos largueros colocados verticalmente, sólidamente anclados, unidos a la altura de paso máximo admisible por un larguero horizontal, a fin de evitar los riesgos de descarga y arco eléctrico.



- **Identificación y localización de edificios próximos:** En el momento de contratar una obra, la primera tarea a realizar consiste en elaborar un informe del estado de todos los edificios que pudieran ser afectados por la ejecución de la misma: determinación de la distancia, profundidad y tipo de cimentación y estructura de contención que pudiera ser afectado por el vaciado, excavación o túnel. Es indudable que en todo tipo de excavaciones se producen unos cambios en el terreno, cuyas manifestaciones son altibajos en el nivel freático, pequeños movimientos al exterior con afectación a los edificios, socavones, rotura de algún servicio, etc.

Para tener conocimiento continuo de cuál es la situación real, se diseñan unos Planes de Instrumentación y Control cuyo objetivo principal es el seguimiento de los movimientos producidos por la obras en el terreno y en las edificaciones del entorno cuando, a pesar de adoptar las medidas de protección adecuadas sobre las edificaciones, se produzcan fisuras o alteraciones a causa del vaciado. Será entonces necesario instalar testigos o clavos de control que permitan identificar los movimientos generados sobre ellas en cortos periodos de tiempo. Una vez alcanzada la cota inferior del vaciado, se hará una revisión general de las edificaciones colindantes o medianeras para observar las lesiones que hayan surgido, tomando las medidas oportunas. Estas tareas también son llevadas a cabo por los Equipos de Topografía mediante sistemas de control e instrumentos de precisión.

## B - Análisis del Procedimiento de Trabajo: Clasificación de las Actividades de Trabajo

La técnica más utilizada en la actualidad para la identificación, análisis y evaluación de los riesgos de accidente, de enfermedad profesional, siniestros, patologías, etc., que puedan ocasionar pérdidas de cualquier tipo son:

- El análisis de los puestos de trabajo
- Los procedimientos de operación.

El **Análisis del Trabajo** es una técnica que consiste es descomponer el trabajo en fases, evaluar y estudiar cada una de estas fases, con el obje-

to de identificar los peligros y disfunciones, y adoptar, posteriormente, las medidas de control necesarias. La realización del análisis del trabajo es una actividad previa a la confección del **Procedimiento de Operación**, ya que permite conocer con detalle la tarea y sus peligros antes de establecer el procedimiento seguro.

La descomposición del trabajo en fases se efectúa con la intención de incluir en el estudio aquellas en las que es previsible que puedan producirse los accidentes. El análisis abarcará todas aquellas pérdidas que puedan afectar a la seguridad, higiene, calidad y producción. Debe hacerse un estudio en el que se considere el personal implicado en cada fase, el Equipo necesario, el material empleado y el ambiente de trabajo que hay en la organización.

## **EXCAVACIONES Y MOVIMIENTOS DE TIERRAS, EXPLANACIÓN Y FIRMES**

Antes de cualquier inicio de obra, existe una fase inicial en la que se encuentran implicados los Equipos de Topografía de una forma casi exclusiva. Esta fase consiste en la toma de datos iniciales del terreno natural y en el replanteo de un conjunto de estacas representativas de los límites de expropiación asignados a la obra. El conjunto de operaciones necesarias para el desempeño de esta tarea será más complicado cuanto mayor sea la infraestructura a ejecutar. La finalidad de esta fase es la de comprobar que el terreno natural, definido en el proyecto de ejecución, se corresponde de forma real con el terreno existente y conlleva un conjunto de tareas tales como la comprobación de la poligonal base del proyecto, el establecimiento de bases auxiliares y la toma de datos, tanto de los perfiles transversales, en caso de obras lineales, como de la elaboración de distintos levantamientos taquimétricos del terreno.

La fase de excavación y vaciado es la primera que se suele realizar una vez comenzada la ejecución de la obra. Es una fase con abundante empleo de medios mecánicos y en la que se actúa fundamentalmente con un material poco conocido: el terreno. En los proyectos de obras promovidas por la Administración Pública figura el estudio geotécnico del terreno, que es trasladado a los Planes de Seguridad.

Las excavaciones en zonas urbanas presentan una serie de peculiaridades que las diferencian de las excavaciones y movimientos de tierras en general, ya que el escaso suelo disponible en las ciudades hace que la construcción se haga también en profundidad, aprovechando al máximo el solar disponible. A todo esto se suma el hecho de que el ámbito de actuación se encuentra rodeado de edificaciones o viales adyacentes que influyen de forma decisiva en los problemas de seguridad.

La labor del Equipo de Topografía en esta fase de construcción, es la del replanteo del inicio y avance de los movimientos de tierras y explanación.

### **Tareas a Desarrollar:**

- Replanteo y control de expropiaciones, toma de datos iniciales del terreno, etc.
- Replanteo y control de la cabeza o inicio de talud en el caso de desmonte.
- Replanteo y control del inicio o pie de talud en el caso de terraplén.
- Replanteo y control de la alineación de la zanja en el caso de conducciones.
- Replanteo y control secuencial de taludes según avanza el proceso de explanación.
- Toma de datos para la determinación de la medición mensual correspondiente a los movimientos de tierras: cubicación de metros cúbicos de desmonte y terraplén.
- Toma de datos variable relativa a la medición de diferentes elementos de la obra, siendo objeto final de la misma la certificación mensual de la obra.
- Replanteo y control final de rasantes y sub-rasantes. Marcaje de final de cota para refinados, balastro, firmes etc., según sea la obra.

### **Análisis de los Riesgos**

Los riesgos de los Equipos de Topografía en esta fase se pueden clasificar en:

- Riesgos relacionados con las condiciones de Seguridad
- Riesgos relacionados con la Higiene
- Riesgos Psíquicos y Sociales

### **Riesgos relacionados con las condiciones de Seguridad:**

I.- *Atropellos:*

- a) Uno de los lugares escogidos con más frecuencia por el Equipo de Topografía para el establecimiento de las bases de replanteo suele ser el borde o arcén de carreteras ya existentes, debido a la probabilidad de mantenimiento de las señales en los mismos. Cabe destacar en estos casos la necesidad de la existencia de señalización e identificación del Equipo de Topografía a la hora de establecerse en ellos, con el fin de evitar atropellos y reducir en lo posible los efectos consecuentes del paso de vehículos en las cercanías (corrientes de aire, ruido, etc.).
- b) En los sucesivos replanteos que se llevan a cabo a medida que avanza la explanación, es frecuente encontrarse rodeado de una serie de maquinaria encargada de llevar a cabo las tareas de desmonte y terraplén. Esto implica un claro riesgo de atropello al que se ven sometidos, con mayor frecuencia, los ayudantes del topógrafo, ya que éste suele estacionarse fuera del radio de acción de la maquinaria.

GRUPO EMPRESARIAL

**land**  
www.inland.es

# Nueva Serie 130R/R3

ance: con prisma 5.000 m, sin prisma 350 m • Función de luz guía para replanteo • Memoria ilimitada • Teclado alfanumérico • Durabilidad excepcional



**Isidoro Sánchez, S.A.**

[www.isidoro-sanchez.com](http://www.isidoro-sanchez.com)

DISTRIBUIDOR DE:

**SOKKIA**

**Nueva Sede:** AV. DE LA INDUSTRIA, 35. 28760 TRES CANTOS (MADR)  
APARTADO DE CORREOS 63 • TEL: 902 103 930 • FAX: 902 152 79



**Topógrafo imprudentemente estacionado en el borde de una carretera**

- c) Los replanteos llevados a cabo en la fase final de explanación suelen ser los correspondientes a los refinados de tierras y replanteo del firme, para los cuales el topógrafo suele estacionar en zonas próximas o sobre la misma explanada y dentro del radio de acción de un gran número de maquinaria, tales como motoniveladoras, pisones, camiones, etc.



**Equipo de Topografía replanteando en la fase final de la explanación**

## 2.- Golpes y cortes:

En la fase final de refinado, la nivelación del terreno se lleva a cabo a partir del replanteo de una serie de estacas sobre un terreno generalmente duro, ya que ha sido pisado por maquinaria pesada. Esto implica que el ayudante de topografía se ve en la necesidad de clavar las estacas en el terreno ayudado por picas de acero y una maza, con el consiguiente riesgo de machacarse la mano. Por último, para dejar la cabeza de la estaca a la cota deseada, el ayudante de topografía se ayuda de una sierra, apareciendo un nuevo riesgo de corte.

Los riesgos más frecuentes con los que nos encontramos cuando trabajamos con herramientas manuales consisten, sobre todo, en golpes y cortes en las manos u otras partes del cuerpo, lesiones oculares por proyecciones y esguinces por gestos violentos, siendo las principales causas:

- Inadecuada utilización de las herramientas
- Utilización de herramientas defectuosas o de baja calidad
- Mantenimiento incorrecto
- Almacenamiento y transporte deficiente.

Al iniciar la tarea se debe escoger siempre la herramienta apropiada y revisar que esté en buen estado. El adiestramiento de los trabajadores por parte de los mandos intermedios en el uso correcto de las herramientas es fundamental. Además, entre otras cosas, deberían tomarse las siguientes precauciones:

- Elegir la herramienta idónea al trabajo que se vaya a realizar; considerando la forma, el peso y las dimensiones adecuadas desde el punto de vista ergonómico
- Las herramientas no deben utilizarse para fines distintos de los previstos, ni deben sobrepasarse las prestaciones para las que están diseñadas
- Comprobar que los mangos no estén astillados o rajados y que estén perfectamente acoplados y sólidamente fijados a la herramienta
- Cuidar que las herramientas de corte y de bordes filosos estén perfectamente afiladas
- Vigilar el estado del dentado en las sierras
- Revisar periódicamente el estado de las herramientas
- Enviar a reparar las que estén defectuosas y, si es posible, desecharlas
- Nunca deben hacerse reparaciones provisionales que puedan comportar riesgos en el trabajo
- Las reparaciones deben hacerse, siempre que sea preciso, por personal especializado.

No olvidemos que el primer responsable de la seguridad del ayudante es el topógrafo, el cual ha de preocuparse de que cumpla en lo posible las consideraciones anteriores.

## 3.- Desprendimientos:

Cuando se inicia una excavación, se está rompiendo un equilibrio que existe en un sistema, a veces muy complejo, de fuerzas y tensiones. La experiencia nos enseña que el terreno tiende siempre a restablecer este equilibrio. En algunos casos lo hace de inmediato (caso de la arena) y en otros es más lento y puede durar horas, días, meses e incluso años. La descompresión del terreno producida por el vaciado origina movimientos en terrenos contiguos, por tanto, los edificios y construcciones colindantes han de ser protegidos efectuando el vaciado por el procedimiento más adecuado.

Los Equipos de Topografía, al igual que el resto de los operarios encargados de llevar a cabo la explanación, están expuestos a los distintos riesgos de desprendimientos existentes en esta fase de la obra.

## 4.- Caídas a Distinto nivel:

Uno de los principales objetivos a la hora de escoger la ubicación de las distintas bases de Topografía, desde las cuales proceder a los

sucesivos replanteos de la obra, es la de divisar la mayor porción de terreno posible, a fin de evitar un mayor número de estacionamientos. Esto lleva en ocasiones al topógrafo a establecer dichas bases en sitios de difícil acceso y en los que se presentan una serie de peligros que, o bien pasan inadvertidos al topógrafo o bien prescinde de tener en cuenta para ahorrar tiempo y esfuerzo. Uno de los principales peligros que se suelen presentar en estos casos son las caídas a distinto nivel. Son muchas la veces en las que, aun advertido el peligro en el momento del establecimiento de la base, no se considera de mayor importancia, no teniendo en cuenta que la combinación de circunstancias, como pueden ser el viento o la lluvia, aumentan de forma considerable el riesgo.



**Topógrafo estacionado muy al borde de un talud**

5.- Accidentes in itinere:

Debido a las propias características del sector de la construcción, es frecuente que el domicilio habitual esté alejado de la obra, puesto que las obras están donde están y van cambiando de emplazamiento a medida que se acaban y empiezan otras nuevas. Esto lleva consigo un riesgo de accidente de tráfico proporcional al tiempo de traslado, las condiciones de las vías de circulación y el cansancio del trabajador debido al horario de trabajo y las horas extraordinarias realizadas.

6.- Accidentes por Fuerza Mayor:

Sobre todo en la fase de toma de datos inicial, antes de la ejecución de la obra, es frecuente encontrarse con dificultades en el acceso a las distintas partes que conformarán la obra. En ocasiones, es preciso acceder a estos lugares a pie, dejando el vehículo de transporte a una considerable distancia. No son pocas las ocasiones en las que el Equipo de Topografía se ve sorprendido por los repentinos cambios climáticos que se presentan en las distintas épocas del año. Una de las consecuencias más importantes de estos cambios es la aparición de tormentas de forma imprevista por el Equipo, debido en la mayoría de los casos a no haber consultado el parte meteorológico

con la suficiente antelación. Los rayos que acompañan a las tormentas pueden causar paros cardíacos, pero también pueden dejar quemaduras, daños en el sistema nervioso y otros problemas de salud. Este riesgo de caída de rayos en zonas sobre todo de carácter rural, se ve incrementado por la presencia en el Equipo de la instrumentación topográfica, tal como estación total, jalones, prismas, etc., que son un buen reclamo en zonas donde no existen otros elementos de atracción.

**Riesgos relacionados con la Higiene:**

*Riesgos Biológicos:*

Tanto los replanteos iniciales de los movimientos de tierras y explanación, como la toma de los datos iniciales del terreno natural, replanteo de expropiaciones y demás tareas a desempeñar con carácter inicial antes del comienzo de una obra, se desarrollan mayormente en terrenos denominados "vírgenes", es decir, que nos podemos encontrar mayormente terrenos calificados como monte bajo, bosques, fincas particulares cerradas, arroyos y toda una serie de elementos naturales.

- a) *Microorganismos:* Los riesgos a los que mayormente se expone el Equipo de Topografía en estos casos corresponden a aquellos que se presentan por exposición a microorganismos infecciosos y a sustancias tóxicas de origen biológico. Las sustancias tóxicas de origen vegetal provienen de la hiedra venenosa, arbustos venenosos, ortigas venenosas, etc., que causan sarpullidos en la piel.
- b) *Ataques de animales:* Los ataques por animales se pueden producir cuando el Equipo de Topografía molesta o invade su hábitat natural, tal es el caso de avispas, abejorros, hormigas rojas, culebras, garrapatas, etc., que nos podemos encontrar muy fácilmente cuando trabajamos en zonas de monte bajo y bosques abandonados. El ataque por animales tales como perros, vacas, toros, etc., puede producirse cuando estamos trabajando en las cercanías o el interior de fincas particulares, donde es frecuente encontrar perros o ganado suelto.



**Base de Topografía localizada en un terreno "virgen"**

Aunque es menos frecuente, podemos también encontrarnos con estos tipos de riesgos una vez comenzada la obra, cosa que suele ocurrir cuando localizamos bases de replanteo fuera del área de trabajo y en zonas pertenecientes a un entorno que podemos calificar de rural.

### Riesgos Físicos:

#### 1.- Exposición a condiciones ambientales externas:

Son muchas las ocasiones en las el Equipo de Topografía se ve expuesto a una climatología adversa. En las obras de construcción, sobre todo a gran escala, uno de los elementos más comunes en la mayoría de los tajos es la falta de tiempo y el trabajo a destajo. Las continuas modificaciones del plan de obra en función de las necesidades implican una total falta de previsión, lo cual repercute directamente en los Equipos de Topografía, ya que son éstos los encargados de replantear las directrices a seguir por la maquinaria en la práctica totalidad de los tajos. Esto quiere decir que una vez decididas las pautas más convenientes a seguir en una determinada ejecución, el primero que se debe de presentar en el tajo correspondiente es el Equipo de Topografía, para replantear lo más rápidamente posible y sea cual sea la climatología en ese momento. Esto significa que el Equipo se ve expuesto a lluvia, viento, altas y bajas temperaturas e incluso nieve, granizo o niebla.

#### 2.- Ruido:

De nuevo en la fase de la explanación, cabe indicar un riesgo de carácter físico. El estar rodeado de un cierto número de maquinaria pesada implica estar sometido al ruido que se desprende de sus movimientos y actividades: Ruido de los motores, ruido de perforaciones en el caso de presencia de rocas, ruido de las excavadoras y entendedoras, etc.

### Riesgos Químicos:

#### 1.- Inhalación de polvo:

Del mismo modo que definimos la exposición del Equipo de Topografía al ruido, podemos mencionar la exposición del Equipo al polvo desprendido por el propio movimiento de las tierras y el extendido de los materiales que conforman la última fase de refinado.

#### 2.- Inhalación de vapores tóxicos:

Las mezclas asfálticas para la construcción de carreteras se preparan calentando y secando las mezclas de árido machacado clasificado, arena y material de relleno, mezclándolas a continuación con un betún de penetración, proceso que se ejecuta en caliente.

Los Equipos de Topografía encargados del replanteo y control de las distintas capas de aglomerado se ven expuestos con frecuencia a la inhalación de los gases tóxicos desprendidos de estas mezclas, así



**Equipo de Topografía replanteando el paquete de firmes**

como a la posibilidad de un contacto directo, al tener que señalar los puntos en zonas donde la extensión del asfalto aún es reciente y clavar las piquetas que determinarán la cota final de la rasante. El manejo del asfalto caliente puede causar graves quemaduras, debido a que es pegajoso y no se quita fácilmente de la piel. Desde el punto de vista toxicológico, se puede producir una irritación de la piel y de los ojos por los humos del asfalto caliente. Estos humos pueden causar dermatitis y lesiones parecidas al acné, así como queratosis ligera en caso de exposiciones repetidas y prolongadas.

### Riesgos Psíquicos y Sociales:

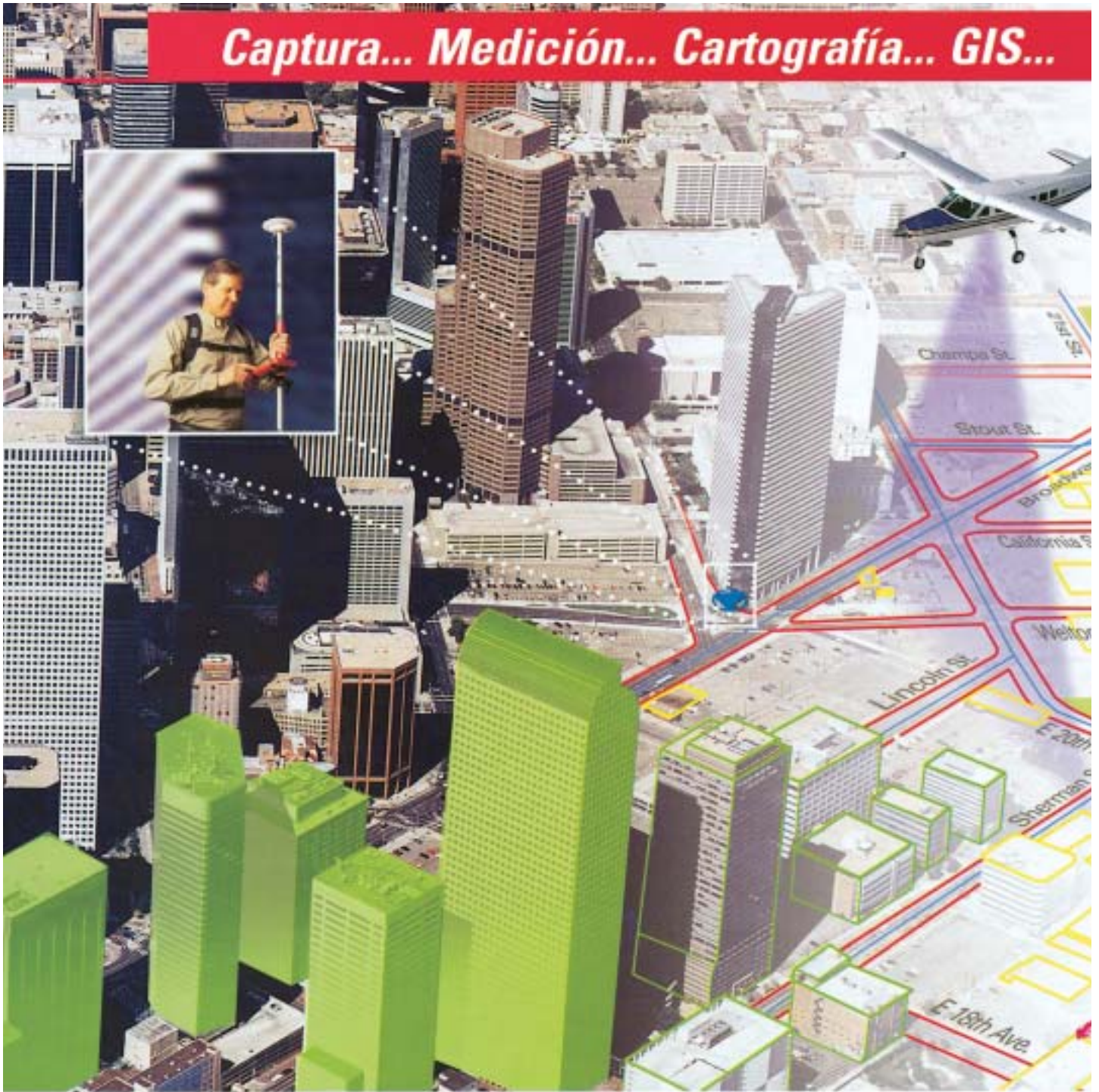
Los riesgos sociales provienen de la organización social del sector. La ocupación en las obras de construcción es intermitente y cambia constantemente, siendo el control sobre muchos aspectos del empleo limitado, ya que la actividad de la construcción depende de muchos factores sobre los cuales los trabajadores no tienen control, tales como el estado de la economía o el clima. A causa de los mismos, los Equipos de Topografía pueden sufrir una intensa presión para ser más productivos. Debido a que la mano de obra cambia continuamente, y con ella los horarios y la ubicación de los trabajos, y también porque muchos proyectos exigen vivir en zonas lejos del hogar y de la familia, los Equipos de Topografía, así como el resto de los trabajadores de la construcción, pueden carecer de redes estables y fiables que les proporcionen apoyo social.

### Plan de Control de Riesgos

#### Protecciones Colectivas:

- Cuando sea obligado el tráfico por zonas de trabajo de personal, éstas se delimitarán convenientemente, indicándose los distintos peligros con las correspondientes señales de limitación de velocidad, maquinaria pesada en movimiento, desprendimientos, caídas a distinto nivel, etc.

**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 Díaz Porlier, 18. 28001 Madrid. Tel.: 915 766 579. Fax: 915 764 408. [www.gis.leica-geosystems.com](http://www.gis.leica-geosystems.com)



**ERDAS**  
geographic imaging made simple™

**LH Systems**



**Leica**  
Geosystems

- Los movimientos de vehículos y máquinas serán regulados, si fuese preciso, por personal auxiliar; que ayudará a conductores y maquinistas en la correcta ejecución de maniobras.
- Se acotará la zona de acción de cada máquina en su tajo. Siempre que un vehículo o máquina parada inicie un movimiento imprevisto, lo anunciará con una señal acústica. Cuando se circule marcha atrás o el conductor esté falto de visibilidad, estará auxiliado por otro operario en el exterior de vehículo. Se extremarán estas precauciones cuando el vehículo o máquina cambie de tajo y se entrecrucen itinerarios.
- Se regarán con la frecuencia precisa las áreas en las que los trabajos puedan producir polvaredas. Se señalarán oportunamente los accesos y recorridos de los vehículos.
- Se señalarán aquellas zonas que representen un peligro por su diferencia de nivel.

### Protecciones Individuales:

Haciendo referencia a los riesgos más frecuentes sufridos por el Equipo de Topografía en esta fase y cuando para evitarlos no sean suficientes las medidas colectivas adoptadas, se procederá a la implantación de los Equipos de Protección Individual.

- a) *Atropellos con maquinaria:* Para evitar que este riesgo se transforme en un accidente laboral, el Equipo de Topografía debería de hacer uso de trajes o chalecos reflectantes, con el fin de ser fácilmente identificados por los conductores de la maquinaria y evitar así ser atropellados por la misma.
- b) *Caídas a distinto nivel:* Las protecciones más adecuadas a utilizar en estos casos son el calzado antideslizante, zapatos o botas de seguridad con la puntera y empeine reforzado.
- c) *Inhalación de polvo:* Se suelen emplear mascarillas y gafas de montura normal y protección lateral. Sin embargo, cabe destacar que en el caso del Equipo de Topografía la presencia de mascarilla dificulta el empleo habitual y necesario de emisora en la comunicación entre ayudantes y topógrafo.
- d) *Ruido:* Se suelen emplear para evitar este riesgo orejeras y tapones auditivos, diseñados para ser ajustados en la parte externa del conducto auditivo. Del mismo modo que las mascarillas, este equipo representaría una molestia para los componentes del Equipo de Topografía ante la dificultad de comunicación entre ellos.
- e) *Golpes y Cortes:* Para estos casos se emplean guantes, manoplas y dediles de cuero, para evitar rozaduras y cortes.
- f) *Desprendimientos:* En el caso de peligro por desprendimientos, y como medida más general de protección en las obras de construcción, se utilizan los cascos de protección. Cabe señalar en este caso la falta de atención demostrada hacia los Técnicos Topógrafos a la hora de diseñar este tipo de Equipo de Protección Individual, ya que la presencia de visera en los cascos de protección dificulta la observación del Topógrafo a través del objetivo del aparato.
- g) *Exposición a temperaturas extremas:* Dependiendo de las condiciones atmosféricas existentes en cada momento, se utilizarán unos u otros Equipos:
  - Gorros: Se utilizarán normalmente en ambientes fríos.
  - Capuchas impermeables: Se utilizarán para trabajos en ambientes con agua y humedad.
  - Botas altas de goma: Ante la presencia de agua y humedad.
  - Cremas protectoras: Productos que crean una barrera de protección entre la piel y el ambiente exterior.
  - Ropa de trabajo isotérmica: Su finalidad es proteger de las bajas temperaturas.
  - Trajes impermeables: Se emplean en trabajos que se desarrollan en condiciones de humedad y agua. ■



# TopCart 2004

**TOP  
CART**

**VIII**

**Congreso Nacional de  
Topografía y Cartografía**

**19 a 22 de octubre de 2004**



La Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía está organizando el **VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, TOP-CART 2004**, que se celebrará en el Palacio de Congresos de Madrid (Paseo de la Castellana, 99) **del 19 al 22 de octubre** de este año.

Dicho Congreso constará de un ciclo de conferencias técnicas, de una exposición tecnológica-comercial, en la que las diversas firmas comerciales del sector presentarán las últimas novedades aparecidas en el mercado, y de mesas redondas sobre temas profesionales de actualidad.

Tanto la exposición tecnológica-comercial como el ciclo de conferencias son las bases fundamentales del **TOP-CART 2004**, pues mediante ellas los profesionales de la Topografía, la Cartografía y ciencias y técnicas afines, tienen la oportunidad de informarse de hacia dónde se encaminan nuestras profesiones así como intercambiar opiniones en las mesas redondas.

La organización del **TOP-CART 2004** ha sido encomendada a un **Comité Organizador**, que está constituido por:

- D. Pedro Alcázar Tejedor – Presidente del Congreso, responsable de Relaciones Institucionales
- D. Ángel Luis Olmos Sánchez – Gestión económica
- D. Juan Pablo Colmenarejo Fernández – Diseño e imagen
- D. Guillermo Junquera Gala – Logística
- D. Carlos Barrueso Gómez – Relaciones con empresas
- D. José Antonio Sánchez Sobrino – Coordinador del Comité Técnico
- D. Luis Miguel Martín Ruiz – Inscripciones
- D. Javier Peñafiel de Pedro – Relaciones públicas
- Dña. María Eugenia Pérez Román – Secretaria del Comité Organizador del TOP-CART 2004

También se ha constituido un **Comité Técnico**, encargado de la selección de las conferencias y presentaciones, del que forman parte:

- Dña. Mercedes Farjas Abadía
- D. Francisco Javier González Matesanz
- D. Antonio María Luján Díaz
- D. Javier Peñafiel de Pedro
- D. Benjamín Piña Patón
- D. Mario Ruiz Morales
- D. José Antonio Sánchez Sobrino

En la página web [www.top-cart.com](http://www.top-cart.com) se puede consultar toda la información relativa al **TOP-CART 2004**, no obstante, el Comité Organizador está a disposición de todas aquellas personas que soliciten cualquier aclaración o ampliación de dicha información sobre la celebración del Congreso, en la siguiente dirección:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía

**TOP-CART 2004**  
C/ Reina Victoria, 66, 2º C  
28003 Madrid  
Telf. 91 553 89 65 – Fax. 91 533 46 32  
E-mail.- [organización@top-cart.com](mailto:organización@top-cart.com)

Esperamos contar con su participación en el **VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, TOP-CART 2004**.

## PRESENTACIÓN DE COMUNICACIONES

Los profesionales podrán presentar comunicaciones relacionadas con cualquier disciplina temática de forma oral.

### **Temas propuestos**

Se pretende conseguir, dentro del marco de las Conferencias, la presentación de artículos atractivos y novedosos, haciendo especial énfasis en aquellos que introduzcan nuevas técnicas y retos para el colectivo de los profesionales de la Cartografía y ciencias afines.

- **SIG.-** Aplicaciones, Herramientas, Publicación en web
- **Topografía.-** Innovaciones técnicas e instrumentales, GPS, Ingeniería Civil, Control de deformaciones.
- **Geodesia y Geofísica.-** Redes geodésicas, Técnicas Espaciales (GPS, GLONASS, GALILEO...), Gravimetría, Sismología.
- **Fotogrametría.-** Fotogrametría Digital, Producción, Instrumentación, Sensores
- **Cartografía.-** Infraestructuras de datos, Normalización, MDT, Publicación web, Series cartográficas, Temática, Catastro.
- **Teledetección.-** Aplicaciones en cartografía y medio ambiente, sensores espaciales, producción cartográfica.
- **Sistemas de Posicionamiento y Navegación**

### **Normas de presentación de comunicaciones orales**

La forma de exposición será libre, pudiendo utilizarse material gráfico y fotográfico que complemente al publicado. Para la presentación de las comunicaciones se dispondrá de pantalla informática, proyector de transparencias y proyector de diapositivas, siendo el tiempo máximo de exposición de 20 minutos, quedando otros 5 minutos para responder a posibles preguntas.

La extensión de la Comunicación escrita será libre, en formato de papel DIN A4, y se ajustará a las normas descritas en el modelo de la página 58. El formato informático será Office 2000/XP.

La selección de comunicaciones será realizada por el Comité Técnico, que comunicará los resultados a los interesados. Los trabajos no seleccionados serán devueltos a los autores y, salvo instrucciones en contra, podrán ser publicados en el CD de Comunicaciones. El Comité Organizador se considerará con autorización para reproducir las comunicaciones seleccionadas en aquellos medios que considere convenientes, a menos que el autor manifieste lo contrario.

Las comunicaciones, en soporte informático, podrán enviarse por e-mail a la dirección [comite-tecnico@top-cart.com](mailto:comite-tecnico@top-cart.com) o por correo; en ambos casos deberá remitirse una impresión en papel por correo ordinario antes del 5 de septiembre de 2004 a la siguiente dirección:

### **Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía**

Comité Técnico TOP-CART 2004

Avda. de Reina Victoria, 66, 2º C

28003 Madrid



## MODELO DE PRESENTACIÓN DE COMUNICACIONES

### Primer Autor<sup>(1)</sup> y Segundo Autor<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Politécnica de Madrid, primero@upm.es

<sup>(2)</sup> Geomaps S.A., segundo@geo.es

### **RESUMEN**

*Aquí irá el resumen de la ponencia, en Times New Roman 11 en cursiva, y con 1 centímetro de sangría izquierda respecto al cuerpo principal. Unas breves palabras serán suficientes para identificar el contenido global del artículo, no excediendo de 10 líneas. Los artículos pueden ser enviados por e-mail (comite-tecnico@top-cart.com) o en disquete, aunque en ambos casos enviando una copia en papel a la dirección del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía (Avda. de Reina Victoria, 66, 2º C - 28003 Madrid), antes del 5 de septiembre de 2004, en formato Word/2000).*

### 1. INTRODUCCIÓN

La extensión del artículo será libre, aunque el tiempo de exposición del mismo será de 20 minutos, pudiendo utilizarse material gráfico y fotográfico que complementa al publicado. Para la presentación oral se dispondrá de pantalla informática y proyector de transparencias.

### 2. CONTENIDO

La fuente que se ha de utilizar es Times New Roman 10 con interlineado sencillo, con márgenes izquierdo y derecho de 2 cm. y superior e inferior de 2,5 cm. El título irá con una fuente de 14 pt subrayado y en negrita, los autores con fuente de 12 pt negrita, con las empresas u organismos inmediatamente debajo con fuente 12 pt. Es conveniente (aunque no obligatorio), indicar e-mail o dirección, lo cual puede facilitar en el futuro contactos entre profesionales.

### 3. TABLAS Y GRÁFICOS

El formato de las tablas o gráficos es libre, pudiendo ocupar parte de la página (en este caso siempre se han de alinear a la derecha) o toda la sección. En cualquier caso es conveniente numerar las tablas o figuras que se presenten en el artículo, con una leyenda, en Times New Roman 9 y la palabra “Figura x” en cursiva, haciendo referencia a ellas en el artículo.

Los agradecimientos, referencias bibliográficas, etc, se deberán situar al final del artículo, fuente Times New Roman 8, y deberán contener toda la información editorial necesaria para su localización.

La selección de comunicaciones se realizará por el Comité Técnico, siendo publicados los trabajos en el libro de Comunicaciones que será entregado al comienzo del Congreso.

### 4. CONCLUSIONES

Desde el Comité Organizador se quiere animar a todos los profesionales de la Cartografía y Topografía a su participación como ponentes de sus propias experiencias y proyectos.

### 5. REFERENCIAS

Autor I (2000): “La Cartografía en siglo XXI”. VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, pág. 34-40.

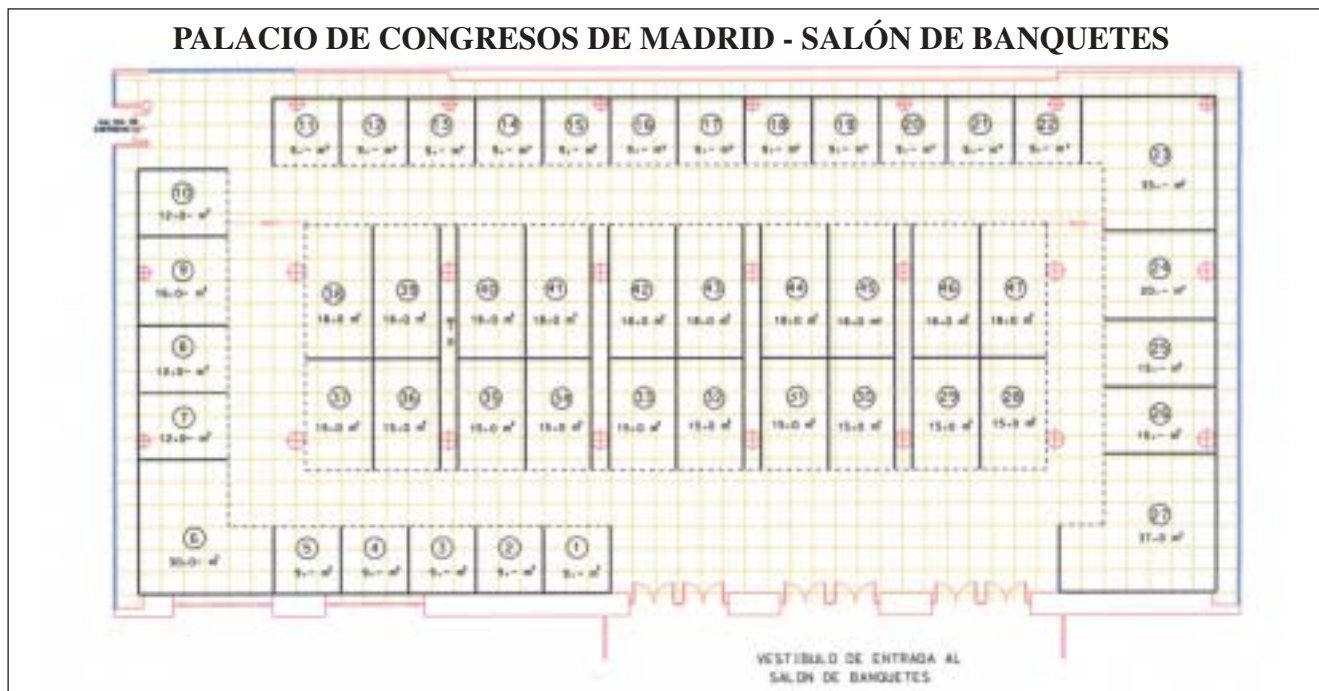
Autor II (1999): “TOPCART 2000”. Revista Topografía y Cartografía, nº X. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.



Figura 1.- Anagrama del TOPCART 2004

## EXPOSICIÓN TECNOLÓGICA-COMERCIAL

La exposición tecnológica-comercial se desarrollará en el Palacio de Congresos de Madrid (Paseo de la Castellana, 99), donde se dispondrá, en principio, de 49 stands con la siguiente distribución:

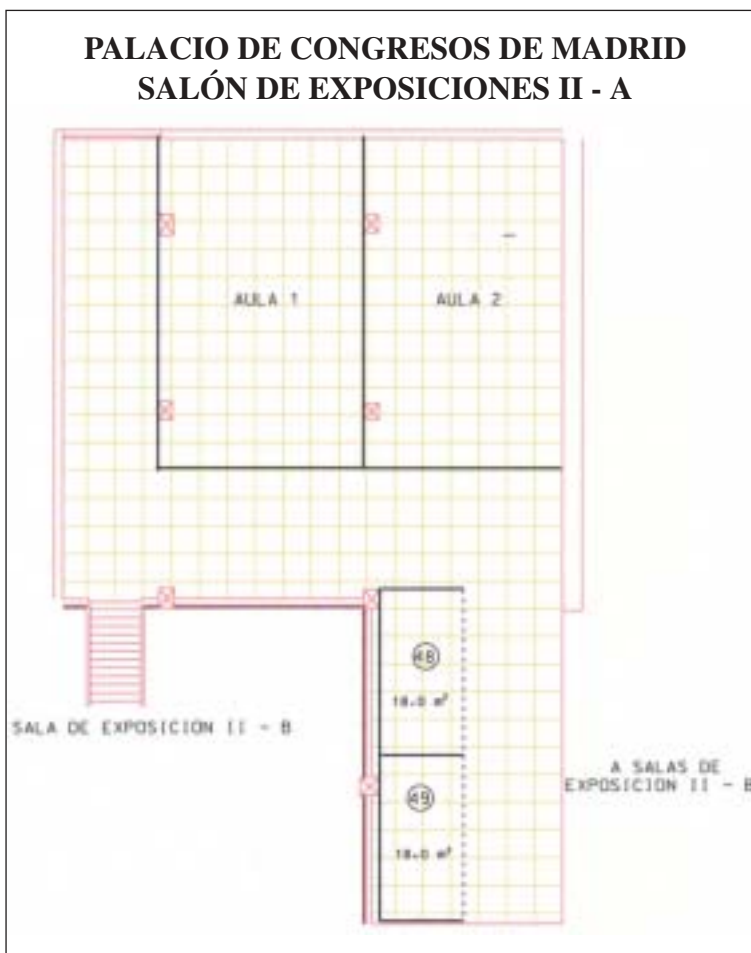


El precio es de 240,00 € /m<sup>2</sup> (IVA no incluido). La forma de pago será de un 30 % a la confirmación de la reserva y el 70 % restante a la contratación.

Dentro de dicho precio se haya incluido:

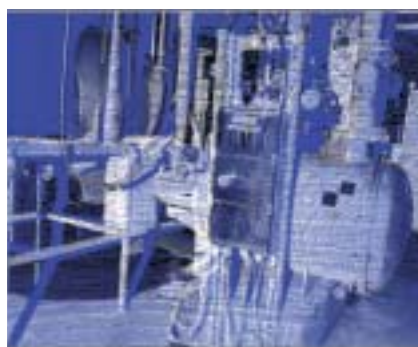
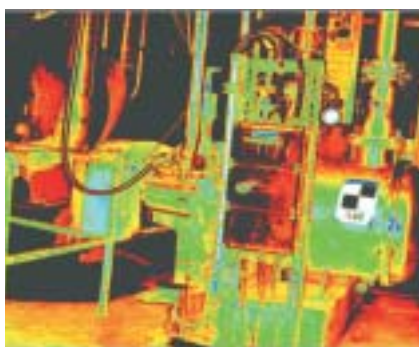
- Montaje y desmontaje del stand por parte de la empresa Marva
- Presentación de productos y novedades en las Aulas de Conferencias e intercaladas entre éstas, previo aviso y con una duración máxima de 20 minutos cada una.
- Inclusión de folletos publicitarios en la documentación proporcionada a los Congresistas
- Dos invitaciones, por empresa expositora, para la Cena de Clausura

Toda la información relativa a la contratación de stands se encuentra disponible en la página web [www.top-cart.com](http://www.top-cart.com), pudiéndose ampliar la misma mediante e-mail a la dirección [organizacion@top-cart.com](mailto:organizacion@top-cart.com) o contactando telefónicamente con la Secretaría del Congreso (Srta. M<sup>a</sup> Eugenia) en el 91 553 89 65. ■



# Novedades Técnicas

## LEICA PRESENTA SU HIGH-DEFINITION SURVEYING™ (HDS™) (TOPOGRAFÍA DE ALTA DEFINICIÓN) Y UNA NUEVA FAMILIA DE PRODUCTOS ESCÁNER LÁSER



En la pasada edición de la Conferencia Intergeo, Leica Geosystems presentó el concepto de High-Definition Surveying™, o HDS™, con el que Leica ha renombrado lo que hasta ahora definía como “3D láser escáner”. Leica seleccionó esta nueva descripción por dos razones: Primero, Leica cree que el término *high-definition* (alta definición) transmite mejor cómo esta tecnología difiere fundamentalmente de los métodos habituales de toma de datos punto a punto. Segundo, con la nueva familia de productos HDS, Leica ha desarrollado esta tecnología hasta el punto de que ahora es un completo método topográfico para un amplio rango de obtención de datos, detalles y levantamientos para la ingeniería.

### Beneficios de la Alta Definición a través de la Alta Densidad

La *Alta Densidad* de datos es la que fundamentalmente distingue este método de los detalles y levantamientos de ingeniería basados en los métodos de pocos puntos. Cuando se visualizan datos de alta densidad (p.e. nubes de puntos) en la pantalla del ordenador; mejorados con el color intrínseco y la visualización en tres dimensiones, se obtiene una información de Alta Definición muy poderosa. Esto proporciona a los usuarios una gran seguridad y completísimos detalles y levantamientos para ingeniería. Mejor calidad y resultados más completos, implicará mejor diseño de los proyectos y menor riesgo en la construcción. Además, la alta densidad de datos digitales permite ahorrar dinero, tiempo y automatizar el proceso para la obtención de los resultados estándares.

### Desarrollo de la tecnología para Topografía: Nueva Familia de Productos HDS

Es una nueva familia de productos de hardware y software pensados para topógrafos y profesionales de la medición.

**Leica HDS3000** (FOV 360° x 270°).- Escáner de tiempo de vuelo. Es el abanderado de la familia HDS. No sólo parece físicamente un instrumento topográfico, sino que, además, su modo operativo es similar. Se estaciona en un punto conocido, sobre trípode y base nivelante, y permite la introducción de la altura del instrumento. Combinando un máximo campo de visión de 360° x 270° con la tecnología SmartScan™, el HDS3000 aporta el máximo nivel de productividad. Combina una eficiencia alta con una elevada precisión para su utilización en un amplio rango de proyectos de ingeniería civil (estructuras, túneles, taludes, etc.), plantas industriales y proyectos de edificación.



**Leica HDS4500** (FOV 360° x 312°).- Escáner de diferencia de fase. Escáner ultra-rápido (100.000 a 500.000 pts/seg), de corto alcance (hasta 50m), ideal para proyectos con una corta ventana de observación para la toma de datos. Proporciona muchos beneficios para una rápida captura de datos en interiores (plantas, edificios, túneles, etc.) donde se dispone de poco tiempo para la captura.



**Leica HDS2500** (FOV 40° x 40°).- Es el renombrado *Cyrax® 2500*, es el más popular escáner hasta la fecha. Escáner de alta precisión, ideal para instalaciones fijas, donde es difícil o no necesario disponer de un escáner perfectamente nivelado y no es nece-



saria una amplia ventana de observación.

**Cyclone 5.0 Software**.- Es la última versión del conocido *Cyclone™* y *CloudWorx™*. Proporciona un amplio kit de herramientas para crear resultados de alta calidad. Con completa integración en entornos CAD (AutoCAD y MicroStation)



Para más información sobre estos productos, contactar con Leica Geosystems, D. Antón Bravo Ribó, Responsable HDS en Leica Geosystems, [Anton.bravo@leica-geosystems.com](mailto:Anton.bravo@leica-geosystems.com).

## AUTOCAD 2004 AUMENTA LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO EN UN 70%

Autodesk ha hecho público un estudio, realizado por los profesores W. Mike Martin y Humberto Cavallin, del Grupo de Diseño de la Escuela de Diseño Medioambiental de la Universidad de California (Berkeley), a petición de la firma. Dicha investigación examina las mejoras de productividad que los usuarios experimentan utilizando AutoCAD 2004, evaluando una serie de tareas que reproducen el día a día del proceso de diseño y el tiempo que requiere llevar a cabo estas tareas.

El estudio revela que son las tareas compartidas por un grupo de trabajo aquellas donde se obtiene un mayor incremento de la productividad gracias a la nueva versión de AutoCAD. En colaboración, los equipos fueron, por término medio, un 70% más efectivos con AutoCAD 2004 frente a los resultados que ofrecían plataformas anteriores, como AutoCAD 2002. Se definió para el estudio "efectividad" como la proporción entre el porcentaje completado en las versiones anteriores de AutoCAD y el porcentaje completado en la versión AutoCAD 2004.

Otro de los resultados significativos de la investigación fue la constatación de que los usuarios experimentan un ahorro de tiempo sustancial utilizando las nuevas funcionalidades de AutoCAD 2004. Por ejemplo, con las nuevas herramientas para manipular bloques se trabaja un 43% más rápido, lo que supone aproximadamente unas 3,3 horas por se-

mana. Las paletas de herramientas para manipular diseños de trama facilitan un proceso un 55% más rápido, unas 2,8 horas por semana; y utilizando *Mtext* para añadir texto a los diseños se agiliza el trabajo en un 37%, es decir en 3,4 horas por semana.

El experimento muestra además que los usuarios se adaptan con gran facilidad a la nueva plataforma. De hecho, se observó que con sólo un día de formación en AutoCAD 2004, la mayoría de los participantes fueron significativamente más productivos haciendo uso de las nuevas funcionalidades.

Las compañías que estén interesadas en adquirir la solución AutoCAD 2004 de Autodesk, pueden aplicar a su propio caso el ahorro de tiempos estimado en el informe, ajustando los parámetros al tamaño y actividad de su empresa y, de este modo, generar un análisis sobre los costes/beneficios que implica actualizar su actual versión de AutoCAD a AutoCAD 2004.

Para obtener más información, visitar la página web [www.autodesk.es](http://www.autodesk.es) o ponerse en contacto con Autodesk, Constitución, 1 Planta 4, 08960 San Just Desvern, Barcelona, teléfono: 93 480 33 80, fax: 93 473 33 52, e-mail: [infospain@autodesk.com](mailto:infospain@autodesk.com).

# Bibliografía

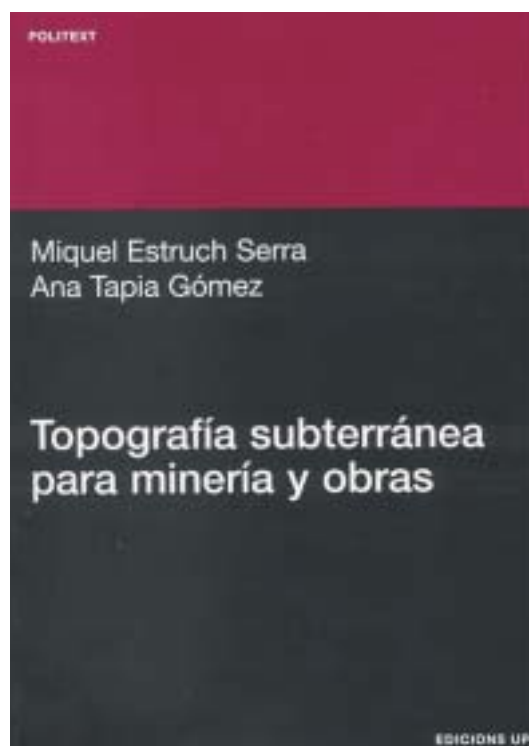
**Topografía subterránea para minería y obra**  
**Miquel Struch Serra y Ana Tapia Gómez**  
 Edicions UPC  
 Barcelona, 2003  
 441 págs. 30,00 € (IVA incluido)

Las nuevas aplicaciones de las tecnologías de mediciones por láser, ondas y de los satélites nos permiten determinar distancias y coordenadas de puntos topográficos sin tener que efectuar mediciones por los métodos clásicos tradicionales. Si a estas nuevas técnicas le añadimos la utilización de los computadores, que nos permiten realizar unos cálculos rápidos y precisos, nos damos cuenta de lo grande que ha sido la evolución de la Topografía en estas últimas décadas.

En el libro que hoy comentamos se describen los instrumentos y métodos propios para los levantamientos planimétricos y altimétricos en galerías, explotaciones mineras, túneles y todo tipo de obras a realizar en el subsuelo. Se pretende desarrollar los conocimientos necesarios para llevar a cabo todos los trabajos topográficos para la orientación y levantamiento de planos del interior de las minas, el estudio y control de los hundimientos mineros, los proyectos y cálculos de rompimientos mineros, los de la comunicación de túneles, así como el replanteo de dichas labores subterráneas. Se tratan los sistemas clásicos tradicionales, los modernos automatizados y computerizados, así como la aplicación del rayo láser en los diferentes trabajos topográficos de orientación y guiado de las labores subterráneas. Por supuesto, en los temas desarrollados se suponen conocidos los elementos indispensables para la ejecución de trabajos topográficos de superficie.

Los temas tratados son de gran importancia para los técnicos que han de ejecutar trabajos subterráneos, ya que si no han recibido una formación adecuada se desorientan por las condiciones, bien particulares, de tales operaciones, perderán mucho tiempo tratando de aplicar los procedimientos clásicos de la superficie y se encontrarán, a veces, en presencia de problemas que les parecerán imposibles de resolver. Todo ello ocurre por la falta de este complemento de instrucción, que es indispensable y que se ofrece en este libro dedicado a la topografía subterránea de aplicación en la minería y las obras a realizar en el subsuelo.

Esta publicación nace de la fusión de otras dos: *Topografía para Minería Subterránea* de Miquel Struch Serra y *Topografía Subterránea* de Ana Tapia Gómez, que hasta ahora estaban publicadas en dos libros independientes. Los responsables de Edicions UPC, de acuerdo con los autores, decidieron, dada la coincidencia de temas expuestos, publicar en un solo libro lo que antes se exponía en dos.



El texto está dividido en 9 capítulos, titulados *Explotaciones mineras subterráneas*, *Túneles y construcciones subterráneas*, *Sistemas de construcción de túneles*, *Levantamientos subterráneos*, *Replanteos subterráneos*, *Obtención de planos y secciones transversales*, *Cartografía minera*, *Estudio y control de los hundimientos mineros* y *Problemas de aplicación minera*. Además contiene tres anexos, con problemas resueltos sobre los temas tratados en el libro, y una amplia Bibliografía.

Miquel Struch ha sido profesor titular de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría en la Escola Universitaria Politècnica de Manresa de la UPC desde 1965 hasta 2001. Su dilatada experiencia docente, profesional e investigadora se ha centrado en el campo de la Topografía y la Cartografía, sobre los que ha realizado numerosas colaboraciones y trabajos.

Ana Tapia es Ingeniera en Geodesia y Cartografía e Ingeniera Técnica en Topografía y desarrolló su experiencia profesional durante trece años en el ámbito de la construcción en la empresa privada. En la actualidad es profesora asociada de la UPC en la titulación de Ingeniería Técnica Topográfica, siendo responsable de las asignaturas de Topografía Subterránea, Topografía Hidrográfica e Introducción a la Obra Civil, que se imparten en el tercer curso de estos estudios.



Conozca al mejor  
**servicio técnico**



**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.

**Topocenter<sup>®</sup> BCN**  
grupo al-top  
 Bofarull, 22 - 08027 Barcelona  
 Tel. 93 340 05 73 - Fax 93 351 95 18  
 al-top@al-top.com

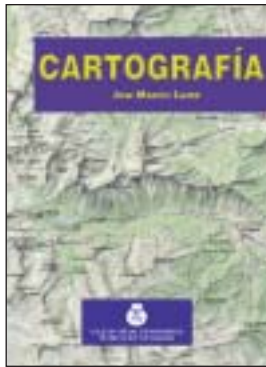
**Topocenter<sup>®</sup> Bilbao**  
grupo al-top  
 Bailén, 9 Bis - 48003 Bilbao  
 Tel. 94 415 02 65 - Fax 94 479 28 10  
 topocenter@uskalnet.net



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



# Libros Técnicos



Título: Cartografía  
Autor: José Martín López

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



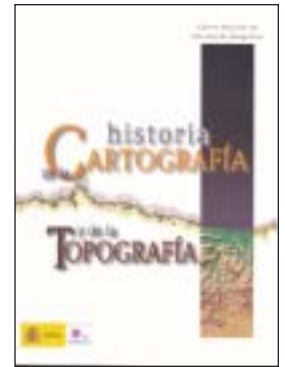
Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000  
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

21,03 € Ref.: 038



Título: Cartógrafos Españoles  
Autor: José Martín López

27,10 € Ref.: 021



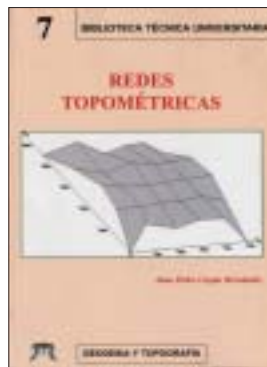
Título: Historia de la Cartografía y de la Topografía  
Autor: José Martín López

41,60 € Ref. 039



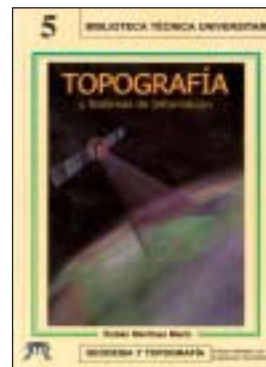
Título: Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital  
Autor: José Luis Lerma García

43,34 € Ref. 5006



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

11,54 € Ref.: 804



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



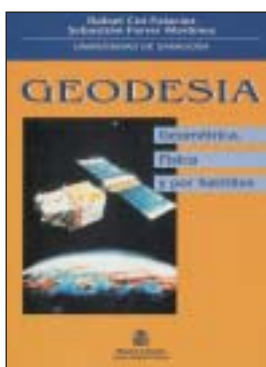
Título: Problemas de Fotogrametría III  
Autor: José Lerma García

8,70 € Ref.: 5002



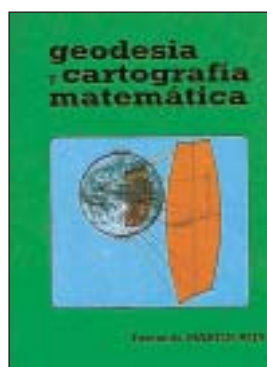
Título: Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico  
Autor: José Lerma García

18,54 € Ref.: 5004



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

24,10 € Ref.: 030



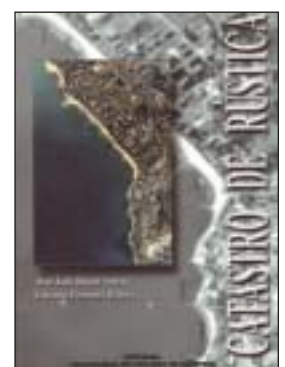
Título: Geodesia y Cartografía Matemática  
Autor: Fernando Martín Asín

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: **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: **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: **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**

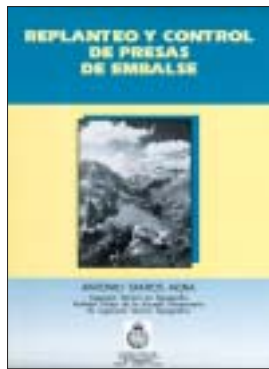


Título: **Tratado de Topografía 3**  
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné  
**36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003**

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



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



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**



Título: **Aplicaciones Industriales de la Topografía**  
 Autor: Antonio Santos Mora  
**19,25 € Ref. 305**

**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 .....				
Ciudad..... Provincia ..... C.P. ....				
Forma de pago: <input type="checkbox"/> talón nominativo <input type="checkbox"/> giro <input type="checkbox"/> transferencia C/C: 2032-0037-50-3300010988				
Remitir justificante de giro o transferencia. <b>NOTA: Estos precios son con IVA incluido.</b>				

# Vida Profesional

## HOMENAJE EN LA DELEGACIÓN PROVINCIAL EN JAÉN DEL COITT



D. Juan M. Caballero Villar, como justo reconocimiento a una intensa labor de dedicación, lucha y defensa de la profesión. Al acto, que estuvo presidido por la Junta de Gobierno Provincial, asistieron numerosos colegiados. En el transcurso de la comida, a la que se sumaron acompañantes y amigos, tuvieron la oportunidad de departir en un ambiente distendido y cordial.

Al término de la misma se produjo la intervención del Delegado Provincial, D. Antonio Castillo Vizcaino, quién, además de agradecer la asistencia a los allí congregados, informó del triste fallecimiento de D. Juan M. Caballero Villar, acaecido días antes, manifestando el pesar del

colectivo a sus familiares allí presentes. En su alocución ensalzó la figura de los compañeros homenajeados, destacando su labor profesional así como su calidad humana. Como reconocimiento por su reciente jubilación, se hizo entrega a D. Antonio Ruiz de Quero y a la viuda de D. Juan M. Caballero, de sendas placas conmemorativas, entre el aplauso efusivo de los asistentes. Por su parte, los homenajeados, visiblemente emocionados, dirigieron unas sentidas palabras de agradecimiento a los presentes, con lo que se dio por concluido el acto.

El pasado 29 de noviembre tuvo lugar, en el Salón de Actos del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Jaén, la Junta Ordinaria Anual de Colegiados de la Delegación Provincial en Jaén del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

A su conclusión se celebró, en un conocido restaurante de la capital jennense, un almuerzo-homenaje a dos de los colegiados más veteranos de dicha Delegación, D. Antonio Ruiz de Quero Ruiz de Quero y



**D. Antonio Ruiz de Quero recibiendo la placa de manos de Delegado Provincial en Jaén del COITT, D. Antonio Castillo**



**D. Antonio Ruiz de Quero y la viuda de Juan M. Caballero mostrando las placas conmemorativas**

## HOMENAJES CELEBRADOS EN LA DELEGACIÓN TERRITORIAL DE CASTILLA-LA MANCHA DEL COITT

Durante el año 2003 la Junta de Gobierno de la Delegación Territorial en Castilla-La Mancha del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía se propuso visitar todas las provincias de su Comunidad, manteniendo reuniones con los colegiados de todas las Delegaciones Provinciales, lo que permitió conocer las opiniones, ideas e inquietudes de muchos de ellos.

En la reunión mantenida el pasado 22 de noviembre en Albacete, además se hizo un homenaje a D. Fermín Canales López, quien fue Delegado del COITT en esta provincia durante muchos años, en el que se le hizo entrega de una placa conmemorativa en agradecimiento a sus muchos años de dedicación y trabajo para el buen funcionamiento de nuestro Colegio.

Igualmente, el 20 de diciembre, aprovechando la tradicional comida de Navidad que organiza esta Delegación Territorial en Toledo, se homenajeó a D. Julián Vargas García y D<sup>a</sup> Alicia Tordero, antiguos Delegado



**Asistentes a la tradicional cena de Navidad de la Delegación Territorial en Castilla-La Mancha del COITT**

Provincial y Secretaria del COITT en esta provincia, por su esfuerzo y dedicación durante muchos años a nuestro Colegio.



**Asistentes a la reunión celebrada en Albacete junto a D. Fermín Canales López, que muestra la placa que se le entregó como homenaje en dicha reunión**



**D. Julián Vargas García y D<sup>ña</sup>. Alicia Tordero, en compañía de D. Manuel Cavia Ricote, mostrando la placa que como homenaje le hizo entrega la Delegación Territorial en Castilla-La Mancha del COITT**

## II JORNADAS TÉCNICAS DE FOTOGRAMETRÍA

En Madrid, los días 20 y 21 de noviembre. tuvo lugar la II Reunión Técnica de Profesores de Fotogrametría, como ineludible continuación al trabajo emprendido en la reunión que se celebró en Valencia el año 2002.

El encuentro estuvo auspiciado por la E. U. I. T. Topográfica y el Dpto. de Ingeniería Topográfica y Cartografía de la U. P. de Madrid y fue organizado por la Unidad Docente de Fotogrametría de dicha Escuela.

Al mismo asistieron ventiseis profesores de las dos titulaciones, Ingeniería Técnica Topográfica e Ingeniería en Geodesia y Cartografía, procedentes

de las Escuelas y Centros Universitarios de Ávila, Cáceres, Jaén, Lugo, Madrid, Mérida, Ponferrada, Valencia, Vigo y Vitoria.

El objetivo de las jornadas era incidir en los temarios impartidos en ambas titulaciones, con la idea de posibilitar una unificación de contenidos en las asignaturas.

Durante la mañana del día 20, y tras la bienvenida dada los asistentes por el Director de la E.U.I.T. Topográfica de Madrid y por el Director del Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía, se estudió la agenda de trabajo prevista y se acordó su ampliación y modificación, ante el reto que en este momento presenta la Universidad española.

La entrada en vigor de la LOU en el año 2003 ha supuesto el cambio en la estructuración de las enseñanzas, los estatutos y las instituciones de gobierno en las Universidades. Los dos últimos aspectos se están realizando o completando en el año 2004, pero el primero presenta un mayor grado de complejidad. La Declaración de Bolonia en primer lugar y la creación del Espacio Europeo de Enseñanza Superior suponen un cambio significativo en el modelo de las titulaciones, para el que no existe un consenso europeo total y que supone ajustes importantes en la mayor parte de los países.

Con una situación de insuficiente definición del modelo a seguir en el conjunto de las titulaciones en general y en las enseñanzas técnicas en particular, y la creación, como resultado de la aplicación de la ley, de la ANECA (Agencia Nacional de Acreditación de la Calidad), los asistentes decidieron abordar las consecuencias y posibilidades de actuación ante esta situación, por considerarlo prioritario frente a los contenidos.

Puesto que en el momento de celebración de las Jornadas las actuaciones de la Comisión de Trabajo para estas titulaciones, lideradas por la Universidad de Valencia, tras el concurso convocado por la ANECA, estaban comenzando a andar, el deseo y la preocupación principal de los participantes estribaba en transmitir a dicha Comisión las ideas generales que pudieran servirles en su trabajo y las específicamente relacionadas con la Fotogrametría.

La enseñanza de la Fotogrametría en el contexto de la nueva titulación, a propuesta de los profesores de la Universidad de Avila, podía concretarse en los siguientes puntos:

- Perfiles profesionales y competencias específicas en Fotogrametría
- Número de créditos y su distribución a lo largo de la titulación
- Nueva metodología docente (formación basada en la ejecución de proyectos).

Podría pensarse que de las competencias profesionales óptimas pueden derivarse los temarios mínimos que la Universidad habría de impartir. Los dos últimos puntos no están condicionados por la urgencia de calendario, situación contraria a la que surge en la definición de competencias. Por ello fue a este tema al que se dedicó el grueso de la reunión.



Durante la tarde del día 20 se elaboró una lista de competencias, sobre las que se trabajó para definir los perfiles profesionales y relacionarlos con las competencias transversales (genéricas), con el fin de orientar a la Comisión correspondiente en la materia de Fotogrametría.

El viernes día 21 se inició con un resumen del día anterior, para seguir con las experiencias sobre la aplicación de créditos ECTS en las asignaturas de Fotogrametría que se han desarrollado en Jaén y Valencia.

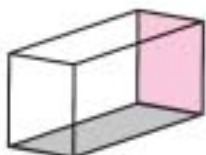
En Valencia la experiencia ha resultado bien desde el punto de vista del alumnado. El nivel ha subido, pero los alumnos se encuentran sobrecargados de trabajo. La experiencia en Jaén ha alcanzado sólo a tres asignaturas, entre las que no se encuentra la Fotogrametría. Se apunta la necesidad de mayor coordinación entre las asignaturas y la asignación de más material de laboratorio para el desarrollo de los proyectos.

Finalmente, se retornó al tema de los perfiles profesionales. Se reagruparon los mismos y se abordaron los *conocimientos disciplinares* (saber), las *competencias profesionales* (saber hacer) y las *competencias académicas*.

Se acordó la realización de las siguientes Jornadas en Jaén y se apuntaron las ideas de realizar reuniones técnicas sobre aplicaciones, trabajos y proyectos fotogramétricos y de publicar un documento de investigación en el que aparecieran los trabajos realizados.

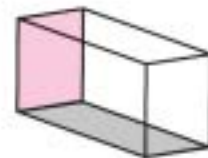
La noche del jueves, día 20, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía (Delegación en Madrid) quiso participar de las inquietudes y espíritu de las Jornadas y organizó una cena, en la que se intercambiaron opiniones, experiencias y conocimientos profesionales, con objeto de acercar lo más posible el mundo profesional al mundo universitario. A la misma asistió el Secretario General de la Delegación de Madrid, D. Alvaro Mateo.

A última hora de la mañana del viernes se realizó una visita guiada al Madrid de los Austrias, comentada por el profesor D. Emilio A. de las Heras, para finalizar con un típico cocido en un restaurante tradicional, que la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid decidió brindar a los asistentes.



# ORSEÑOR, S.L.

## TOPOGRAFÍA



ALQUILER • REPARACION • VENTA, NUEVOS Y USADOS

### ALQUILER

Instrumentos de última generación, en las mejores marcas y con la más novedosa tecnología.



### REPARACIÓN

Reparamos instrumentos de todas las marcas en corto espacio de tiempo. Calibramos y expedimos certificados de calibración, según norma EN 17025.

### VENTA

Venta de instrumentos de las marcas más prestigiosas del mercado: Leica, Topcon, Sokkia, Pentax, etc.



### OCASION

Disponemos de Variedad de Instrumentos de Segunda Mano, revisados en nuestro Servicio Técnico, con total garantía y a los mejores precios... ¡Consúltenos!



Teléfono de Atención al Cliente:

**902 15 41 97**

**ORSEÑOR, S.L.**  
TOPOGRAFÍA

Calle Pradillo, 26 - 28002 Madrid  
Tel.: 91 416 74 54 / 91 415 66 04 - Fax: 91 415 63 04  
E-mail: orsenor@ctv.es - www.orsenor.com

## ELECCIONES

El pasado mes de diciembre se celebraron elecciones a miembros de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, que como resultado de las mismas quedo constituida por las siguientes personas:

Decano:	D. Pedro Cavero Abad
Vicedecano:	D. Andrés Díez Galilea
Secretario:	D. Fernando Cruz Argibay
Tesorero:	D. Ángel Luis Olmos Sánchez
Contador-Bibliotecario:	D. Carlos Barrueso Gómez
Vocales:	D. Guillermo Junquera Gala
	D. Juan Pablo Colmenarejo Fernández
	D. Manuel Pavesio Blanco
	D. José Carlos Rivas Lafuente
	D. Miguel Ángel Castilla Blázquez
	D. Eduardo Arellano Ramírez

Igualmente, se celebraron elecciones en la Delegaciones Territoriales de Asturias, Baleares, La Rioja y Madrid, quedando constituidas sus respectivas Juntas de Gobierno por las siguientes personas:

### ASTURIAS

Delegado:	D. José Antonio Suárez García
Secretario-Tesorero:	Óscar Cuadrado Méndez
Vocal 1º:	D. Pelayo González Pumariega
Vocal 2º:	D. Francisco Ortega Bravo
Vocal 3º:	D. Eduardo Díaz Pérez
Vocal 4º:	D. Francisco Sánchez Piquero
Vocal 5º:	Dña. Sheila Pedregal Menéndez
Vocal 6º:	Mª Ángela Alonso Fernández
Vocal 7º:	D. Fernando Bartolomé Díaz

### BALEARES

Delegado:	D. Jaime Aguiló Mora
Secretario-Tesorero:	D. Joan Morey Nigorra
Vocal 1º:	Dña. Cristina Viada Sauleda
Vocal 2º:	D. Guillem Crespí Jaume
Vocal 4º:	D. Miquel Soberats Massanet
Vocal 5º:	D. Francisco Marí Tur
Vocal 6º:	D. Bartomeu Mercadal Jover

### LA RIOJA

Delegado:	D. José Asndrés Aznar Jiménez
Secretario-Tesorero:	D. Valerio González de Mendoza
Vocal:	D. Francisco Pérez del Cerro
Vocal:	D. Jesús Combarros Ontañón

### MADRID

Delegado:	D. Pedro Alcázar Tejedor
Secretario-Tesorero:	D. Carlos García Riera
Vocal 1º:	Dña. Natalia Rodríguez Ortiz
Vocal 2º:	Dña. Celia Sánchez Vázquez
Vocal 3º:	D. Rubén Ibañez Martín
Vocal 4º:	D. Ángel Canales Cerrada
Vocal 5º:	D. David Santiso Pérez
Vocal 6º:	D. Luis Miguel Martín Ruiz
Vocal 7º:	D. Luis Rafael de Haro Monreal

## CICLO INTERNACIONAL DE CONFERENCIAS

El pasado 4 de marzo y dentro del Ciclo Internacional de Conferencias, que organiza el Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid en la E.U. de I.T. Topográfica, se celebró la conferencia *Desde el SIG a las Infraestructuras de Datos Espaciales*, que impartió el Dr. Michael Gould.

Recién cumplidos los 40 años, los Sistemas de Información Geográfica siguen siendo hoy en día una herramienta imprescindible para labores de planificación de recursos y servicios, tanto en el sector privado como en el público. En esta conferencia no se planteó la desaparición del SIG, sino su evolución hacia un componente cliente dentro de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), siendo esta última el conjunto de tecnologías y políticas necesario para facilitar el libre intercambio de datos espaciales a través de Internet. Una vez descritos los elementos fundamentales de las IDE, se trató de defender su creación a todos los niveles (local, regional, nacional, europeo, mundial) por razones tecnológicas y, más importante aun, por razones económicas. Apoyando ese razonamiento se encuentran las recientes iniciativas (tales como INSPIRE y GMES) y directivas Europeas que fomentan la reutilización de los datos del sector público.

Michael Gould (doctor por el National Center for Geographic Information and Analysis, Universidad de Nueva York, Buffalo) es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad Jaime I de Castellón. Actualmente está

investigando en temas de interoperabilidad, infraestructuras de datos espaciales (IDE) y en sistemas basados en web para la distribución de información geográfica, que incluyen tecnologías emergentes basadas en XML. Recibe financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (en colaboración con la UPM y la Universidad de Zaragoza) para diseñar e implementar tecnología de componentes piloto para la creación de una IDE en España. Participa como consultor externo en desarrollos similares en Valencia, Cataluña y Galicia. Sus proyectos de investigación incluyen tres



**Dr. Michael Gould**

años en el Proyecto de Infraestructura Europea de Metadatos Espaciales (ESMI) y, más recientemente, en el proyecto ACE-GIS ([www.acegis.net](http://www.acegis.net)) sobre la composición de servicios web. Estos estudios se han llevado a cabo gracias también a una beca del Ministerio de Educación, que permitió al Dr. Gould trabajar durante el curso 2000-2001 en el OpenGIS Consortium (Boston, EE.UU.) en temas relacionados con IDE.

El Dr. Gould pertenece a la Junta Directiva de la Asociación de Laboratorios de Información Geográfica en Europa (AGILE) y fue miembro del Consejo de la Asociación Nacional Española GIS (AESIG). Es vocal del Comité Nacional Técnico 148 de la Asociación Española de Normalización (AENOR) sobre normas de datos espaciales (ISO/TC211 y CEN/TC287). Fue nombrado experto nacional en el grupo de Arquitectura y Estándares (AST) para la iniciativa europea INSPIRE. Ha

participado como profesor invitado en más de 20 Masters y en otros programas de postgrado en España y es tutor en el Master a distancia UNIGIS (versión para España y América Latina). Fue miembro fundador del consejo editorial de la revista GeoEurope (antes GIS Europe), para la cual ha escrito varios artículos desde 1992. Ha revisado manuscritos para diversas publicaciones profesionales (incluyendo *IJGIS*, *Urisa Journal*, *Computers & Geosciences*), así como para varias conferencias internacionales, como Agile2000-03 (presidente del comité del programa de Agile2002 y Agile2003) y el futuro GIM2004 (<http://gim04.unizares>). Ha ejercido de experto evaluador de las propuestas I+D enviadas a la Comisión Europea (DG-XIII, DG-Info). Durante esta última década, Gould ha trabajado como consultor para varias organizaciones comerciales incluyendo los principales proveedores de GIS y para OGC.

## CASA DEL MAPA EN MURCIA



**Palacio de las Balsas**

El pasado 18 de diciembre, el Delegado del Gobierno en Murcia, acompañado por el Presidente del Centro Nacional de Información Geográfica y Director del Instituto Geográfico Nacional, D. Alberto Sereno, inauguró la nueva sede de La Casa del Mapa de Murcia, segunda Casa puesta en marcha mediante la colaboración entre el Ministerio de Administraciones Públicas y el Ministerio de Fomento, a través del CNIG.

La Casa del Mapa de Murcia está ubicada en la primera planta del Palacio de las Balsas, sede de la Dirección del Área de Fomento de la Delegación del Gobierno en Murcia. Este nuevo emplazamiento supone un importante cambio cualitativo y cuantitativo con respecto a la sede anterior. El edificio es un palacio clásico de estilo murciano, que ha sido totalmente remo-

delado en su interior; respetándose la fachada primitiva en su integridad. La sede del Palacio de las Balsas supone un concepto funcional y polivalente de tienda: amplia, luminosa y de moderno diseño, donde el espacio dedicado a la atención al público permite tres ambientes diferenciados: cartoteca, fototeca e información y venta de las publicaciones cartográficas y geográficas comercializadas por el CNIG. Mediante dos puestos de trabajo, el visitante puede consultar las publicaciones disponibles en soporte digital y tener acceso, a través de Internet, a las páginas web del IGN y del CNIG. Además, en la tercera planta del edificio se encuentran las dependencias del Servicio Regional del Instituto Geográfico Nacional, lo que garantiza una total cobertura tecnológica.

Las Casas del Mapa están orientadas a ser puntos de información y venta de la cartografía realizada por las Administraciones Públicas, acercando así el conocimiento cartográfico y geográfico a los diferentes usuarios. Es importante mencionar la misión de servicio público de estos establecimientos y resaltar su carácter institucional. Con motivo de la inauguración oficial de la nueva sede del Palacio de las Balsas, IGN-CNIG han editado un mapa especial de la Huerta de Murcia, a escala 1:25.000, y se ha montado, en la planta baja de dicho Palacio, una exposición de cartografía de la Región de Murcia y de instrumentos históricos del Instituto Geográfico Nacional, que permanecerá abierta hasta mediados del mes de abril.



**Interior de La Casa del Mapa de Murcia**

## Relación de Altas y Bajas habidas en el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía en el año 2003

### ALTAS DE COLEGIADOS

Villar Ocaña, Juan Carlos	Andalucía
Fernández Gracia, Jaime	Andalucía
De la Cruz Contreras, David	Andalucía
Díaz Merino, Claudio Javier	Andalucía
Ojeda Moral, Andrés	Andalucía
Palacios Aranda, Juan Antonio	Andalucía
Zafra Padilla, Daniel	Andalucía
Soto Soto, Manuel	Andalucía
González Vera, Domingo Jesús	Andalucía
Reca Palomino, Alberto Carlos	Andalucía
Ortuño Anaya, Ángel	Andalucía
Vílchez Trujillo, Antonio M <sup>a</sup>	Andalucía
Trillo Muñoz, Pascual	Andalucía
Jiménez Gutiérrez, Salvador	Andalucía
Luque Jiménez, Juan Jesús	Andalucía
González Sánchez, Marcos	Andalucía
Arroyo Morago, Eduardo	Andalucía
García Siles, Luis María	Andalucía
Kayser Gutiérrez, Isabel	Andalucía
Ortiz Hernández, Antonio Manuel	Andalucía
González Álvarez, Carlos Alberto	Andalucía
Castellón Morillas, José Luis	Andalucía
Martínez Gómez, José	Andalucía
Damas Bueno, Evelio David	Andalucía
Martínez Bedmar, Juan Pedro	Andalucía
Muñoz Chacón, Juan Isidoro	Andalucía
Martin Riveiro, Fco. Javier	Andalucía
Peral López, Isabel María	Andalucía
Tamayo de la Torre, Juan Ramón	Andalucía
Camino Alcón, Jaime	Andalucía
López Millán, Florentino	Andalucía
Vacas Arroyo, Salvador	Andalucía
Gómez Gómez, Verónica	Andalucía
López Planet, Cristóbal	Andalucía
Vacas Arroyo, Antonio	Andalucía
Lendínez Cantero, Yolanda	Andalucía
La Rubia Cafranga, Francisco Luis	Andalucía
Orduña Ruiz, Antonio Luis	Andalucía
De la Fuente Pérez, Jesús	Andalucía
Chacón Giménez, Jorge	Andalucía
Narváez González, Catalina M <sup>a</sup>	Andalucía
Reca Fernández, Juan Miguel	Andalucía
Pérez Bueno, Antonio Joaquín	Andalucía
Roldan Osuna, Antonio	Andalucía
Blanca Bueno, Manuel Jesús	Andalucía
Capiscol Pérez de Tudela, Rosa	Andalucía
Marín Carrascosa, Eugenia F.	Andalucía
Trigo Calahorro, Eva María	Andalucía
García Egido, Virginia	Andalucía
Rodríguez García, Raquel	Aragón
Requejo Pérez, Eligio Miguel	Aragón
García García, Armando	Asturias
Bonduel Marín, Emilio Marcelo	Asturias
Pérez Díaz, Tatiana	Asturias
Fernández Rebolledo, Ivo	Asturias
Arias Álvarez, Javier Francisco	Asturias
Suárez García, Sonia	Asturias
Rodríguez Vega, David	Asturias
Álvarez García, David	Asturias
Peláez Azpiazu, David	Asturias
Pérez Borraz, Beatriz	Asturias
Arias Otero, Nuria	Asturias
Barrio Gómez, Fernando	Asturias
García Van Litsenburgh, Silvia	Asturias
Díaz Gutiérrez, José Ángel	Asturias

Suárez Fernández, Abel	Asturias
Rodríguez Martínez, Ramón	Asturias
González González, Miguel Ángel	Asturias
Lana Campos, Rebeca	Asturias
García Vega, Luis	Asturias
Iglesias Álvarez, Pablo	Asturias
Saavedra González, Verónica	Asturias
Menéndez Rodrigo, Silvia	Asturias
Vázquez Iglesias, David	Asturias
García Osorio, Francisco	Asturias
Fernández Merayo, César	Asturias
González Castañón, Miriam	Asturias
Álvarez Hernández, Ramón	Asturias
Ruiz de Oña Crespo, Esteban	Asturias
Aguirre Fernández, Luis Alberto	Asturias
López Fernández, Noelia	Asturias
López Lucia, Dionisio	Baleares
Sánchez Gómez, Emilio	C. Valenciana
Tello Román, Oscar	C. Valenciana
Calle Moreno, Javier	C. Valenciana
Rodríguez Martínez, Juan Antonio	C. Valenciana
Serrano Martínez, Ana	C. Valenciana
Ferrandis Vila, Jorge	C. Valenciana
Tafaner Sánchez Rey, Oscar	C. Valenciana
Valero Burgos, Daniel	C. Valenciana
Lafont Sousa, M <sup>a</sup> Jesús	C. Valenciana
Pons Ferri, Consuelo	C. Valenciana
Pedret Llorens, Héctor	C. Valenciana
Portales Ricart, Cristina	C. Valenciana
Menes Brisa, Alicia	C. Valenciana
Sáez Cerda, Ricardo	C. Valenciana
Lafont Salvado, Jacinto	C. Valenciana
González Villena, Javier	C. Valenciana
Alcalá Herrera, Francisco	C. Valenciana
Clares Ruiz, Fernando	C. Valenciana
Sierra Pardo, Sonia	C. Valenciana
Barreda Cardona, David Abel	C. Valenciana
Gil Megías, José Manuel	C. Valenciana
Soler March, Manuel Fco.	C. Valenciana
Raga Fabregat, Javier	C. Valenciana
Tamarit Bayarri, M <sup>a</sup> José	C. Valenciana
Ajado Ruiz, Pablo	C. Valenciana
Fabuel Raga, Jesús	C. Valenciana
Cortés Giner, Francisco	C. Valenciana
Pérez Almarcha, M <sup>a</sup> Rosario	C. Valenciana
Pozo Fernández-Freire, Laura	C. Valenciana
Pradas Cerverón, Vicente	C. Valenciana
Murria Esteban, Vicente	C. Valenciana
Dorado Gómez, Rubén	C. Valenciana
García Cuenca, Juan Vicente	C. Valenciana
Senent Le Hur, Tatiana	C. Valenciana
Izquierdo Montealegre, Javier	C. Valenciana
López López, María Adela	C. Valenciana
Roca Zamora, José Sebastián	C. Valenciana
Lacruz García, Ramón	C. Valenciana
Cuarenta Zanón, José Santiago	C. Valenciana
Buedo Hortelano, Francisco	C. Valenciana
Martínez Bello, Gonzalo	C. Valenciana
López Marrero, Patricia	Canarias
Vidal Hernández, Felipe Manuel	Canarias
Mateo Flores, José Valentín	Canarias
Curbelo Yáñez, Carlos	Canarias
Díaz Castellano, M. Estefanía	Canarias
Mendoza Gil, Víctor Manuel	Canarias
Suárez Cerpa, Moisés	Canarias
Alzola López, Pino	Canarias
Castro Jiménez, Mario	Canarias
Soriano Ojeda, Víctor Manuel	Canarias

# Alquiler y venta de material topográfico

## Medidores Láser



Servicio técnico oficial *Leica*  
en Valencia

Realizamos sesiones prácticas  
de GPS totalmente gratuitas

Abrimos los sábados  
de 9,00 a 13,00h.



## 10 Años de Éxito



DISTO

Control de maquinaria  
con Láser o GPS

**Narváez**  
Topografía, S.L.



Estaciones Totales  
medición sin prisma

## Viveles para la Construcción

GPS



JAVELIN



CAMPOAMOR, 65 y 67 46022 VALENCIA  
Tel. 963 711 698 Fax 963 726 936  
[conce.ballester@narvaez-topografia.com](mailto:conce.ballester@narvaez-topografia.com)  
Móvil 608 067 396

**Leica**  
Geosystems

Mújica Zerpa, Aranzazu R.	Canarias	Villaverde Vieites, Sonia	Galicia
Marcos Monzón, Jesús	Canarias	Holgado Hernández, Oscar	Galicia
Marrero Suárez, Milagrosa	Canarias	Laport Silva, Rafael	Galicia
Jiménez Pérez, Santiago	Canarias	Martínez Moreno, M <sup>a</sup> Sonia	La Rioja
Hernández Montesdeoca, Justo	Canarias	Martínez Moreno, Lucía	La Rioja
Jordán Martel, Valentín Daniel	Canarias	Salas Pastor, Aurora	La Rioja
González Tapias, Anaqua	Canarias	Camino Calvo, Teodoro	Madrid
MéndeZ Sánchez, Fátima Obdulía	Canarias	Pérez García, M <sup>a</sup> Petronila	Madrid
De Luis Ruiz, Julio Manuel	Cantabria	Porres Salvador, Sara	Madrid
Vara Braojos, Ángel	Castilla-La Mancha	Pardo Balmonte García, Sonia	Madrid
Ballesteros Vázquez, César	Castilla-La Mancha	Fernández Mota, Luis	Madrid
Bernet Pascual, Luis	Castilla-La Mancha	Mancheño García Lajara, Juan	Madrid
Costa Martínez, Adolfo	Castilla-La Mancha	Martín García, Alberto	Madrid
Turégano Mansilla, Javier	Castilla-La Mancha	Villegas Merediz, Cristina Victoria	Madrid
Serrano Rodríguez, Víctor	Castilla-La Mancha	Higueras Gómez, Fco. Javier	Madrid
Martínez Díaz Salazar, David	Castilla-La Mancha	Colini D'Errico, Jorge Miguel	Madrid
Torralba Baños, Juan Diego	Castilla-La Mancha	Eglicerio Román, Javier	Madrid
Benito Olmeda, Fco. José	Castilla-La Mancha	Lorente Pérez, Juan I.	Madrid
Martín Fernández, Francisco	Castilla-La Mancha	Rabadán Encinar, Raúl	Madrid
Martín Zancajo, M <sup>a</sup> Noelia	Castilla y León	Anderica Fernández, Juan Fco.	Madrid
Fernández Cotado, Orlando	Castilla y León	Granada Ferrero, Julián	Madrid
Martín Lucas, David	Castilla y León	Molinero Alonso, Julián	Madrid
Núñez Arranz, Sara	Castilla y León	Díaz López, Covadonga	Madrid
García Ariza, David	Castilla y León	Mato Benito, Javier	Madrid
Nieto González, Marcos	Castilla y León	Rufo Barbero, Javier	Madrid
Arroyo López, Elisa	Castilla y León	Hernández Ferreras, Santiago	Madrid
Ayuso García, Cesar	Castilla y León	Jimeno Martín, David	Madrid
Peñas del Barrio, Javier	Castilla y León	Cuadrado García, Rafael	Madrid
Gutiérrez Ingelmo, César Augusto	Castilla y León	Rodríguez Escudero, Roberto	Madrid
San Román Ibáñez, Isaac	Castilla y León	López Gañan, Alberto	Madrid
Calleja Merino, Enrique	Castilla y León	Xucla Lerma, Enrique José	Madrid
González Cabrera, Lidia	Castilla y León	Blanco Álvarez, Elena	Madrid
Vaquero Hernández, Santiago	Castilla y León	Mañero Sanz, Hugo	Madrid
Jiménez Jiménez, Juan José	Castilla y León	García Berlanga, Alejandro	Madrid
Peñín Rodríguez, Ana Isabel	Castilla y León	Ortega Sanz, Ana Isabel	Madrid
Bravo Rojas, Jerónimo	Cataluña	Gallego Alija, Antonio	Madrid
Batet López, Adria	Cataluña	Angulo Martínez Vela, Roberto	Madrid
García Abad, Antonio	Cataluña	Romero Ortega, Esteban	Madrid
Tomillero García, Oscar	Cataluña	López Hernández, Víctor	Madrid
Pérez San Martín, Diego José	Cataluña	Pastor Caño, M <sup>a</sup> Del Mar	Madrid
Simón Moreno, Ana	Cataluña	Bonneville García, Oscar	Madrid
Jufre García, Albert	Cataluña	Bushell Gómez, Alberto	Madrid
Poquet Vitoria, Jorge	Cataluña	Cabello Espada, M <sup>a</sup> Del Prado	Madrid
Ferrer Cervello, M <sup>a</sup> Carmen	Cataluña	García Fernández, Ana	Madrid
Pérez Ramos, Alberto	Cataluña	Requena Jiménez, Aurora	Madrid
Pitarque Cerezo, Eduardo	Cataluña	Canle García, Carlos	Madrid
Pujadas Domenech, Xavier	Cataluña	Garrido Garrido, José	Madrid
Tome Oreja, Elena	Cataluña	Martín Paniagua, Agustín	Madrid
Jauma Blume, Astrid	Cataluña	Raboso García-Patrón, Pilar	Madrid
Matamala Polo, Carlos	Cataluña	López Molinero, Sebastián	Madrid
Esquinas Sánchez-Pacheco, Silvia	Cataluña	Castañares Martín, Ricardo	Madrid
Batet Soler, Anna	Cataluña	Sánchez Moran, David	Madrid
Fibla Guitart, Rafel	Cataluña	Vozmediano Vozmediano, José Felipe	Madrid
Grau Rodríguez, Jordi	Cataluña	Gonzalo Jiménez, Miguel	Madrid
Sabio Delgado, Javier	Cataluña	Galipienzo Morales, Javier	Navarra
Molina Navarrete, Marta	Cataluña	Aguinaga Casillas, Aitor	País Vasco
Rodríguez Pacheco, Alejandro	Cataluña	Álava Zurimendi, Aitziber	País Vasco
Alert Folque, Ricard	Cataluña	Irizar Saiz, Jorge	País Vasco
López Alfonso, Mariano	Cataluña	Díaz Estévez, María Teresa	País Vasco
Bejarano Sahuquillo, Ignacio	Cataluña	Sobrón Martínez de Murguía, Raúl	País Vasco
Miralles i Carbonell, David	Cataluña	Oribe Álvarez de Arcaya, Lorea	País Vasco
Rodríguez Loudot, Sabina	Cataluña	Usabarrena Zubillaga, Erica	País Vasco
De Llanos Mancha, Juan Manuel	Extremadura	Pérez Gurmendi, Susana	País Vasco
Hernández Triguero, José Antonio	Extremadura	Hurtado Maniega, Iñaki	País Vasco
Carmona Moreno, David	Extremadura	Aretzaga Díaz del Río, Guillermo	País Vasco
Castro Corredera, Inmaculada	Extremadura	García Beitia, Ángel	País Vasco
Borja Cañadas, Jesús	Extremadura	Laizola Loinaz, Goizargi	País Vasco
Parejo Texeira, Pablo	Extremadura	Mardones Salazar, Juan	País Vasco
Díaz Hernández, Alberto	Extremadura	Berriatua Valle, Miguel	País Vasco
Martín Esteban, Patricia	Extremadura	Michelena Picabea, Kepa	País Vasco
Moreno González, Antonia	Extremadura	Merino Prieto, Miguel Ángel	País Vasco
Salmoral Pérez, Francisco de Asís	Extremadura	Martínez Minguito, José Luis	País Vasco

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**



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 3305  
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 Páin Workabout:  
Introducción y salida de datos en formatos:  
CLIP, ISTRAM, ISPOL, ficheros ASCII, etc  
Taquimetría - Replanteo - Perfiles

López López, Daniel	País Vasco
Cabado López, Verónica	País Vasco
Hernández Gómez, Diana	País Vasco

**JUBILADOS**

Hernández Martínez, Antonio	Castilla y León
González Esteban, Francisco	Madrid

**FALLECIDOS**

Gallego González, Pedro Maria	Andalucía
Caballero Villar, Juan M.	Andalucía
Vinuesa López, Eduardo	Andalucía
García Lanaspá, Pascual	C. Valenciana
Crispín Martínez, Francisco	C. Valenciana
Plaza Moreno, Antonio	Castilla-La Mancha
Carnero Rivas, Guillermo	Castilla y León
Pérez Sáez, Manuel	Madrid
Susín Galán, Germán	Madrid
De Vidania Y Olasagasti, Juan Maria	Madrid
Esteban Lillo, José L.	Madrid
Beracoechea Sorondo, Miguel	País Vasco

**BAJAS VOLUNTARIAS**

Nieto Cubillas, M <sup>a</sup> Esperanza	Andalucía
Jiménez Rodríguez, Francisco	Andalucía
Salamanca Zafra, Mónica	Andalucía
Lanero Parrado, Agustín	Asturias
García Rodríguez, Alejandro	Asturias
Álvarez Santianes, Carlos M.	Asturias
Bosch Bosch, Eloi	Baleares
Girones Sempere, M <sup>a</sup> José	C. Valenciana
Lozano Martínez, Manuel	C. Valenciana
Martínez Salinas, Laura	C. Valenciana
Garrido Villen, Natalia	C. Valenciana
Tormo Fortea, Consuelo	C. Valenciana
Herraiz Atienza, José Luis	C. Valenciana
Orduna Carrasquer, Yolanda	C. Valenciana
Cervera Linares, Trinidad	C. Valenciana
Porto Ferro, Ricardo A.	C. Valenciana
González Santana, Julia M <sup>a</sup>	Canarias
García Mendoza, Manuel A.	Canarias
López Suárez, Fátima	Canarias
Espadas González, Cristina	Castilla-La Mancha
Álvarez Senent, Alicia	Castilla-La Mancha
Rubio Ramos, Antonio	Castilla y León
Crespo Sanz, Antonio	Castilla y León
Iglesias Molina, José Amador	Cataluña
Batalla Anguita, Roberto	Cataluña
Cubi Quadrada, Joaquim	Cataluña
Tapia Mico, Sara Isabel	Cataluña
González González, Juan Carlos	Cataluña
Franquesa Perich, Bernat	Cataluña
Faja Flores, Nuria	Cataluña

Castillo Hidalgo, Antonio	Extremadura
Rebollo Castillo, Fco. Javier	Extremadura
Díaz Prieto, César	Extremadura
Porcel Cots, M <sup>a</sup> Teresa	Madrid
Azuela Pérez, Julio	Madrid
Solís Prada, M <sup>a</sup> José	Madrid
Morales Nieto, Juan Carlos	Madrid
Moreno Manso, Francisco J	Madrid
Gómez Liste, Begoña	Madrid
Estebala del Prado, Miguel A.	Madrid
Diez Montenegro, M <sup>a</sup> Teresa	Madrid
Blázquez López, Miguel	Madrid
Molina Sánchez, Iñigo	Madrid
Alcalá Caparroz, Roberto	Madrid
Valera García, Eva Maria	Madrid
Cano Gutiérrez, Miguel A.	Madrid
Santos Martínez, Ana Isabel	Madrid
Álvarez Pérez, Antonio	Madrid
Anastasio Sánchez, Montserrat	Madrid
López Ramasco, Javier	Madrid
Bonilla Trimiño, Raúl	Madrid
Vega Cambero, Alejandro	Madrid
Huélamo Gallego, Pedro M.	Madrid
Morales Cerda, José	Madrid
Ordás Carrillo, Juan	Madrid
García Lorenzo, José A.	Madrid
Duro Hernández, Marciano	Madrid
Arranz Torres, Eduardo	Madrid
Barroso de las Heras, Eduardo	Madrid
Jiménez Calderón, Miguel	Madrid
Fernández Tabasco, Jesús	Madrid
García Rodríguez, Amada	Madrid
Mederos Pereira, Belkis	Madrid
Santos Pérez, Luis Julián	Madrid
Fernández de Landa Rejado, Eduardo	País Vasco
Ortiz de Zárate Lazcano, Begoña	País Vasco
Galván Fernández, Cristina	País Vasco
López Ortiz, Oscar	País Vasco
Villén Ruiz, Francisco Manuel	País Vasco

**BAJAS POR APLICACIÓN DEL ARTÍCULO 48.2**

González Martínez, Francisco	Andalucía
Lorente Muñoz, Fco. Javier	Andalucía
Zafra Milla, Francisco	Andalucía
Ruiz Garrido, José Antonio	Andalucía
Martín Gutiérrez, Ángel Luis	Canarias
Rodríguez Rodríguez, Juan Andrés	Canarias
Pablo Hermida, Fernando	Castilla-La Mancha
Barrios Frechilla, Sicilio	Castilla y León
Domínguez Álvarez, Agustín	Extremadura
Arce de la Cruz, Juan	Extremadura
Rincón Moreno, M <sup>a</sup> Gema	Extremadura
De la Cruz Rodríguez Gordillo, Manuel	Extremadura
Navarro Díaz, Elena	Galicia
Quirós Paz, Félix	Madrid
Gutiérrez Hernández, Álvaro	Madrid
Barrenechea Marín, Ignacio	Madrid
Manrique Paccini, M <sup>a</sup> Cristina	Madrid
Samaniego Fernández de Jáuregui,	Madrid
Miodrag, Ivanovic	Madrid
Carrascal Minguela, Juan	País Vasco

# PROTOPO



Software Técnico de Cálculo Topográfico  
y Trazado Lineal de Carreteras

## Ahora PROTOPO para AUTOCAD 2004



Jacometrezo, 15 - 28013 Madrid.  
Tfno.: 91 . 542 . 24 . 71\* - FAX: 91 . 547 . 14 . 57  
[www.microgesa.com](http://www.microgesa.com) - [info@microgesa.com](mailto:info@microgesa.com)



# 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 € <input type="checkbox"/>	45 € <input type="checkbox"/>	
Países C.E.E.....	46 € <input type="checkbox"/>	67 € <input type="checkbox"/>	
América.....	46 € <input type="checkbox"/>	74 € <input type="checkbox"/>	(con suplemento aéreo)
Otros países.....	48 € <input type="checkbox"/>	75 € <input type="checkbox"/>	(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

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](mailto:consulta@cnig.es) • [webmaster@cnig.es](mailto:webmaster@cnig.es)  
<http://www.cnig.es>

# Indice Comercial de Firmas



**AL-TOP**

TOPOGRAFIA, S.A.  
TOPO CENTER®

ALQUILER Y VENTA DE  
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

SERVICIO TÉCNICO OFICIAL DE:



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

## 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.: 93 418 66 02 Fax : 93 487 10 87  
Móviles: 629 34 16 26 / 630 02 47 01  
E-mail: rodolfo.berge@upcnet.es



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](http://www.aticsa.net) 06011 BADAJOZ



SANTIAGO  
& CINTRA

Distribuidor GPS Trimble

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@santiagoocintra.es



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](mailto: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](http://www.acre-sl.com)



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](mailto: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](mailto:centro@laserrent.es) • [www.laserrent.es](http://www.laserrent.es)