TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA

TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE
INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

SIEMENS
NIXDORF

1

¡Preparados!

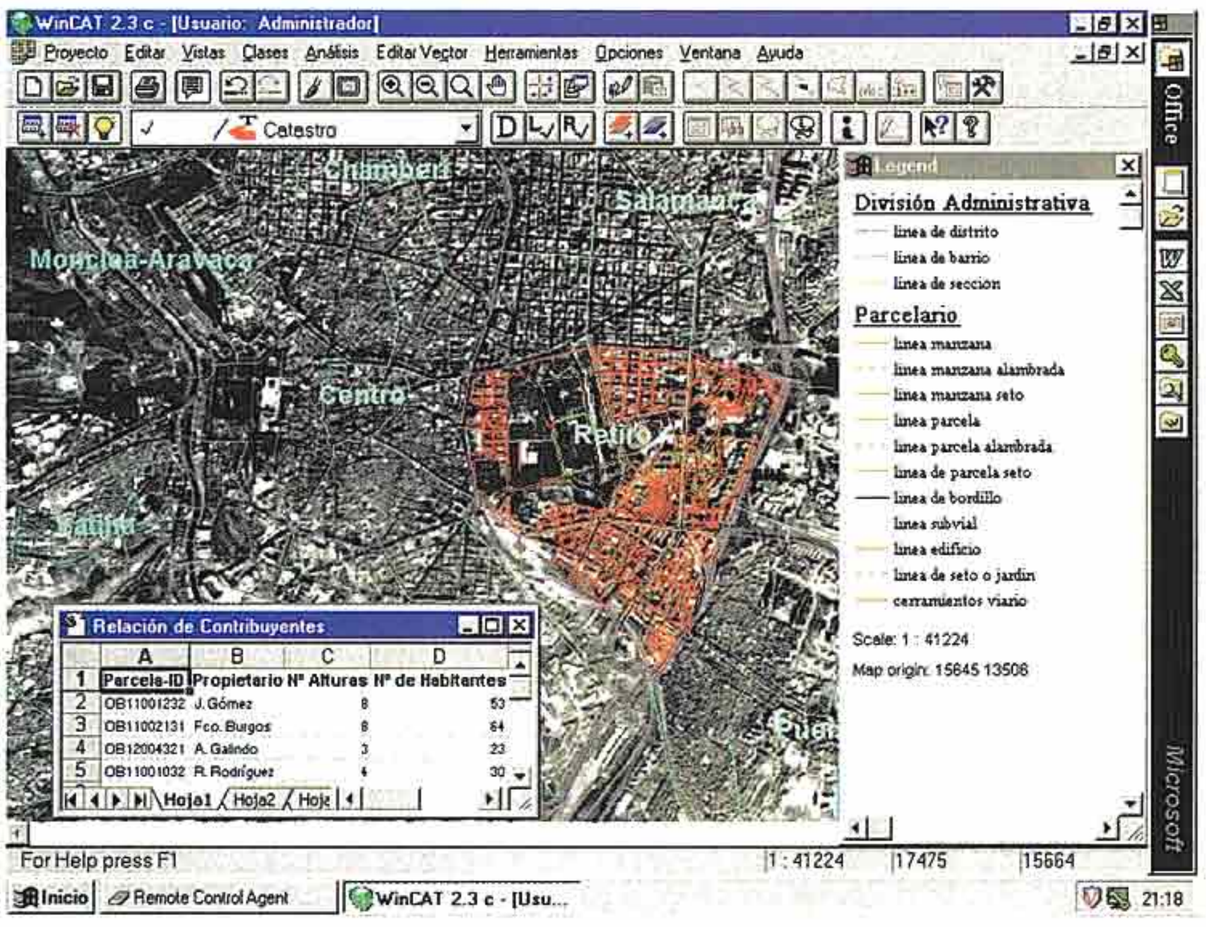
- El Ayuntamiento necesita con urgencia un Geosistema de Información Municipal para la gestión integral de su territorio. Urbanismo debe incorporar el planeamiento urbano y el área de Seguridad necesita implantar un Sistema de Intervención para Bomberos y Policía integrado con el callejero.
- La compañía de Servicios y Abastecimiento de Aguas no puede esperar un segundo más para disponer de un sistema de Gestión de Clientes integrado con el Sistema Técnico de Red, que permita responder rápidamente a las demandas de los ciudadanos y del servicio, creando nuevos productos y facturándolos conforme a las reglas del mercado.

2

¡Listos!

- ¿Un sistema de gestión municipal integrado? ¿En el que se integren en un modelo de datos relacional la información del ciudadano y del territorio? ¿Donde tenga cabida igualmente la información del catastro, del planeamiento, del medio ambiente, de las compañías de servicios y suministro de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones?... ¿Y todo ello en un entorno homogéneo?
- ¿Un nuevo sistema competitivo y diferenciador de clientes integrado en el sistema de red? ¿Listo para afrontar los retos de un nuevo escenario liberalizado? ¿Capaz de afrontar el reto del EURO y adaptarse a la continua evolución de los procesos de desregulación?

3



¡Ya!

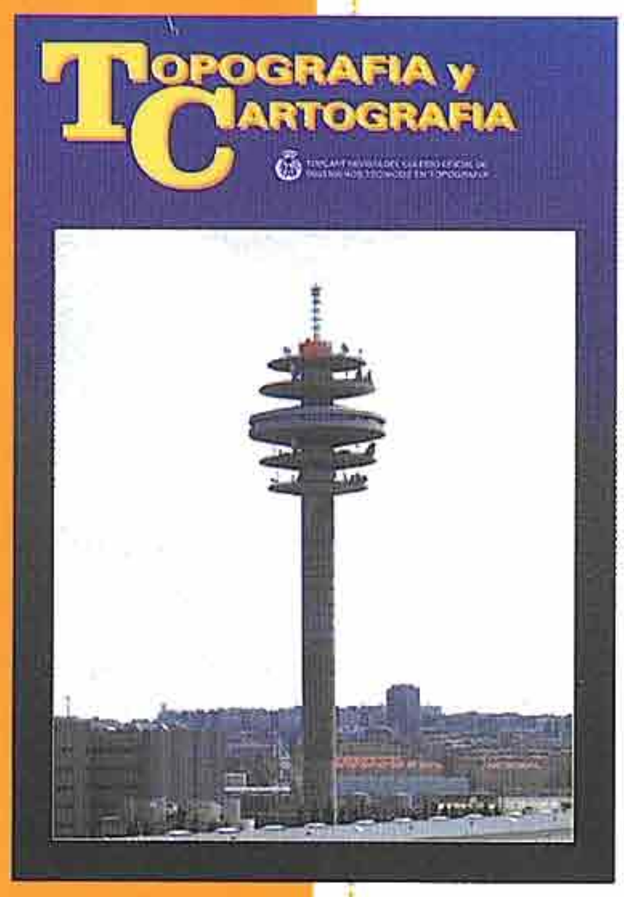
- **¡Siemens Nixdorf sí puede!** Colaborar en la gestión del territorio de una manera eficaz y próxima al ciudadano, contribuir a la generación de valor en su negocio, aportar soluciones tecnológicas y sin fronteras para las organizaciones de un nuevo siglo.
- **SICAD** es el geosistema de información **abierto** que le permite integrar sus geodatos en un entorno estándar e integrado bajo Microsoft Office, aportando las nuevas tecnologías de la información al servicio del **Usuario**. **SIGRED** es el sistema integrado para la gestión de redes de distribución (agua, gas y electricidad) que permite la integración de los sistemas técnicos, comercial y de operación. (p.e. SICAD, SAP R/3, SCADA, Oracle, Internet, etc.).

Siemens Nixdorf Sistemas de Información S.A.,
Ronda de Europa 5, 28760 Tres Cantos, Madrid,
Tel. 91 806 91 00, Fax 91 806 93 50
http://www.sni.es

Siemens Nixdorf: Soluciones Centradas en el Usuario

REVISTA DEL ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



Nuestra portada:

Torre de Correos y Telecomunicaciones de Viena (Austria), que sirvió como zona de pruebas para un aplomado oblicuo con grandes diferencias de altitud (fotografía cedida por la Oficina Austríaca de Turismo)

Vol. XV - N.° 86
Mayo-Junio 1998

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.° 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

Sumario

Ensayo de aplicación de la metodología de reconocimiento de territorios a través de un SIG: los sistemas territoriales de un sector de la Cuenca Alta del Jarama 2
Mª Luisa Martínez Hernández, Julio Muñoz Jiménez

Aplomado oblicuo con teodolito 20
Thomas A. Wunderlich.

Determinación del grado de incertidumbre de las observaciones que se realizan con un equipo topográfico (y III) 30
Mercedes Farjas Abadía, José Antonio Sánchez Sobrino, Antonio Vázquez Hoehne.

Replanteo de estructuras en obra civil: Tableros de hormigón pretensado 38
Carlos Carbonell Carrera.

Aplicación de la Técnica de Medición GPS a la triangulación de la Zona Central de Asturias 46
Delfín Puente Rodríguez, Benjamín Sánchez Fernández, Abel Camblor Ortiz, Eugenio Sáez García.

La interfaz de usuario en los SIG considerada como un factor económico en la digitización manual de mapas 53
Werner Kuhn, Peter Haunold, Andrew V. Frank.

XI Congreso Internacional de Estudiantes de Topografía y Geodesia IGSM'98 64

Novedades Técnicas 70

Vida Profesional 76

Indice Comercial 79

Autora:
M.ª Luisa Martínez Hernández
Director:
Julio Muñoz Jiménez

Ensayo de aplicación de la metodología de reconocimiento de territorios a través de un SIG: los sistemas territoriales de un sector de la Cuenca Alta del Jarama

1. Introducción

En los últimos tiempos han ido adquiriendo una importancia creciente los estudios de análisis territorial previos a los proyectos de ordenación propiamente dichos y a la definición de estrategias de desarrollo regional. Como consecuencia de ello, se ha realizado en este campo una importante labor de elaboración y experimentación de nuevos métodos de estudio, los cuales han ido incorporando los avances registrados en las ciencias y en la tecnología.

En este encuadre se localiza el trabajo que en parte se presenta en este artículo, y que corresponde a una tesina leída en el Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad Complutense. En ella se experimenta una nueva metodología de "reconocimiento de territorios" a través de la tecnología que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En concreto, en las siguientes páginas se va a presentar y comentar el resultado geográfico obtenido mediante el nuevo método, aplicado a un área determinada de estudio, resultado que en definitiva consiste en la determinación de la estructura territorial de la zona de ensayo.

La metodología propuesta se puede resumir de la siguiente forma: se trata de adaptar el trabajo con un sistema de información geográfica, al análisis que se hace en la metodología de **Reconocimiento de Tierras de la CSIRO**. Para ello, se ha utilizado como instrumento técnico un SIG de tipo raster, IDRISI, que permite aplicar diversos tipos de análisis estadístico a las capas temáticas o imágenes, cuya información espacial está representada por celdillas o píxeles regulares que toman un valor concreto de la variable en cada caso (**IDRISI** es un SIG que incorpora además un módulo de tratamiento estadístico de imágenes). La introducción de la información de las cartografías temáticas base en el sistema se ha hecho digitalizando, codificando y georreferenciando mediante el sistema **ARC/INFO**.

La adaptación metodológica desarrollada ha sido doble, pues se han tenido que hacer algunos cambios en relación al trabajo habitual en un sistema de información geográfica, y también en relación al trabajo de la escuela australiana de la CSIRO:

- En relación al trabajo con un SIG, la modificación que se introduce es la aplicación de técnicas de análisis estadístico, que habitualmente se utilizan en las ciencias experimentales (con datos experimentales) y que, trabajando con información espacial, se utilizan en el trabajo con imágenes de teledetección. En concreto, los análisis estadísticos aplicados son el Análisis de Componentes Principales y el Cálculo de los Clusters, que permiten sintetizar la estructura del territorio, las unidades jerárquicas en que éste se configura.
- En relación al método de reconocimiento de tierras, la novedad principal viene dada por lo dicho anteriormente, es decir, por introducir cálculos estadísticos, matemáticos, en la averiguación de la estructura territorial, eliminando en lo posible la subjetividad que se puede introducir al deducir dicha estructura mediante un análisis puramente visual y escasamente cuantitativo, como habitualmente se realiza al aplicar este método de estudios integrados del territorio.

Para poder aplicar las técnicas estadísticas citadas, se ha tenido que hacer un gran esfuerzo en averiguar cómo cuantificar las variables descriptivas del territorio y sus relaciones, pues se parte de datos que no proceden directamente de la experimentación, sino de mapas con datos cartográficos. Finalmente, la transformación de la información puramente nominal de cada capa temática en información cuantificable, se realiza pasando la escala nominal de la leyenda de cada mapa temático base a una esca-

la ordinal, en la que existe una interrelación entre los valores. Este cambio de escala se efectúa ordenando las categorías de cada variable de acuerdo a determinados criterios (diferentes según el tema concreto en cada caso), de forma que los valores de cada variable tienen una relación de proximidad o lejanía entre sí (por ejemplo, el valor 1 está más próximo al 3 que al 5; el 3 tiene más relación con el 5 que con el 7; etc.). Con la nueva codificación de los datos, ya sí se puede operar matemáticamente, calculando varianzas, correlaciones, etc., sin que el contenido temático de la información haya sufrido variaciones.

Con todas las capas o estratos de información temática que forman el sistema de información geográfica así configurado, de acuerdo a escalas ordinales, se procede ya a aplicar los procedimientos técnicos citados que permiten analizar y finalmente sintetizar la estructura del territorio estudiado.

2. Selección de la zona de estudio

El área seleccionada para ensayar la nueva metodología responde a unas características que se han considerado idóneas para los objetivos y el perfil de la investigación. Dichas características son las siguientes:

1. Ser un área conocida y de la que se cuenta con estudios del medio físico ya elaborados. Al tratarse de un ensayo metodológico, es conveniente tener de antemano alguna idea de los resultados que se esperan de la investigación, para poder contrastarlos después con los realmente obtenidos.

2. Ofrecer cantidad, variedad y contraste en lo referente a los componentes del medio físico. Esto facilita la investigación, pues genera necesariamente una mayor cantidad de unidades estructurales diferentes, que ofrecen más posibilidades de valorar y calibrar resultados. Así mismo, el hecho de ser un territorio de gran diversidad hace que sirva como modelo en el que se pueden resumir gran parte de los casos que pudieran presentarse si se aplicase el método a otros ámbitos. Por otra parte, parece evidente que la utilización de un sistema de información geográfica para estudiar un área de escasa complejidad no es rentable, pues supone una inversión en tiempo y medios, excesiva para el objeto planteado.

Cumpliéndose los requisitos anteriores, la delimitación concreta del área de estudio se vio también condicionada por las divisiones que el Instituto Geográfico Nacional ha hecho para la elaboración de los modelos digitales del terreno del denominado MDT-200. Esto influye porque la base de datos se comienza a elaborar a partir de la información de alturas que ofrece uno de esos modelos digitales.

En lo referente a la escala, se escoge la 1:100.000 por varias razones:

- Por considerar que, permitiendo trabajar con un territorio relativamente extenso, mantiene el suficiente nivel de detalle como para poder distinguir componentes y rasgos de interés para el propósito del estudio.
- Por ser una escala en la que existe bastante información a disposición del público, lo que evita un excesivo trabajo añadido de documentación.
- Por ser la escala de la base cartográfica del MDT-200 del Instituto Geográfico Nacional. Esto condiciona, por lo tanto, la escala a la que se deben encontrar el resto de las capas de información.

2.1. Localización del área de trabajo

El área de estudio está situada en un sector de la cuenca alta del río Jarama, y su superficie se reparte entre las provincias de Madrid y de Guadalajara. Incluye territorio de la cuenca sedimentaria del Tajo ("cuenca de Madrid") y parte de las sierras de Guadarrama y Somosierra, que constituyen el Sistema Central en esta zona.

EL FUTURO EN SUS MANOS

POCKET CARTOMAP

L'ESTUDI GRÀFIC

Pocket CARTOMAP 1.0

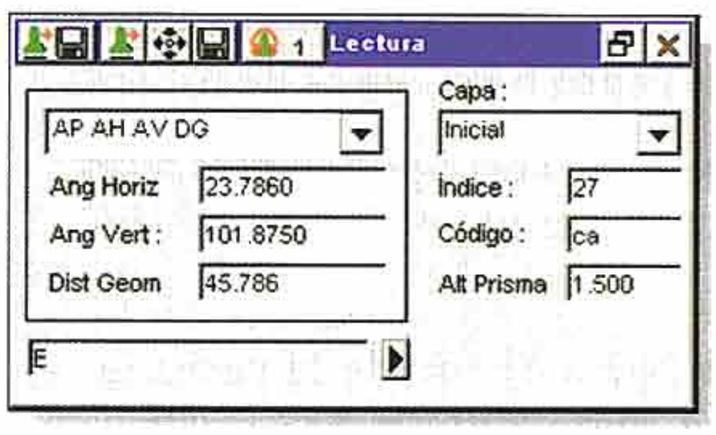
Aplicación informática para topografía en campo

Funcionamiento

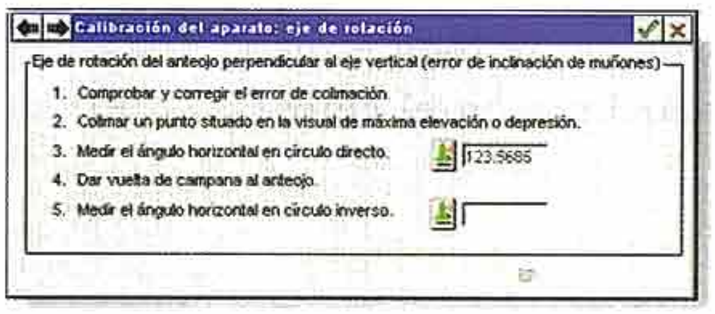
Sobre ordenadores compatibles con Windows CE 2.0 en formato HandHeld PC o Palm PC.

Entrada de datos

Comunicación directa con diferentes equipos topográficos (Estaciones totales, GPS, niveles,...), además de medición con cinta y entrada de datos manual. Posibilidad de sistemas One Man controlando remotamente estaciones motorizadas.



Asistente de calibración del aparato para comprobación de hasta nueve errores sistemáticos, con información de los errores detectados.



Tratamiento de datos

Múltiples posiciones por cada estación. Varios tipos de visuales (adelante, atrás, orientación, intersección,...). Múltiples códigos por cada punto.
Memos de texto, imágenes, audio y/o video asociadas a cada elemento.

Almacenamiento de datos históricos de cada estación y punto. Representación gráfica de todos los datos introducidos.

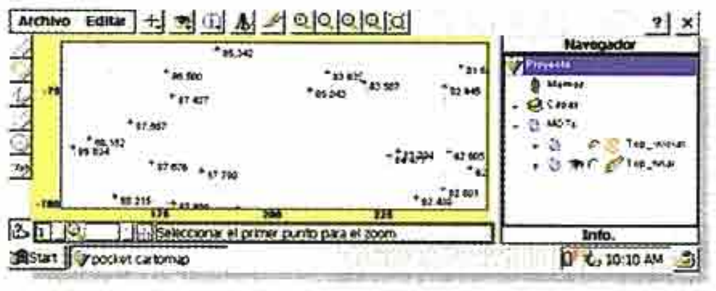
Cálculos

Compensación de poligonales por diversos métodos y en UTM.

Transformaciones: Traslaciones, giros, cambio de sistema de coordenadas, factor de escala y Helmert. Intersecciones: directas, inversas y mixtas.
Mediciones de alta precisión: Bessel, reiteraciones y repeticiones.
Conversión de coordenadas geográficas <-> UTM <-> Planas.

Modelo Digital del terreno

Cálculo del MDT en tiempo real.
Regeneración automática al introducir o eliminar puntos.
Soporta múltiples MDT en un mismo proyecto. Edición interactiva del MDT.



Curvado

Curvado con hasta cinco tipos de curvas de nivel. Curvado suavizado y numerado por diversos criterios.

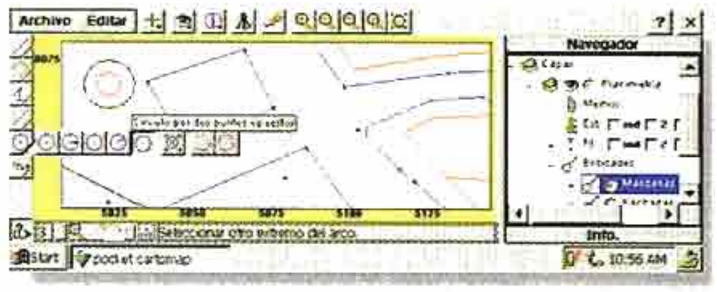
Sólo ANEBA podía hacerlo posible.

ANEBA

Nicaragua, 48-2° 6ª
Tel.+34-93-4103914 Fax.+34-93-4302769
08029 BARCELONA (España)
Web: www.aneba.com e-mail: aneba@aneba.com

CAD

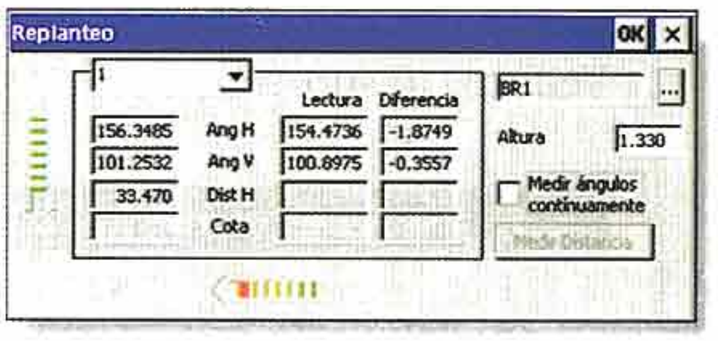
Todo tipo de funciones para dibujar líneas, arcos, polilíneas, textos, símbolos,...



Operaciones anidadas. Barra de información y ayuda al dibujo. Paletas de tipos de línea, Paletas de colores, Paletas de estilos de texto. Múltiples posibilidades de información: Entre puntos, entre punto y un elemento gráfico, superficie delimitada por puntos o por entidad gráfica.

Replanteo interactivo

Asistente para el replanteo interactivo de cualquier dato del sistema que puede haber sido generado por el sistema de CAD, traspasado de un proyecto CARTOMAP,...
Se contempla el manejo automático de estaciones motorizadas.



El auxiliar de CARTOMAP

Transmisión a CARTOMAP de los datos tomados en campo.
Recepción de proyectos de CARTOMAP (incluyendo ficheros ASCII, DXF, DGN, DIGI, BC3, DGRAF, PLANCAR,...).

Facilidad de manejo

Navegador de datos. Información contextual de los elementos de la interface de usuario. Ayuda en línea. Soporte técnico.
Avalado por la experiencia de más de 2000 usuarios de CARTOMAP en 30 paises.

Su localización geográfica exacta viene determinada en la hoja 10-10 ("Torrelaguna") del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:100.000, por las siguientes coordenadas UTM:

X mínima = 437.000
X máxima = 484.000

Y mínima = 4.503.000
Y máxima = 4.539.000

Las características fisiográficas generales se pueden resumir en las siguientes líneas:

Desde el punto de vista topográfico, se aprecian dos grandes zonas o ámbitos:

- Una, ocupando el O, NO y N del territorio, definible como un conjunto de relieves montañosos pertenecientes al Guadarrama oriental y a Somosierra-Ayllón, en cuyo piedemonte destacan algunos elementos aislados, como la Sierra de la Cabrera, el cerro de San Pedro o la Cabeza de Arcón.
- Y otra, que ocupa el E y S del área, en la que predominan las plataformas (correspondientes a las "rañas" de Mesones-Uceda) y las formas llanas (vegas y campiñas del Jarama, el Henares y sus afluentes).

Altitudinalmente, por lo tanto, el área presenta un claro descenso de NO a SE, desde la curva de nivel de los 1.800 m (con puntos que superan esta cota en el Guadarrama, como Cabeza de Cervunal, con 1.838 m), hasta la de los 600 m en el valle del Jarama. Sin embargo, al SE de este valle vuelven a alcanzarse elevaciones en torno a los 800-900 metros, correspondientes a la raña.

En relación a la hidrografía, hay que resaltar como eje principal de la red de drenaje al río Jarama, que atraviesa el sector más oriental con sentido N-S.; en algún tramo se constituye en línea de separación entre el mundo de la sierra y el de la cuenca. A él afluyen otros ríos de cierta importancia, destacando el Lozoya (con la importante presa de El Atazar) al norte, y el Guadalix (con el embalse de El Vellón), al suroeste.

3. Selección de las capas de información

Inicialmente se seleccionaron las capas de información que en la metodología del CSIRO se señalan como básicas para la determinación de la estructura del territorio: ALTITUD, PENDIENTE, TIPO GEOMORFOLOGICO, como variables topo-geomorfológicas; LITOLOGIA, DISPOSICION ESTRUCTURAL, RECUBRIMIENTO EDAFICO, como variables lito-edafológicas; y FITOCLIMA, FORMACION VEGETAL y CAPACIDAD DE USO, como variables relacionadas con la vegetación. La elección de estas variables en concreto, viene determinada fundamentalmente por la escala de trabajo y la dimensión regional de los territorios normalmente estudiados por la escuela australiana.

Finalmente, las capas con que definitivamente se ha trabajado se reducen a seis: ALTITUD, PENDIENTE, UNIDADES GEOMORFOLOGICAS, TIPOS LITOLOGICOS, ASOCIACIONES EDAFICAS y VEGETACION ACTUAL Y USOS. Esta simplificación en la información de partida se debe a razones puramente técnicas, pues al comenzar a trabajar con las nueve variables iniciales aparecieron diversos problemas relacionados con las limitaciones del sistema informático utilizado. IDRISI no tiene la suficiente capacidad como para manipular la cantidad de datos que se generan tras el tratamiento estadístico de la información (en el análisis de componentes principales, por ejemplo). Al mismo tiempo y por idénticos motivos, se hizo necesaria la reducción de la cantidad y variedad de información en cada variable inicial. De ahí que las leyendas de cada mapa temático, los rangos establecidos para cada variable, aparezcan tan simplificados. Es evidente que para un mayor ajuste de los resultados, se precisaría una información de partida algo más detallada, aunque a la escala de trabajo en que se ha realizado el estudio tampoco se precisa excesivo detalle.

4. Las capas de información

Antes de presentar los resultados de la metodología ensayada, se hace imprescindible la presentación de las variables iniciales con un breve comentario general, ofreciendo el panorama general del área de estudio desde el punto de vista temático.

4.1. El mapa de altitudes

La información original corresponde al modelo digital del terreno (MDT) de la zona de estudio, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (MDT 200, IGN, 1.993). El modelo digital contiene puntualmente para cada 200 m^2 el valor de la altura, desde los 620 m hasta los 1.818 m de altura máxima. Estos valores se han agrupado en los rangos que se pueden apreciar en la leyenda del mapa correspondiente. Los intervalos determinados, en grupos de 100 en 100 metros, no introducen excesiva variabilidad en la información (se evita la posterior sobresaturación del sistema por las razones aludidas), y sí la suficiente como para, a grandes rasgos, definir altitudinalmente el territorio.

Lo más evidente al observar el mapa de altitudes es que se puede dividir el territorio en dos grandes zonas:

a) Por una parte, todas las áreas que se encuentran situadas a una altitud de 620 a 920 metros constituyen una gran zona (algo más de la mitad del territorio), relativamente homogénea en relación al resto del área. Las alturas se engloban tan sólo en 3 rangos diferentes de entre los 12 que se han establecido. Se trata del sector correspondiente a la cuenca y a la base de las estribaciones de los grandes conjuntos serranos. La parte de menor altitud corresponde al valle del Jarama y su afluente el Lozoya, dibujándose claramente en el mapa la forma del curso fluvial.

b) Por otra parte, el resto del territorio que se sitúa desde los 920 metros hasta las mayores altitudes, en torno a los 1.820 metros, que constituyen el máximo de los rangos establecidos. Estas zonas corresponden plenamente a la sierra y, como se puede apreciar, presentan una gran variabilidad altitudinal, contrariamente al sector anterior. Las áreas situadas entre los 921 y los 1.120 metros, que son predominantes, sirven de conexión entre los dos núcleos del Sistema Central que aparecen claramente representados en la cartografía: la Sierra de Guadarrama, al oeste, y el macizo de Somosierra-Ayllón, al noreste. Algo más aislados aparecen los pequeños conjuntos en torno a Torrelaguna, en el centro, y al cerro de San Pedro, al suroeste. En los dos casos, apenas se superan los 1.400 metros de altitud (1.425 en el cerro de San Pedro), e incluso no se llega a los 1.200 en el primero.

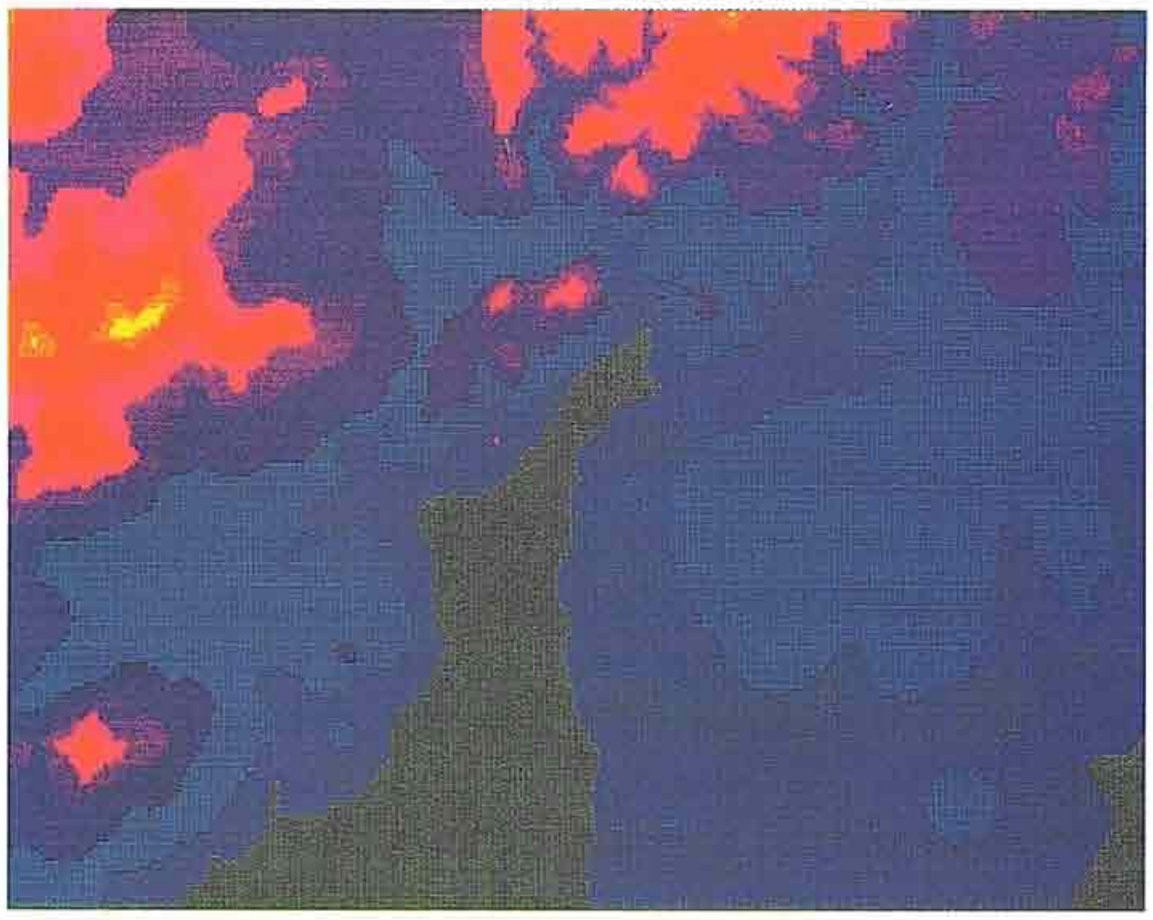
En resumen, se puede decir que ya en esta primera capa de información se vislumbra la separación física entre dos ámbitos, la sierra y la cuenca, la cual va a estar siempre presente cuando se estudien los diferentes mapas temáticos y los mapas de síntesis finales.

4.2. El mapa de pendientes

El mapa de pendientes deriva del modelo digital del terreno, al hacerse los cálculos de las pendientes trigonométricas a partir de los datos que contiene dicho modelo. Tras este cálculo se establecen intervalos regulares de 10° de pendiente (entre los 0° y los 40°), para organizar la información y representar más claramente el mapa, al incorporarlo al sistema de información geográfica. Esta clasificación describe bien el territorio sin necesidad de introducir mayor complicación.

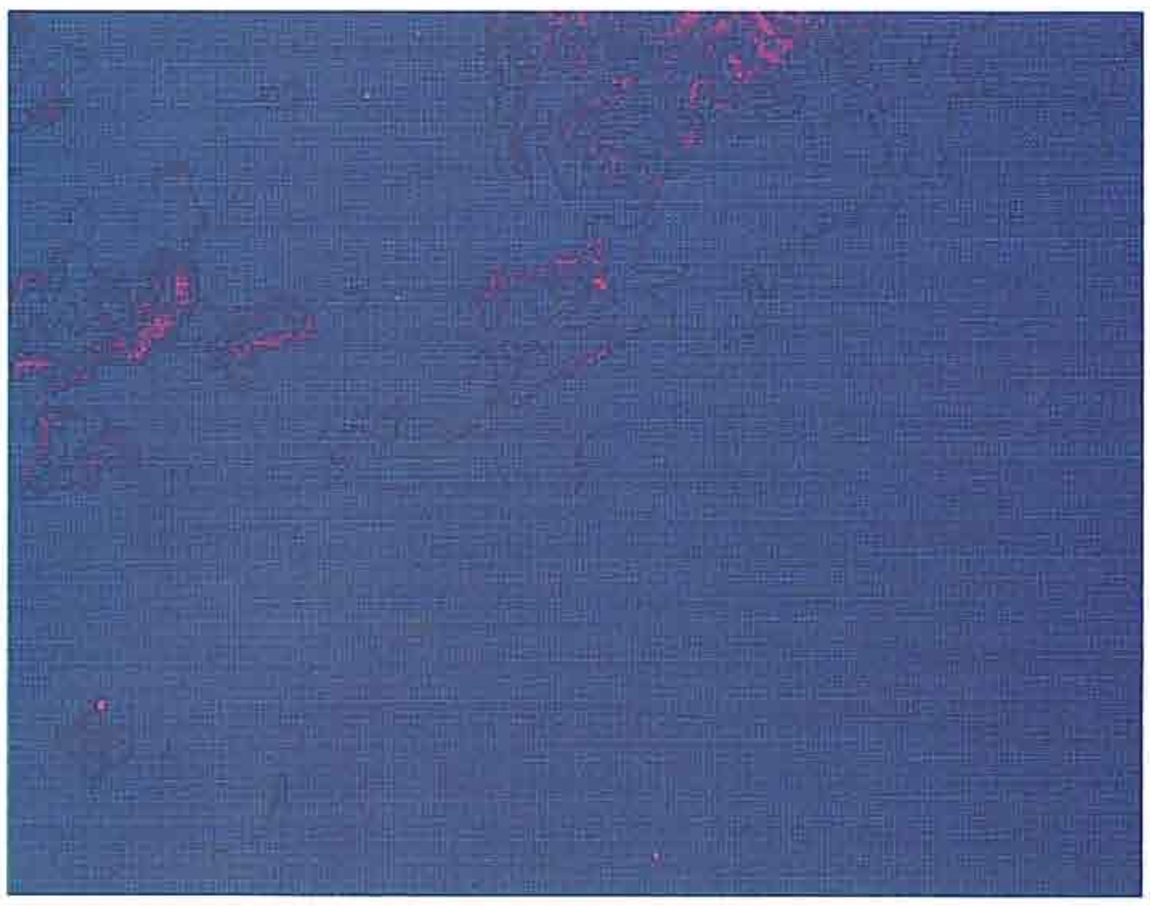
Observando el mapa de pendientes, podemos comentar como rasgos generales más destacables del territorio, que aparece englobado prácticamente en su totalidad en el grupo de los 0° a los 10° de pendiente, que se podría considerar como suave a moderada de acuerdo con la clasificación que Domingo Gómez Orea propone en su "Guía para los Estudios de Ordenación". Frente a esta homogeneidad predominante, se observa el incremento de pendiente en determinadas zonas correspondientes a las áreas

1. MAPA DE ALTITUDES



- de 620 a 720 metros.
- de 721 a 820 "
- de 821 a 920 "
- de 921 a 1020 "
- de 1021 a 1120 "
- de 1121 a 1220 "
- de 1221 a 1320 "
- de 1321 a 1420 "
- de 1421 a 1520 "
- de 1521 a 1620 "
- de 1621 a 1720 "
- de 1721 a 1818 "

2. MAPA DE PENDIENTES



- de 0 a 10 grados.
- de 11 a 20 "
- de 21 a 30 "
- de 31 a 40 "

3. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- Formas de modelado postectónicas recientes (derivadas de la morfodinámica pleistocena y actual).
- Formas de modelado postectónicas antiguas (derivadas de la morfodinámica pliopleistocena)
- Formas de modelado pretectónicas (derivadas de la morfodinámica previa a la tectónica terciaria y dislocadas y desniveladas por ésta; degradadas o parcialmente fosilizadas como consecuencia de los procesos posteriores).
- Formas estructurales desarrolladas sobre series sedimentarias mesozoicas deformadas por la tectónica terciaria.
- Formas estructurales de alto control litológico desarrolladas sobre metasedimentos del zócalo deformados por la tectónica paleozoica.
- Formas estructurales derivadas directamente de la tectónica terciaria sobre materiales plutónicos y metamórficos del zócalo.

TOPCON

¡Entre en la Topografía del futuro, hoy!

Dé un paso seguro hacia el Próximo Siglo con los innovadores Programas de Topcon y su Técnología. 65 años liderando la industria de fabricación de instrumentos.

Desde su creación en 1932, TOPCON ha estado dando forma al progreso de la industria topográfica ofreciendo una línea completa de productos para la topografía con tecnología punta. Adoptando lo que llamamos La Estrategia del "Principio", TOPCON confirma su compromiso con el progreso y su pensamiento siempre por delante.

Empiece el siglo XXI con un Líder. Empiece con TOPCON.

TOPCON
DIVISIÓN TOPOGRAFÍA

TOPCON ESPAÑA, S.A.
Central:
Frederic Mompou, 5 Ed. Euro 3
08960 S. JUST DESVERN/BARCELONA
Tel. 93 473 40 57

Zona Centro:
Av. Ciudad de Barcelona, 81, 1.°
28007 MADRID
91 552 41 60

Zona Norte:
Urtzaile, 1. Edificio Aurrerá
20600 EIBAR/GUIPÚZCOA
943 12 03 00

Begin
65years, Beginning the 21st century.

más abruptas y elevadas de la sierra: pendientes entre 11° y 12°, moderadamente acentuadas, y, en menor medida, de 21° a 30°, como pendientes acentuadas y escarpadas de alta montaña. Los valores superiores a 30° son escasos y se presentan únicamente en las proximidades de las cumbres más altas.

Según el panorama anterior, volvemos a diferenciar en cierto modo las dos grandes zonas o dominios de la cuenca y de la sierra, como en el caso de las altitudes.

4.3. El mapa de unidades geomorfológicas

Se ha confeccionado a partir de diversas fuentes documentales (cartografía geológica, fotografía aérea e imagen de satélite del territorio, de los cuales se da la referencia bibliográfica al final de este artículo).

La escala de la leyenda de este mapa y de los sucesivos, responde a un orden concreto definido de acuerdo a determinado criterio y siguiendo el método que al principio se explicó. En concreto, en el caso de las unidades geomorfológicas, el orden se establece de menor a mayor estructuralidad-antigüedad de los tipos de relieve, desde los modelados más recientes y dependientes de los procesos geomorfológicos externos (modelados fluviales y campiñas), hasta los modelados más relacionados con los factores internos –tectónica y resistencia litológica– y de mayor antigüedad (laderas relacionadas con escarpes de falla y cerros y sierras aisladas de origen litológico o tectónico).

Desde el punto de vista geomorfológico, el territorio de estudio presenta una clara diferenciación espacial entre las zonas con modelados posteriores a la tectónica terciaria, en la cuenca (mitad oriental del territorio), y los relieves derivados directamente de la tectónica terciaria o modificados sustancialmente por ésta, que constituyen la morfología serrana.

4.4. El mapa de tipos litológicos

Se ha elaborado a partir de fuentes documentales semejantes a las del mapa de unidades geomorfológicas. La escala de valores que se ha dado en este caso, responde a un criterio de dureza y antigüedad de los materiales. Los materiales más recientes y blandos corresponden a los valores más bajos en el mapa, aumentando la categoría o valor en la leyenda a medida que aumenta la antigüedad y dureza. De este modo, los valores más bajos se corresponden con las formaciones de material suelto, originadas por la sedimentación fluvial o los depósitos de las rañas, mientras que los más altos se corresponden con los gneises y granitoides, y los granitos en último lugar, pasando por los valores intermedios de arenas, arcillas, conglomerados, pizarras, etc.

Desde el punto de vista litológico, el territorio se puede considerar repartido entre dos grandes grupos de materiales. Estas dos zonas se distribuyen bien al considerar el territorio dividido en dos áreas por una diagonal de dirección SO-NE, correspondiente a la línea que dibujan las rocas carbonatadas del margen serrano:

1. Por una parte la zona dominada por materiales de tipo sedimentario, localizadas en la mitad oriental, correspondientes a los depósitos de cuenca. De materiales deleznables y relativamente blandos.

2. El resto del territorio, situado al oeste de la línea de calizas, lo constituyen los materiales de la sierra, de tipo ígneo y metamórfico, anteriores a la tectónica terciaria, de gran dureza y resistencia a la erosión. En concreto, se observa que los granitos y los materiales producidos por el metamorfismo de éstos localizan en la parte más occidental (Guadarrama), mientras que las pizarras y cuarcitas se localizan en Somosierra y Ayllón. La línea de calizas es la transición entre ambas zonas, y aparece como una zona de valor intermedio (con un grado de antigüedad y dureza intermedio) entre los que corresponden a las unidades del este y oeste del territorio.

4.5. El mapa de asociaciones edáficas

Para realizar el mapa de asociaciones edáficas se ha partido de la cartografía edafológica que el CSIC elaboró en 1973 por encargo del antiguo organismo del Ministerio de Obras Públicas, COPLACO. Se ha realizado un importante proceso de generalización, a partir del cual se ha producido más que el mapa de tipos de suelo, el de grandes asociaciones edáficas. El orden en virtud del cual se relacionan entre sí las diferentes litologías, sigue el criterio del grado de evolución del suelo (a menor evolución más bajo el valor en la leyenda). Hay que resaltar que, al tratarse de agrupaciones de suelos, en los niveles más altos pueden englobarse rankers y otros suelos poco evolucionados, pero siempre como enclaves minoritarios dentro de las clases que porcentualmente predominan en esa asociación, y que son las que la colocan en un lugar determinado (elevado) en la escala.

El mapa de asociaciones edáficas presenta a primera vista una mayor complejidad y un menor orden que los anteriores. En realidad, esta complejidad aparente se debe a la presencia de un mayor número de categorías y, si se observa atentamente, realmente sí existe una cierta ordenación geográfica de las tipologías. Dicha ordenación, además, viene de nuevo a coincidir en cierto modo con el reparto en el territorio de los valores de las variables anteriores (geomorfología, litología, etc.). Así, en general, los valores más bajos –suelos menos evolucionados– se sitúan en el área de la cuenca (excepto los suelos de la raña que, al ser más evolucionados, se localizan en un punto de la escala más elevado). Los valores más altos –suelos más evolucionados– se distribuyen normalmente en el área de la sierra.

De nuevo aparece una cierta dualidad territorial:

1. Por una parte, una amplia zona correspondiente a la cuenca, donde los suelos pardos y variedades de éstos, constituyen la base principal, junto a los mediterráneos, etc. La presencia de litosuelos en el borde de la cuenca es indicadora de la proximidad de la sierra.
2. Por otra parte, la sierra se caracteriza por la presencia de suelos desarrollados, como las tierras pardas, aunque asociadas a suelos poco desarrollados como rankers y litosuelos, pero en menor porcentaje.

4.6. El mapa de vegetación actual y usos

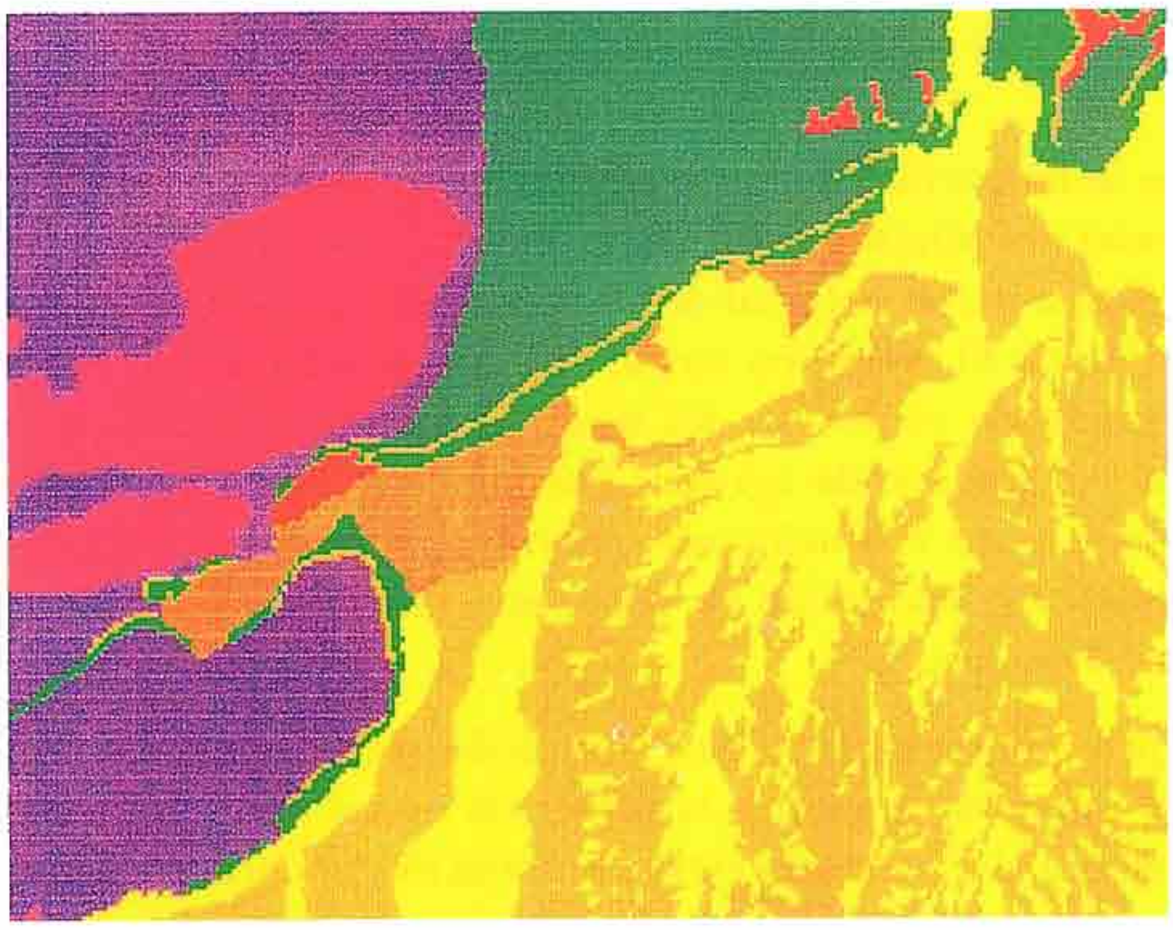
Partiendo de diferentes fuentes documentales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Comunidad de Madrid y COPLACO, se ha confeccionado el mapa de vegetación actual y usos, como la última variable a tener en cuenta, equivalente a lo que también podríamos denominar ocupación del suelo.

El orden gradual de los valores depende de la "naturalidad", unida a la densidad y al desarrollo de la cubierta vegetal, entendiendo como tal el grado de influencia humana en la presencia de uno u otro tipo. Así, los valores más bajos (de menor "naturalidad") se corresponden con las zonas urbanas, seguidas de los cultivos. Las zonas de bosque, por el contrario, estarían menos humanizadas y tendrían un recubrimiento vegetal más desarrollado y denso, por lo que se corresponden con valores más altos.

El mapa de vegetación actual y usos es el que presenta el reparto de categorías sobre el territorio más complejo y aparentemente "desordenado". Esto es lógico tratándose de información relativa a elementos vivos del paisaje, unido a la inclusión de aspectos humanos, todo lo cual introduce un cierto grado de imprevisión en cuanto a la localización espacial. A pesar de esto, se siguen apreciando rasgos no aleatorios en el reparto territorial de las clases, entre los que se deben tener en cuenta los siguientes:

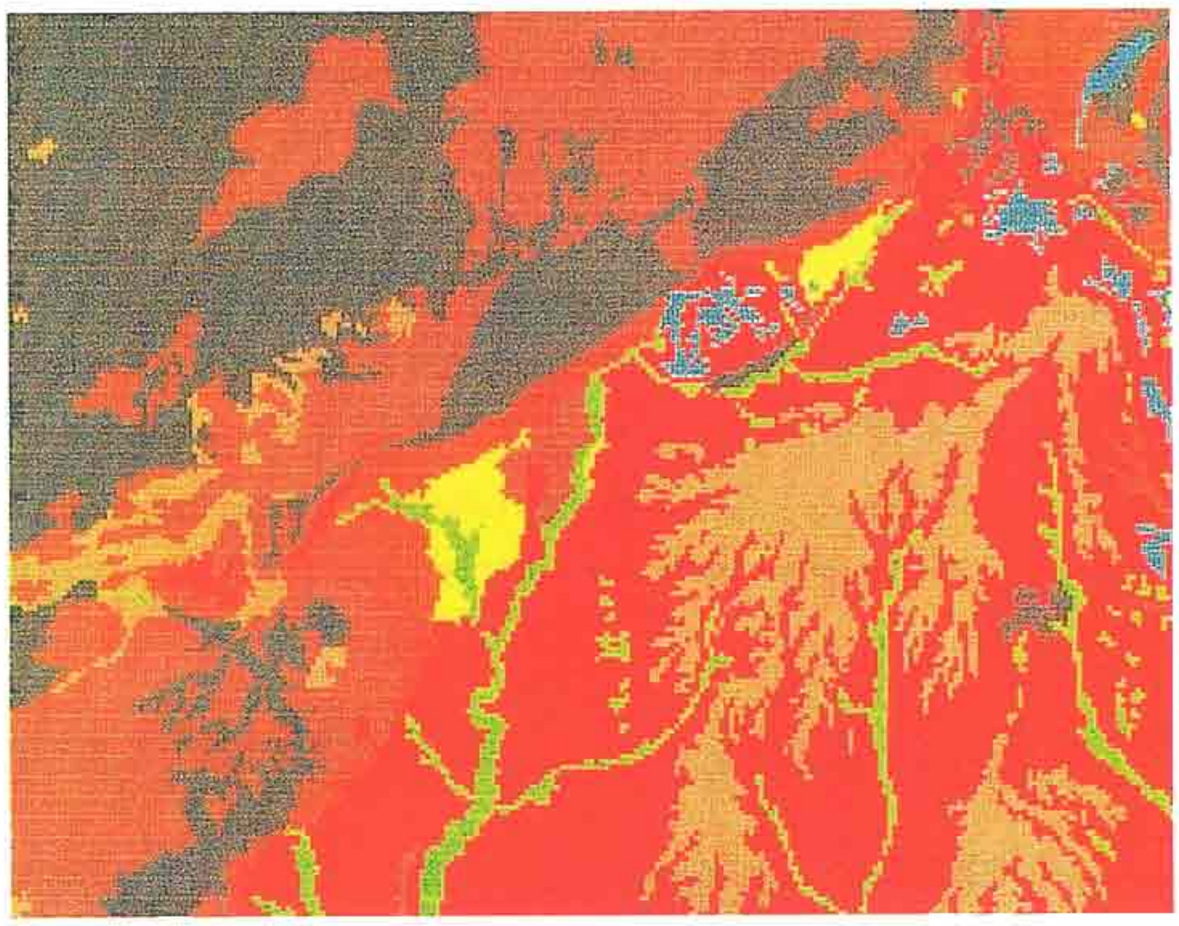
a) En general se aprecia el predominio de la vegetación no arbórea (incluídos los cultivos), como corresponde a una zona intensamente humanizada.

4. MAPA DE TIPOS LITOLÓGICOS



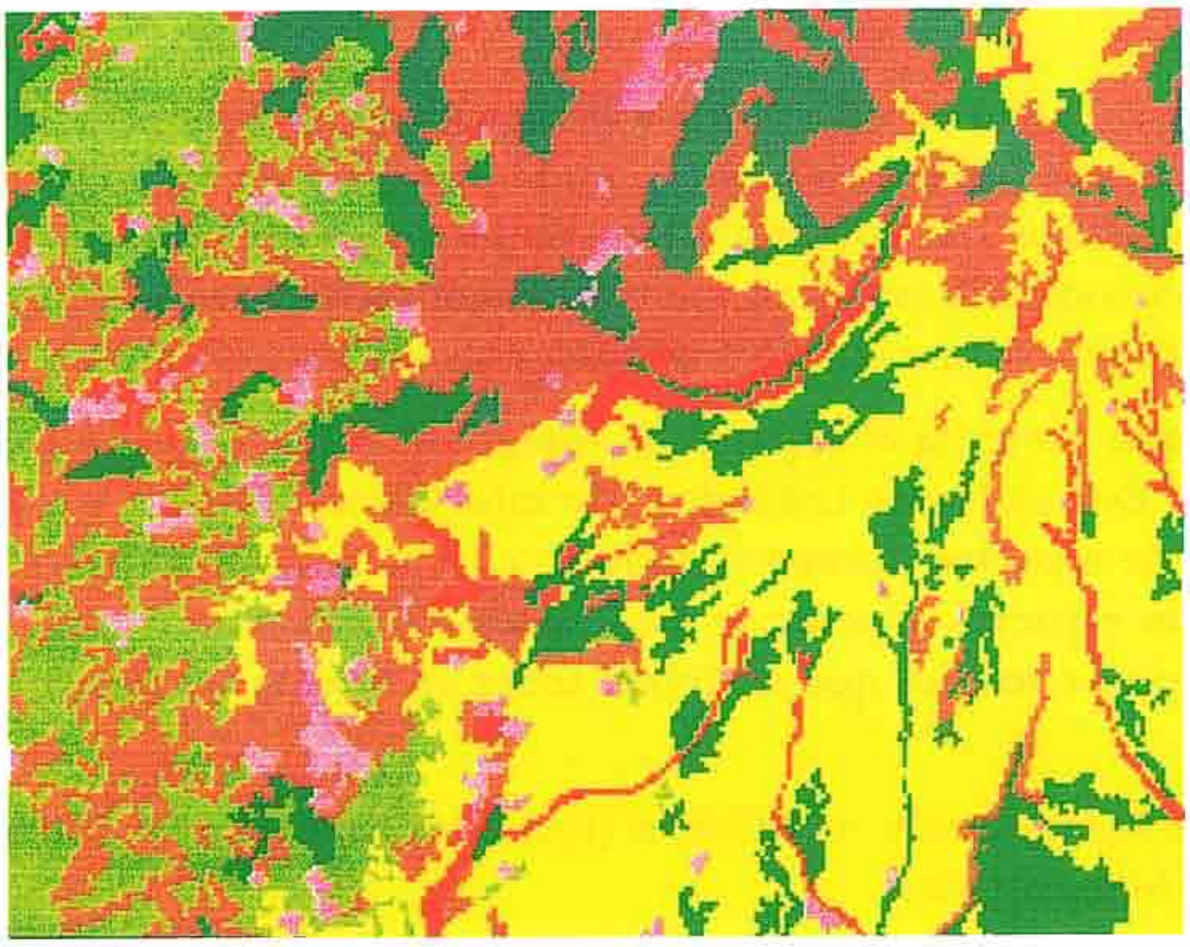
- Formaciones sueltas de cantos y bloques con matriz areno-arcillosa o limosa.
- Arenas silíceas y arcósicas.
- Arcillas y margas, a veces con yesos.
- Conglomerados y areniscas.
- Pizarras y cuarcitas.
- Rocas carbonatadas.
- Gneises y granitoides.
- Granitos.

5. MAPA DE ASOCIACIONES EDÁFICAS



- Planosuelos.
- Suelos aluviales.
- Suelos pardos y xerorendzinas de carácter yesoso.
- Suelos pardos y pardo-rojizos calizos, rendsinas y litosuelos.
- Suelos pardos y rojos mediterráneos.
- Tierras pardas meridionales, xeroranker y litosuelos (a veces de rotlehm).
- Tierras pardas húmedas y subhúmedas, rankers y litosuelos.
- Tierras pardas subhúmedas a veces pedregosas con pseudogley.

6. MAPA DE VEGETACIÓN ACTUAL Y USOS



- Improductivo.
- Cultivos de secano.
- Cultivos de regadío.
- Pastizales y prados naturales.
- Matorral.
- Frondosas.
- Coníferas.

aún más fácil, aún más lejos...

Nueva Versión

TOPOSIS V.5

Programa: 125.000 pta + IVA

Actualización: 25.000 pta + IVA

TOPOSIS V.5

La solución topogràfica para AutoCAD

MÁS FÁCIL:

- Ejemplo completo del programa para su APRENDIZAJE EN 4 HORAS.
- Más diálogos para facilitar la comprensión a través de imágenes.

MÁS LEJOS:

- Sistema de replanteo de puntos, introduciendo pendientes y ángulos.
- Garantizamos la entrada y salida de puntos en cualquier formato, por espacios, comas y columnas.
- Gestor de librería con numerosos detalles constructivos, dibujo de taludes, utilidades de capas y textos.
- Inserción automática de símbolos y líneas de rotura.
- Curvas de nivel delimitadas por contorno generadas a partir de la triangulación.
- Nuevo modelo digital del terreno con caras verticales y en colores.
- Dibujo de clotoides, perfiles longitudinales 3D i 2D, creación de rasantes en diálogo gráfico interactivo.
- Cálculo de acuerdos verticales.
- Sección tipo con variables en diálogo gráfico interactivo.
- Movimiento de tierras con resaltado de áreas de desmonte y terraplén.

DESEO RECIBIR UN DISCO DE DEMOSTRACIÓN CON UN EJEMPLO COMPLETO DEL PROGRAMA SIN CARGO ALGUNO.

Nombre: .....

Empresa: .....

Tel.: ..... **Fax:** .....

Dirección: ..... **C.P.** ..... **Localidad:** .....

ACTIVIDAD: Topografia ☐ Arquitectura ☐ Ing. Civil ☐ Otros ☐

SISTEMES CAD INFORMÀTICA

C/. Emili Grahit, 43 - 17002 GIRONA • Tel. (972) 21 34 41 - 20 62 99 • Fax (972) 20 55 34 • E-mail: siscad@lix.intercom.es

b) En relación a lo anterior, se pueden distinguir tres amplias zonas que fragmentan el territorio:

1. Los prados naturales y pastizales del sector más occidental de la sierra, en las zonas de mayor elevación.
2. El matorral de la mitad oriental de la sierra, que es una zona menos humanizada que la anterior, debido fundamentalmente a la mayor elevación.
3. Una tercera gran zona sería todo el área de la cuenca, representada básicamente por los cultivos de secano y regadío en los valles fluviales.

c) La vegetación arbórea de frondosas y coníferas aparece en manchas dispersas, pero también repartidas de un modo ordenado: las coníferas son el elemento mas "natural" según el concepto de "naturalidad" indicado (se sitúan en grandes manchas en el norte de la Sierra de Guadarrama y en el conjunto montañoso de Somosierra-Ayllón, coincidiendo con las zonas más elevadas y de menor influencia humana). Por su parte, las frondosas se presentan en las zonas de no excesiva altitud y pendiente media, tanto en la sierra como, especialmente, en la cuenca.

En definitiva, aunque con menor nitidez que en casos anteriores, se detectan dos zonas homogéneas:

1. El área de la cuenca, con predominio de los cultivos y mayor influencia de la actividad humana.
2. El área de la sierra donde, en virtud de la topografía y la mayor o menor influencia humana, se diferencia un sector occidental, con predominio de usos ganaderos en los pastos, y un sector oriental con predominio de la vegetación más natural, matorral y coníferas.

5. La integración de las variables y sus resultados

Tras la elaboración de la base de datos, compuesta por los seis mapas temáticos básicos o capas de información en el sistema de información geográfica, se procede a aplicar diferentes técnicas de análisis estadístico. En concreto el **análisis de componentes principales** y el **cálculo de los clusters**, como ya se señaló al principio. De este modo, se consigue la integración de las variables de modo que se sinteticen las unidades integradas que expresan la organización o estructura del territorio, sus diferentes niveles de agregación y jerarquización.

La técnica aplicada es distinta según el nivel de agregación que se pretende conseguir. Así, el mapa de unidades territoriales es el resultado de la aplicación del análisis de componentes principales a la información de las capas temáticas, mientras que los sistemas y grandes dominios territoriales se logran a través del cálculo de los clusters, representando una mayor síntesis.

5.1. El mapa de Unidades Territoriales

A través del análisis de componentes principales, en virtud de la correlación que existe entre los valores de cada variable, se obtienen los diferentes componentes principales de la imagen síntesis de las variables. Como el primer componente es el que resume el mayor porcentaje de la varianza (se ha podido apreciar tanto gráficamente en el resultado cartográfico, como en el resultado numérico, un 63,09%), será éste el que se elija como representativo de las unidades territoriales.

En definitiva, con este tipo de análisis multifactorial se logra pasar de una información original diversificada y fragmentada en temas –las seis capas de información originales– a un resumen estructurado y ordenado, no arbitrario, de dicha información, que se representa en un sólo mapa. De este modo se ha definido el nivel taxonómico inferior de la estructura territorial, correspondiente a las "unidades territoriales".

Por otra parte, el análisis ofrece unos datos numéricos, los de las correlaciones entre las variables, que son muy interesantes para hacer determinadas deducciones en cuanto a la importancia relativa de una u otra variable en el territorio. Además, las variables más influyentes, lo cual se puede ver estudiando las correlaciones medias, serán las que den las claves para decidir la leyenda del mapa de unidades territoriales, es decir, para identificar dichas unidades. Los valores medios de correlación de las variables entre sí son los siguientes:

Para la variable ALTITUD = 0,51
" PENDIENTE = 0,29
" UNIDADES GEOMORFOLOGICAS = 0,53
" TIPOS LITOLOGICOS = 0,45
" ASOCIACIONES EDAFICAS = 0,28
" VEGETACION/USOS = 0,31

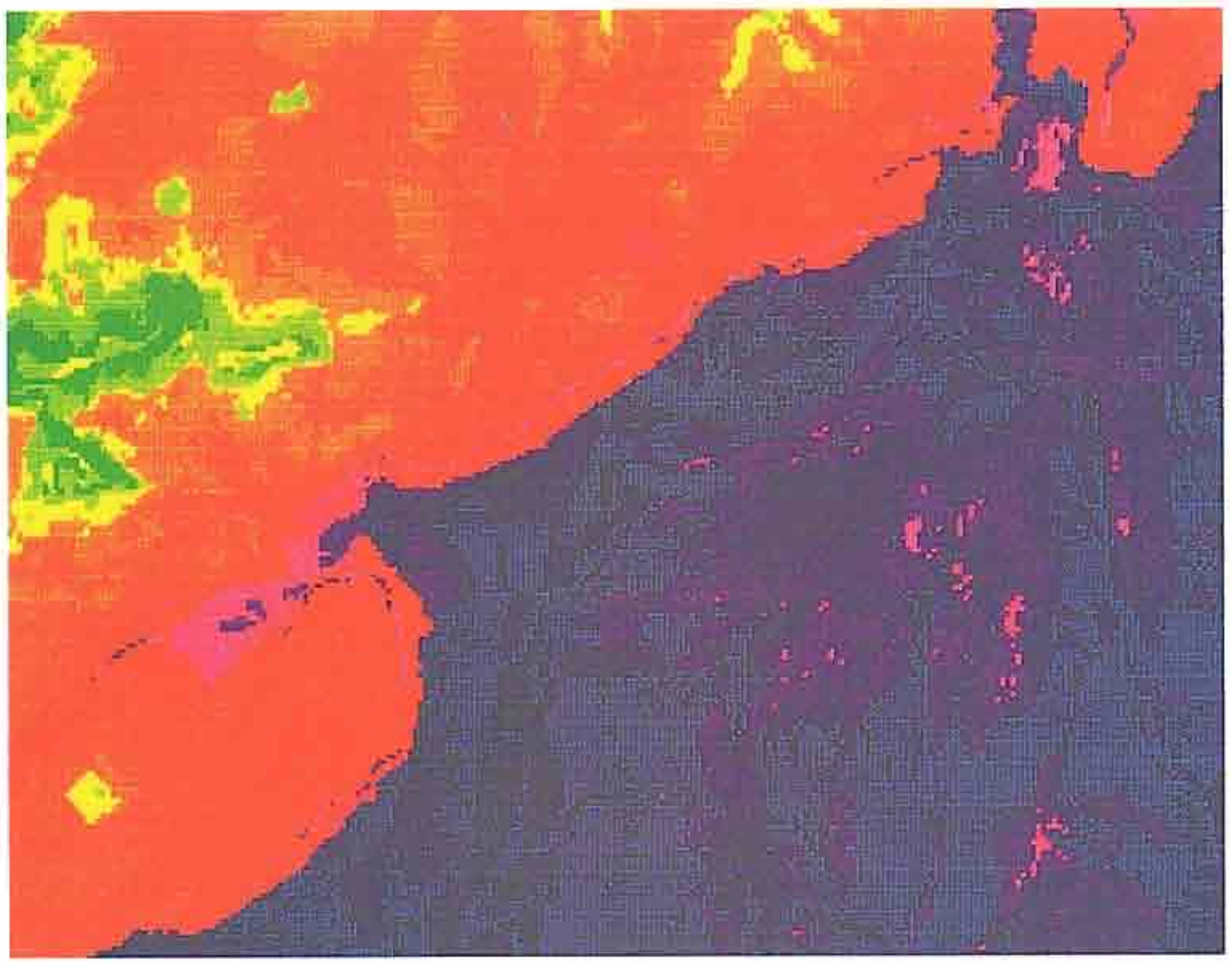
De estos datos se deduce que son los aspectos relativos a la geomorfología y a la altitud los que más influyen en este territorio, y por lo tanto los que se han de tener más en cuenta a la hora de interpretar el resultado, la imagen resultante, del análisis de componentes principales. Lo anterior coincide con la metodología de la CSIRO, en donde se señala que a la escala territorial en que se está trabajando, es la estructuralidad (las variables estructurales) la que más influye en la organización del paisaje. A pesar de esto, si consideramos las variables por separado se aprecia cómo en las unidades que aparecen en el área de la cuenca tienen aún mucha importancia las variables que podrían considerarse como biogeográficas (usos y suelos), en las que hay una mayor influencia humana, así como la litología, que a su vez influye directamente en la edafología. Por el contrario, en la sierra la predominancia es del componente que podríamos denominar abiótico, incluyendo en él la geomorfología, litología y altitud principalmente.

Por último, hay que resaltar también que los valores de las unidades en la escala de la leyenda del mapa de unidades territoriales aparecen con un orden gradual semejante al que se fue definiendo para cada variable por separado. Las unidades que están más próximas en la leyenda están más correlacionadas entre sí, al contrario que ocurre con las más alejadas. Del mismo modo, en el mapa se observa que las unidades más correlacionadas aparecen más próximas geográficamente, estableciéndose transiciones graduales de unas unidades a otras. Este orden en el resultado es uno de los elementos de juicio que demuestran la validez del procedimiento seguido y del resultado.

5.2. El mapa de Sistemas Territoriales

Con la aplicación del análisis de componentes principales se ha obtenido el mapa definitivo de unidades territoriales, que es equivalente en su concepto al mapa de "land units" del método de la CSIRO. A los siguientes niveles de agregación, constituídos por geocoras menos numerosas y de mayor amplitud, se llega a través de otro tipo de análisis multifactorial, el cálculo de los clusters. A través de este procedimiento se simplifican y resumen los factores iniciales, representándose los clusters en una nueva imagen, en un nuevo mapa, equivalente a los sistemas o a los dominios territoriales, según el número de clusters que se definan.

Previamente a la aplicación de este procedimiento de análisis, por motivos técnicos por una parte, y para eliminar información redundante, por otra, se procede a agrupar la información de las seis variables básicas en tres factores, mediante el análisis de componentes principales aplicado por binomios. Se obtienen de esta forma los siguientes factores genéricos: un factor de TOPOGRAFIA (el componente principal entre las variables altitud y pendiente); un factor de LITO-GEOMORFOLOGIA (entre la geomorfología y la litología); por último, un factor de BIOGEOGRAFIA (resultado del análisis de componentes principales entre asociaciones edáficas y vegetación-usos).



7. MAPA DE UNIDADES TERRITORIALES

- Riberas y terrazas fluviales bajas modeladas sobre formaciones recientes areno-limosas sueltas con gravas, roturadas y dedicadas al cultivo.
- Llanuras aluviales, terrazas, campiñas y glacis con suelos pardos y rojos mediterráneos sobre formaciones detríticas silíceas o afloramientos de arenas arcósicas, roturados y dedicados al cultivo.
- Superficies de glacis detríticos (rañas) y vertientes de arenas silíceas y arcósicas, con predominio de tierras pardas subhúmedas, dedicadas al cultivo de secano.
- Vertientes marginales de las altas superficies de raña, modeladas sobre arenas arcósicas, margas y yesos y colonizadas por formaciones vegetales de frondosas.
- Depresiones marginales del área de sierra, modeladas sobre rocas sedimentarias detríticas mesozoicas y cenozoicas deformadas por la tectónica terciaria, generalmente cubiertas por matorral, prados y pastos naturales.
- Crestas y lomas modeladas sobre conglomerados y areniscas deformados por la tectónica reciente, generalmente cubiertas por matorral y pastos.
- Sectores elevados de cuestas y crestas calcáreas (por encima de los 820 m), improductivos o cubiertos de matorral.
- Areas de montaña marginales, de altura inferior a 920 m, modeladas sobre estructuras de dislocación reciente o sobre metasedimentos deformados por la tectónica paleozoica y ocupadas por matorral, prados y pastos naturales.
- Piedemontes y laderas de relieves montañosos modelados sobre estructuras de dislocación reciente o sobre metasedimentos deformados por la tectónica paleozóica, de entre 920 y 1.120 m de altitud, cubiertos por matorral y manchas forestales de frondosas o coníferas.
- Laderas y cumbres de relieves montañosos modelados sobre estructuras de dislocación reciente o sobre metasedimentos deformados por la tectónica paleozoica, de altitud superior a 1.120 m y pendiente relativamente suave, ocupadas por formaciones forestales de coníferas o frondosas.
- Altas laderas modeladas sobre estructuras de dislocación recientes o metasedimentos deformados por la tectónica terciaria, de entre 1.120 y 1.520 m de altitud y generalmente con pendientes medias (entre 20 y 30 grados), cubiertas de matorral, pastos o montes de frondosas.
- Altas laderas y altas cumbres, de hasta 1.800 m de altitud y con pendientes superiores a los 30 grados, modeladas sobre formas estructurales derivadas directamente de la tectónica terciaria.
- Laderas correspondientes a escarpes de falla, con pendientes fuertes y entre 1.420 y 1.720 metros de altitud.

8. MAPA DE SISTEMAS TERRITORIALES

- Campiñas.
- Terrazas.
- Rañas.
- Areas de montaña media.
- Areas de alta montaña.

9. MAPA DE GRANDES DOMINIOS TERRITORIALES

- Gran dominio territorial de la Cuenca.
- " " Sierra.

Las tres variables genéricas anteriores son los factores que intervienen en el cálculo de los clusters para llegar a los niveles de agregación superiores. Al calcular los clusters en que se agrupan estos factores o variables territoriales, se debe cortar el árbol de clases que se obtiene por determinado punto, es decir, se debe delimitar el número de clusters al que se quiere llegar. En este caso la determinación del número de clases, el número de sistemas, en definitiva, se concretó de manera experimental a través de pruebas consecutivas y comparando los resultados, hasta conseguir el más satisfactorio de acuerdo a lo que se esperaba inicialmente (recordemos que de la zona de estudio se conocen previamente los resultados que deben salir, para poderlos contrastar con los obtenidos, y así poder valorar el método que se está desarrollando). Mediante este procedimiento se consideró que los cinco clusters representan bien los sistemas territoriales.

Según la forma de valoración anterior,los cinco sistemas, CAMPIÑAS, TERRAZAS, RAÑAS, AREAS DE MONTAÑA MEDIA y AREAS DE ALTA MONTAÑA, coinciden bien con lo que se esperaba para este territorio. Se separan los sistemas serranos de los correspondientes a la cuenca, como es lógico según la información de la que se partió, en la que en cada variable original ya se hacía esta distinción (esto en otras zonas no tiene porqué ser tan evidente, y por eso sería útil emplear este método de trabajo en dichas áreas).

Es de destacar el peso que tienen las variables más estructurales y "abióticas" (geomorfología y litología) en la determinación de sistemas territoriales. En esto coincide con el resultado del mapa de unidades , en el que se ve que los valores medios de correlación más elevados corresponden a esas mismas variables, Incluso en el caso de los sistemas, el peso de los factores del medio inerte es mayor que en el de las unidades territoriales. Todo esto, a su vez, coincide con la metodología de la CSIRO, que considera a los factores estructurales abióticos como más explicativos de la organización territorial a medida que ésta se simplifica.

A pesar de lo anterior, aún se aprecia en los sistemas una cierta importancia de la biogeografía (si comparamos con los mapas de asociaciones edáficas y de vegetación-usos se puede apreciar aún una relación), cosa que ya no sucederá en el nivel superior de los grandes dominios territoriales.

5.3. El mapa de Grandes Dominios Territoriales

Todo el análisis que se ha realizado hasta ahora y que se propone como método a seguir, finaliza con la definición del nivel estructural de mayor simplificación. En el caso concreto que nos ocupa, disponiendo ya de conocimientos previos acerca de la zona de estudio y del resultado del mapa de sistemas territoriales, los grandes dominios son fácilmente previsibles. Sin embargo, no en todos los casos lo es, y por este motivo la metodología continúa con esta última fase.

El mapa de grandes dominios se obtiene del mismo modo que el de sistemas, pero calculando un menor número de clases, para simplificar aún más el resultado. Siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior, se consideró que el resultado que más claramente sintetiza y resume todos los elementos territoriales y sus relaciones en conjunto, es el que divide el territorio en dos sectores diferentes: el gran dominio territorial de la CUENCA y el de la SIERRA. Estas unidades separan dos mundos en cierto modo contrapuestos en relación a las variables estudiadas, cuyas características a todos los niveles son muy diferentes. En este nivel estructural superior ya no tienen importancia ninguna los factores biogeográficos, sino que son la geomorfología, la litología y la altitud los factores que marcan la separación.

6. Conclusiones

Finalmente, hay que hacer una serie de valoraciones, por una parte de los resultados obtenidos y, por otra, y unida a ello, del método en sí mismo.

En cuanto a los resultados, se pueden considerar aceptables, porque coinciden bastante bien con lo que se esperaba según los estudios que existen acerca del territorio de trabajo. En cuanto al método, la valoración también es bastante positiva, ya que los resultados citados son aceptables, habiéndose conseguido a través de procedimientos con los que técnicamente se ha seguido una línea de trabajo coherente, para lo cual se han tenido que hacer la serie de adaptaciones metodológicas que se han presentado en las páginas anteriores.

Considerando, pues, que el método en principio es válido, y siempre sujeto a mejoras y a más comprobaciones experimentales en otros territorios de diferentes características, se podría aplicar al estudio de zonas en las que aún no se conozca bien la organización territorial, para poder definir dicha estructura de una forma más rápida que por los habituales métodos de estudio.

Por otra parte, con este método, y en concreto con este experimento, se demuestra que, mediante los procedimientos de adaptación adecuados, se puede "calcular" la estructura espacial de un territorio, aunque se parta de datos que en un principio no son susceptibles de ser utilizados como valores numéricos, por ser una información meramente descriptiva y nominal. Este método transforma el estudio del territorio de una labor básicamente descriptiva, y más sujeta a posibles subjetividades, a un trabajo más exacto, más cuantitativo, pues realmente se trabaja con técnicas de cálculo estadístico. Esto no significa que se centre totalmente en cálculos numéricos, pues es evidente que el territorio no es algo exacto, matemático, pero sí posee unos rasgos que perfectamente se pueden medir, como se ha podido comprobar con el "experimento" que acabamos de presentar. En realidad se trataría de una forma de trabajo complementaria de la que habitualmente se utiliza.

Bibliografía

Sobre SIG y sus aplicaciones, especialmente en relación al estudio del medio natural y la ordenación del territorio

- BOSQUE SENDRA, J. y otros, 1994: *Sistemas de información geográfica: prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI.* Madrid, ed. RA-MA.
- BOSQUE SENDRA, J., 1992: *Sistemas de Información Geográfica.* Madrid, ed. RIALP.
- CEBRIAN DE MIGUEL, J.A., 1988: "Sistemas de información geográfica" en *Aplicaciones de la informática a la geografía y las ciencias sociales*, Madrid, ed. Síntesis.
- COMAS Y VILA, D., 1992: "Las áreas de aplicación de los SIG y su función en un entorno de propósito múltiple" en *Actas del 1er Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial*, Madrid, A.E.S.I.G.Y.T.
- DOMINGUEZ BRAVO, J. y MARTINEZ HERNANDEZ, M. L., 1993: "Diversas metodologías para la realización de inventarios de recursos naturales y posibilidades de mejora en su gestión con los sistemas de información geográfica" en *Actas del 2º Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial*, Madrid, A.E.S.I.G.Y.T.
- EASTMAN, J. RONALD, 1992: *Manual de instrucciones de uso de IDRISI versión 4.0.* Massachusetts, Clark University.
- GUTIERREZ PUEBLA, J., 1994: *SIG: sistemas de información geográfica.* Madrid, ed. Síntesis.
- RUIZ PEREZ, M. y otros, 1990: "Diseño de un sistema de información geográfica raster para la planificación territorial" en *Actas del IV Coloquio de Geografía Cuantitativa.*
- SUSACH CAMPALANS, F., 1986: "Creación de bases de datos geográficos y su utilización en sistemas de información geográfica para estudio del paisaje" en *Actas de la V Reunión del Grupo de Trabajo de la U.G.I.*, Banyoles.

Sobre modelos digitales del terreno y sus aplicaciones

- CEBRIAN DE MIGUEL, J.A. y MARK, DAVID M., 1990: "Modelos topográficos digitales" en *Actas del IV Coloquio de Geografía Guantitativa.*
- FELICISIMO, A.M., 1994: *Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales.* Oviedo, ed. Pentalfa.
- GARCIA ASENSIO, L. y otros, 1992: "La altimetría en el SIG del I.G.N.: Modelos digitales del terreno" en *Actas del 1er Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial*, Madrid, A.E.S.I.G.Y.T.

Sobre introducción a la teledetección espacial, especialmente para ampliar conceptos generales relacionados con ella

- CHUVIECO, E., 1990: *Fundamentos de teledetección espacial.* Madrid, ed. RIALP.

Sobre métodos de integración de las unidades naturales y aplicaciones a casos concretos

- BARTKOWSKI, T., 1968: "Les Méthodes de division du pays en microrégions pour les besoins de l'evaluation du mileu géographique" en *Geographia Polonica* 14.
- CHUECA, J., 1993: *Geomorfología de la Alta Ribagorza aragonesa: análisis de la dinámica de procesos en el ámbito supraforestal.* Benasque, Asociación Guayente.
- COPLACO, 1975: *Plan especial de protección del medio físico de la provincia de Madrid.* Madrid, ed. del Ministerio de la Vivienda.
- GALON, R., 1965: "Sur les méthodes d'evaluation du mileu géographique en vue de l'aménagement planifié" en *Memoires et Documents du Service de Documentation Cartographique et Geographique du C.N.R.S.*, X, nº 2.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. (dir.), 1974: *Cartografía temático-ecológica de la subregión de Madrid.* C.O.P.L.A.C.O., Ministerio de la Vivienda.
- RAVENEAU, J., 1972: "Eléments d'une cartographie globale de l'habitat rural. Quelques exemples appliqués au comté de Ballechasse, Quebec" en *Revue de Geographie de Montreal,* 26.
- TRICART, J. y KILIAN, J., 1982: *La ecogeografía y la ordenación del Medio Natural.* Barcelona, ed. Anagrama.

Sobre el método fisiográfico de los levantamientos de tierras del CSIRO

- CHAPMAN, T. G., 1969: *Symposium on Land Evaluation. Presentation and discussion of papers.* Camberra, C.S.I.R.O.
- CHRISTIAN, C.S., 1958: "The concept of Land Units and Land Systems" en *Proceedings of the 9th Pacific Science Congress.*

Sobre estudios concretos en torno al área de trabajo o relacionados con su temática geográfica):

- ASENSIO AMOR, I., 1967: "Formaciones cuaternarias en la cuenca del Guadarrama" en *Estudios Geográficos,* núm. 106.
- ASENSIO AMOR, I., 1965: "Formaciones sedimentarias antiguas localizadas al N. de Madrid" en *Estudios Geográficos,* t. 98.
- LAZARO OCHAITA, I.; ASENSIO AMOR, I., 1980: "Síntesis geomorfológica del borde meridional de la sierra de Guadarrama" en *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 78.
- MARTIN, Cl., 1975: "Influence de la fracturation et de la relation entre la pente topographique et l'architecture des roches sur l'élaboration du relief de la partie NW. des Maures" en *Intergeo* (Journées géographiques de Nice).
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M.; SAN MIGUEL ARRIBAS, A., 1957: "Fenómenos de diferenciación metamórfica en el granito de La Cabrera (Madrid)" en *Not. y Com. IGME,* núm 46, Madrid.
- SANZ HERRAIZ, C., 1988: *El relieve del Guadarrama oriental.* Madrid, C.A.M.
- SANZ HERRAIZ, C., 1976: "La morfología de la Sierra de La Cabrera" en *Anales de Geografía de la Universidad Complutense,* Madrid.
- TWIDALE, C.R., 1971: Structural Landforms. Cambridge, The Mit Press.
- VAUDOUR, J., 1979: La région de Madrid: altérations, sols et paléosols: contribution à l'étude géomorpholique d'une région méditerranéenne semi-aride. Editions Ophrys.
- VAUDOUR, J., 1978: "Encroutéments, croutes et caparaces calcaires dans la région de Madrid" en Mediterranée.

Fuentes cartograficas

- I.T.G.E., 1.990: *Cartografía geológica, serie MAGNA, hojas nº: 509, Torrelaguna; 484, Buitrago de Lozoya; 485, Valdepeñas de la Sierra; 510, Marchamalo,* esc. 1:50.000.
- I.G.M.E., 1982: *Cartografía de Síntesis geológica, hoja nº 38, Segovia,* esc. 1:200.000.
- I.G.N., 1.990: *Ortoimagen nº 10-7, Guadalajara,* esc. 1:100.000.
- Fotografía aérea del vuelo fotogramétrico del año 1983.
- Guerra y Monturiol (dirs.), 1.975: *Cartografía edafológica y capacidad de uso del suelo de la subregión de Madrid,* esc. 1:100.000. Madrid, Depto. de suelos del Instituto de Edafología y Biología Vegetal del C.S.I.C.—Comisión de Planeamiento y Coordinación del Area Metropolitana de Madrid (C.O.P.L.A.C.O.).
- Dirección General de la Producción Agraria del M.A.P.A., 1.985: *Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Madrid,* esc. 1:200.000. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Consejería de Agricultura y Ganadería de la C.A.M., 1.984: *Mapa de las formaciones vegetales y usos actuales del suelo de Madrid,* esc. 1:200.000. Comunidad Autónoma de Madrid.
- González Bernáldez, F. (dir.), 1.974: *Cartografía de unidades ambientales de la subregión de Madrid,* esc. 1:200.000. Madrid, C.O.P.L.A.C.O. ■

Thomas A. Wunderlich
Departamento de Ingeniería Geodésica, Universidad Técnica de Viena, Austria

Aplomado oblicuo con teodolito

Resumen

Los proyectos de grandes túneles, a menudo se realizan excavando simultáneamente por varios puntos, lo que a veces requiere la construcción de pozos de ventilación. Los túneles del Gotthard y Brenner, incluyen en su proyecto la construcción de pozos de más de 800 m de profundidad. Para asegurar la precisión de la excavación de las respectivas secciones de túnel, se requieren aplomados muy precisos. En este artículo se explica un método de aplomado de alta precisión, basado en la medida de distancias cenitales con un teodolito de precisión dotado de un ocular acodado. Este método ha sido aplicado con éxito por los ingenieros franceses en la excavación del Eurotúnel desde el pozo de Sangatte, de 55 m de profundidad. La presente investigación se centra en el alto potencial de precisión del método –comprobado en el ejemplo de una torre de 100 m de altura– y en particular en su fundamento geométrico. La principal ventaja de esta técnica reside en su capacidad única para realizar aplomados a lo largo de visuales que pueden desviarse una determinada distancia de la vertical. Esta puede ser la única posibilidad de transferir coordenadas cuando no se pueden realizar visuales verticales, como ocurre en un pozo oblicuo, de casi 500 m de profundidad, en Austria (túnel Zell am See, en Salzburgo).

Abstract

Large Tunnel projects are often realized from several points of attack, sometimes involving construction or ventilation shafts. Extremely deep shafts (up to 800 m) are to be applied for the projected St. Gotthard and Bernner Tunnels. To ensure accurate driving of the respective tunnel sections, precision plumbing are needed. This paper deals with a highly accurate plumbing strategy based on zenith distace measurements by means of a precision theodolite fitted with a zenith eyepiece. The method has been successfully applied by French engineers in course of the land and seaside driving of the Eurotunnel from the Sangatte shaft (55 m depth). The present investigation focusses on the high potential of accuracy of the method – proven at an example of a tower og 100 m height – and in particular on the geometrical background. The crucial benefit of the technique lies in its unique ability to perform plumbings along lines of sight that may deviate to a limited extent from the plumb-line. This might be the only possibility of co-ordinate transfer when no vertical line of sight is attainable, as it happened in an oblique shaft of almost 500 m depth in Austria (Tunnel Zell am See, Salzburg).

Introducción

Witte y Schmidt (1989) definen el aplomado como la operación consistente en la determinación de un punto situado en la vertical, por encima o por debajo, de otro dado, así como la determinación del valor y sentido de los desplazamientos con respecto a la vertical, de los puntos existentes. Los métodos de aplomado se dividen en dos grupos: mecánicos, en los que se utilizan plomadas de gravedad; y ópticos, en los que la vertical es materializada por el eje óptico de un telescopio (aplomado directo) o bien por la intersección de dos planos de observación (aplomado excéntrico).

Excepto en los casos de instalaciones fijas con péndulos de gravedad o invertidos (como las existentes en las presas de embalse), los resultados más precisos se obtienen utilizando instrumentos ópticos especiales, tales como los anteojos cenit-nadir o las plomadas ópticas de precisión. Generalmente, estos aparatos permiten materializar físicamente la visual por medio de un dispositivo láser. Para aplo-

mados de precisión, se emplean placas de puntería especiales, con las que se pueden hacer lecturas sobre una cuadrícula rectangular. En algunos casos, se utiliza una placa móvil sobre una plataforma o la misma plomada óptica, de forma iterativa para encajar la vertical deseada.

El método anterior puede provocar inconvenientes, ya que el ajuste vertical de la línea de colimación es influido por la precisión con que se ha nivelado el aparato, lo que hace inevitable el nivelar el instrumento en cada aproximación. Además, se deben hacer observaciones a cuatro caras con diferencias angulares de 100 g. Esto no reza para los instrumentos modernos, ya que en ellos la visual se mantiene vertical de forma automática gracias a un compensador preciso. Este tipo de aparatos garantizan una precisión mínima de ± 0,5 mm para una profundidad de 100 m. Sin embargo, perdura la obsesión por tener una visual vertical directa. Esta condición se vuelve obsoleta con el nuevo método que presentamos, aun sin aceptar reducciones notables en el alto nivel de precisión exigido (Wunderlich, 1993).

Aplomado oblicuo

Método geodésico

Con ocasión del 16º Coloquio de Topometría Subterránea celebrado en Sangatte, cerca de Calais, el topógrafo-jefe francés Mr. Morlot (1989) informó de un método de aplomado fascinante, aplicado en el proyecto del Eurotúnel. Para asegurar la precisión (menor de 1 mm) y la fiabilidad en la transferencia de las coordenadas desde los puntos de control, situados al borde de la boca del pozo, al fondo del mismo, sin el uso de instrumentos especiales, se inventó, o tal vez sólo se redescubrió, un método sencillo. El método está basado en la medición de distancias cenitales con un teodolito preciso.

En primer lugar, se montaron ocho repisas a la profundidad deseada del pozo (fig. 1). Se situaron de tal forma que cada dispositivo de centrado se pudiera montar justo debajo (con una aproximación

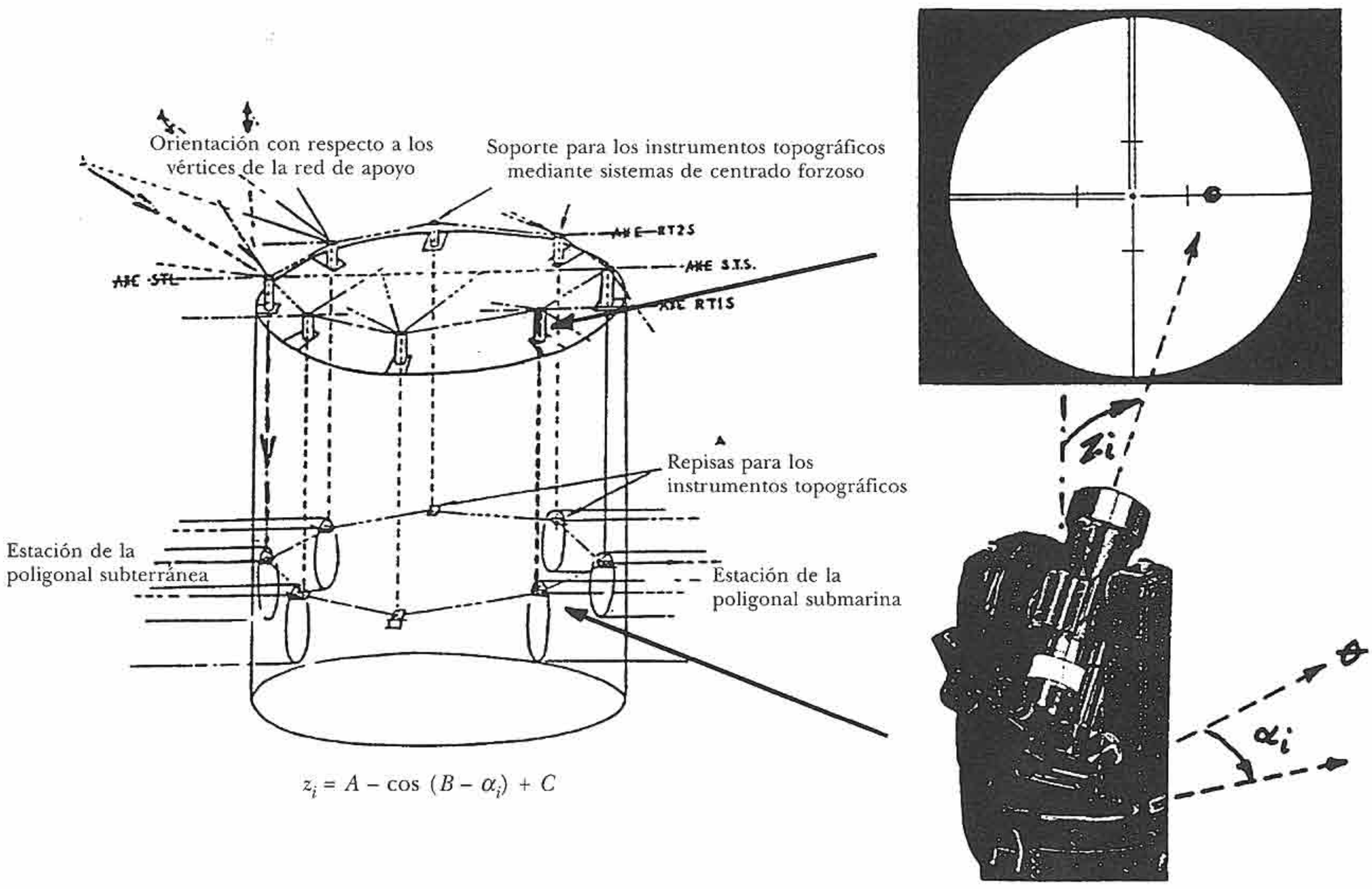


Figura 1: Montaje para el proceso de aplomado en Sangatte

de algunos centímetros) del correspondiente punto de control situado en la superficie. Los puntos de control eran unos grandes tubos de acero montados en una plataformas que sobresalían del borde del pozo. Las plataformas de los pilares tenían unas placas de puntería iluminadas, montadas en el centro de su parte inferior, por lo que podían ser observadas sin dificultad desde el fondo del pozo. Un teodolito electrónico LEICA T2000 se estacionó en cada una de las ocho repisas y desde cada una de ellas se observaron, con un ocular acodado, a las placas de puntería iluminadas de la parte superior, leyendo las distancias cenitales.

Las punterías se realizaron con el hilo horizontal de la cruz filar del anteojo. Una serie de observaciones comprendía las punterías realizadas a intervalos angulares fijos $\Delta\alpha$, recorriendo todo el limbo acimutal; por ejemplo, una observación cada 20 gon, con lo que se tenían un total de 20 observaciones por estación.

En el caso de que la dirección de una puntería coincidiese incidentalmente con la orientación del plano vertical de la estación y la placa de puntería, la observación se podía hacer con el centro de la cruz filar y la lectura correspondiente sería el máximo valor de la distancia cenital. En el caso opuesto, la puntería vertical pertenece a un plano vertical perperdicular al anterior y da la lectura cero. La posición posible de la imagen de la placa de puntería en el hilo horizontal, está limitada por el campo de visión máximo de la óptica del telescopio.

Las distancias cenitales medidas (directas), respecto a sus valores reducidos a 400 gon (inversas), ascienden a varios minutos de arco por los ya indicados montajes de las plataformas por debajo de los pilares de tubo. Cuando estos valores angulares son trasladados a una escala métrica (p.e. 10 cc equivalen a 1 mm) perpendicular a un eje horizontal, arbitrariamente elegido, en el que se representan los intervalos acimutales (p.e. 20 gon equivales a 1 cm), la curva resultante de unir los puntos, tomará la misma forma que una función seno (fig. 2).

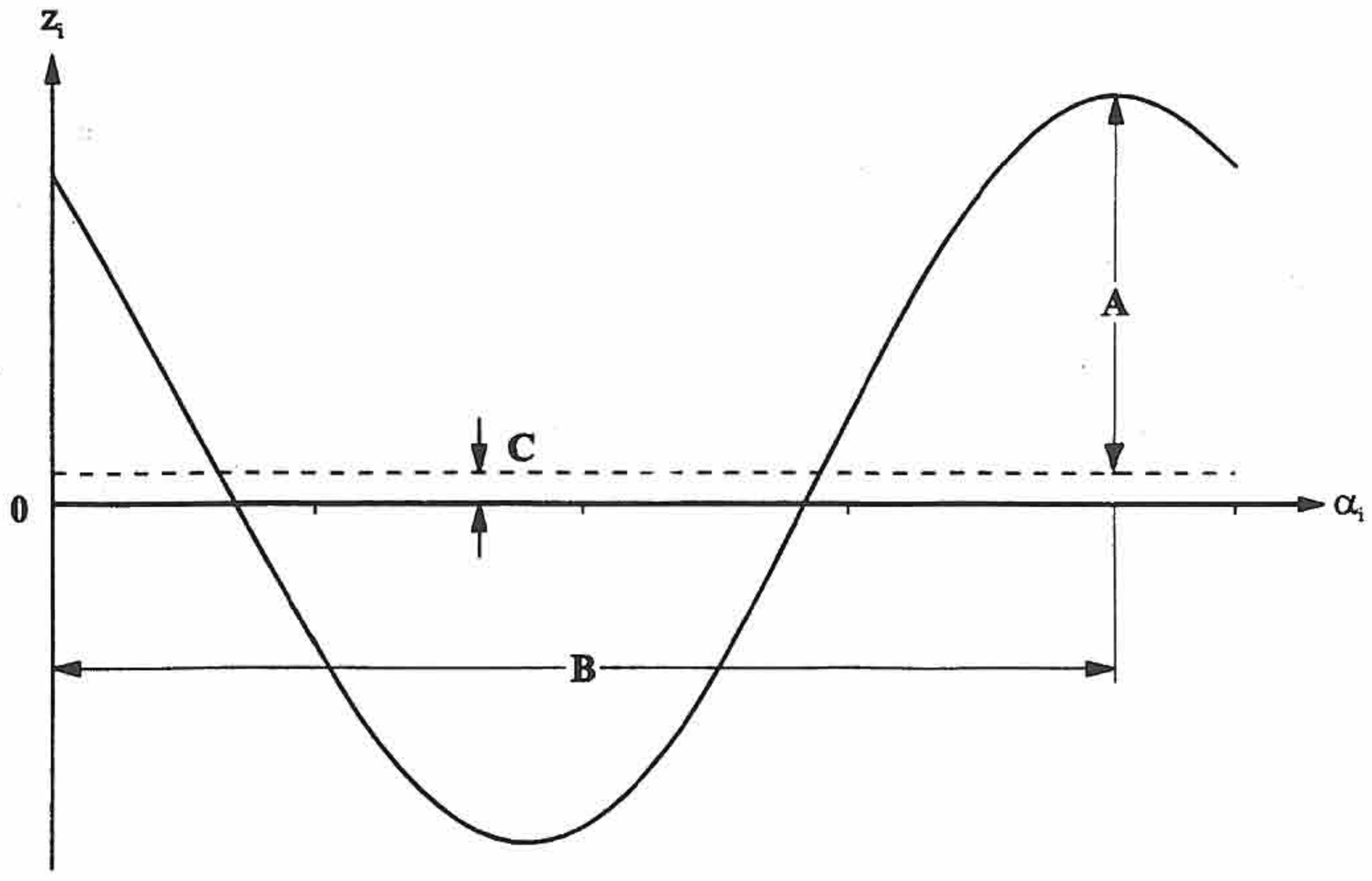


Figura 2: Representación gráfica de un aplomado oblicuo

La máxima distancia existente entre la curva y su eje de simetría horizontal, nos da la amplitud *A*, que aproximadamente corresponde a la máxima distancia cenital leída, ya descrita anteriormente. Su valor (convertido en unidades de arco), cuando es multiplicado por la distancia *h*, medida desde el eje de inclinación hasta la placa de puntería, proporciona la excentricidad horizontal *e* del eje principal con respecto a la línea de plomada que pasa por el punto de control situado en la superficie.

La dirección de la excentricidad está representada por la fasa B; ésta se puede reorientar mediante punterías adicionales a placas de puntería fijadas en las paredes del pozo. Finalmente, la distancia C entre el eje de simetría y el eje horizontal, representa el índice de error del limbo cenital del teodolito.

De las relaciones del gráfico, se puede deducir directamente:

$$z_i = A \cos (B - \alpha_i) + C \tag{1}$$

Esta igualdad es el origen para obtener las ecuaciones lineales de observación (2) necesarias para determinar las incógnitas A, B y C de los pares de observación α_i, z_i por medio de un riguroso ajuste por mínimos cuadrados (Wunderlich, 1995).

$$v_i = C + A \cos B \cos \alpha_i + A \operatorname{sen} B \operatorname{sen} \alpha_i - z_i \tag{2}$$

Con las incógnitas auxiliares

$$x_1 = A \operatorname{sen} B \tag{3}$$

$$x_2 = A \cos B \tag{4}$$

y sustituyendo valores en (2)

$$v_i = C + x_2 \cos \alpha_i + x_1 \operatorname{sen} \alpha_i - z_i \tag{5}$$

La aproximación al clásico ajuste por mínimos cuadrados, lleva al sistema de ecuaciones normales dado en (6), que se puede representar en forma matricial.

$$\begin{vmatrix} n & [\cos \alpha] & [\operatorname{sen} \alpha] \\ [\cos \alpha] & [\cos^2 \alpha] & [\operatorname{sen} \alpha \cos \alpha] \\ [\operatorname{sen} \alpha] & [\operatorname{sen} \alpha \cos \alpha] & [\operatorname{sen}^2 \alpha] \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \mathrm{C} \\ x_2 \\ x_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} [\mathrm{z}] \\ [z \cos \alpha] \\ [z \operatorname{sen} \alpha] \end{vmatrix} \tag{6}$$

Para un número dado de observaciones ($n = 2m$) realizadas a intervalos acimutales fijos $\Delta\alpha = 400$ gon/n, todos los términos no situados en la diagonal se convierten en cero y la igualdad $[\cos^2 \alpha] = [\operatorname{sen}^2 \alpha] = \frac{n}{2}$, se mantendrá. De esta forma, el sistema se simplifica y sus ecuaciones se pueden resolver de forma separada.

$$C = \frac{[z]}{n} \tag{7}$$

$$x_2 = \frac{2[z \cos \alpha]}{n} \tag{8}$$

$$x_1 = \frac{2[z \operatorname{sen} \alpha]}{n} \tag{9}$$

Las incógnitas A y B se obtienen de las auxiliares x_1, x_2, a través de (3) y (4), mediante las siguientes expresiones:

$$B = \operatorname{arctg} \left(\frac{x_1}{x_2} \right) \tag{10}$$

$$A = \frac{x_1}{\operatorname{sen} B} = \frac{x_2}{\cos B} = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \tag{11}$$

Fijando el valor de $\rho = \frac{200}{\pi}$, se termina determinando el valor de la excentricidad e:

$$e = \frac{A}{\rho} h \tag{12}$$

Aplicando las leyes de la propagación de errores, se puede obtener sin dificultad la precisión posible del método (Wunderlich, 1993). Si la precisión requerida para los intervalos acimutales se considera adecuada (± 1 gon), la precisión del resultado estará determinada sólo por la precisión de la observación σ_2 de las distancias cenitales, la altura de aplomado h y el número de observaciones n. La desviación estándar aceptable en dirección y perpendicular a la excentricidad e, es del orden de:

$$\sigma_L = \sigma_Q = h \sqrt{\frac{2}{n}} \cdot \frac{\sigma_z}{\rho} \qquad (13)$$

Suponiendo unos valores para h = 100 m, n = 20 y $\sigma_z = 20^{cc}$, la fórmula (13) arroja un resultado de ± 1 mm; este valor ha sido confirmado mediante series de pruebas prácticas extensivas. Teniendo en cuenta el bien conocido hecho de que la influencia de los errores instrumentales aumenta rápidamente con distancias cenitales decrecientes, los geodestas quedarán desconcertados, al principio, por estos resultados.

Fundamentos geométricos

Tanto el artículo original de Morlot (1989) como el subsiguiente de Jacobs (1991), que incluía un ejemplo numérico, no mostraban el fundamento geométrico del método. Este apartado trata de subsanar esta omisión, con el fin de excitar las imaginaciones y optimizar su aplicación. Cuando conseguimos describir con éxito el desplazamiento del eje de puntería de un aparato durante la observación, geométricamente, se esperaban en principio dos resultados: la comprobación matemática (1) y el valor crítico de la excentricidad horizontal entre la estación y la placa de puntería, la cual dependía, obviamente, de la distancia vertical y del campo de visión del telescopio.

La figura 3 muestra el caso general de la observación, con el hilo horizontal de la cruz filar, de una placa de puntería próxima al cénit. De momento, consideraremos al teodolito libre de errores instrumentales. El plano oblicuo de la placa , *T*, está definido por la imagen del hilo horizontal *H.F.* a través de la placa *P* y el eje de puntería *Z.A.* El eje de colimación del instrumento, que es una línea del plano *T*, y su eje primario *S.A.*, que es rigurosamente vertical, determinan la distancia cenital ξ. *O* es el punto de intersección de los ejes del aparato. El plano horizontal Σ es cortado por *S.A.* en el punto *O"* y por la línea de colimación en el punto *Q*. Como *T* y Σ son perpendiculares a *OO"Q*, *QP* y *QO"* también son perpendiculares.

Así *O"QP* representa un triángulo rectángulo, con *O"P* = *e* como hipotenusa. A lo largo del giro acimutal del teodolito, *Q* evidentemente se desplaza a lo largo del círculo de Thales de diámetro *e*; por lo tanto, la línea de colimación describe un cono circular oblicuo con vértice en *O* y el círculo de Thales como curva directora (Wunderlich, 1995). Es destacable que, durante la rotación de un ángulo recto de la alidada, el eje de puntería recorre la mitad de la circunferencia del círculo de Thales; es decir, ejecuta dos revoluciones en el curso de una vuelta.

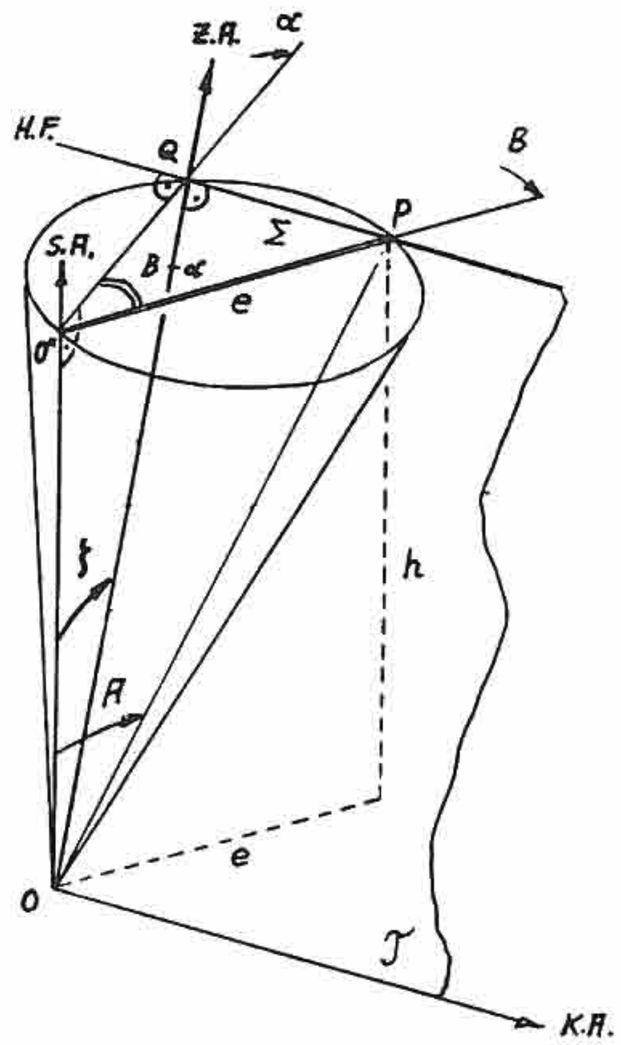


Figura 3: Movimiento del eje de colimación

Se llega a posiciones excepcionales cuando la puntería coincide con la dirección de la excentricidad, donde la inclinación de T alcanza su valor máximo ($\zeta = A$, $B = \alpha$ ... amplitud), y cuando son perpendiculares, donde T es vertical ($\zeta = 0$, $B = \alpha + \pi/2$ ... nodo).

De los dos triángulos rectángulos $OO''Q$ y $OO''P$ obtenemos las relaciones:

$$\text{tg } \zeta_i = \frac{O''Q}{O''O} = \frac{e \cos (B - \alpha_i)}{h} \tag{14}$$

$$\text{tg } A = \frac{e}{h} \tag{15}$$

que combinadas nos llevan a la ecuación

$$\text{tg } \zeta_i = \text{tg } A \cos (B - \alpha_i) \tag{16}$$

Teniendo en cuenta que las magnitudes de ζ y A son de orden menor, e introduciendo la distancia cenital observada z, que está distorsionada por el índice de error C, para ζ tenemos la fórmula final:

$$\text{tg } z_i = A \cos (B - \alpha_i) + C \tag{16}$$

Con (17) hemos probado (1) por un camino geométrico puro.

Después de aclarar el fundamento geométrico, estamos en disposición de deducir la tolerancia máxima para la excentricidad horizontal e, teniendo en consideración los valores dados para la diferencia de altitud h y el diámetro d del campo de visión óptico. El cociente e/h no debe exceder de la mitad del valor de la proporción d (en m)/1000 m, para asegurarse de que P puede ser observado con el extremo del hilo horizontal de la cruz filar cuando T se encuentra en posición vertical. Para poner un ejemplo, el campo de visión de la óptica de los clásicos WILD T2 alcanza los 29 m/ 1000 m; por lo tanto el cociente e/h está limitado por el valor 14,5 m/1000 m en este caso. Obviamente, el límite para e se vuelve más estricto según disminuye la altura o profundidad del aplomado (e = 1,45 m para h = 100 m, e = 0,145 m para h = 10 m).

Además de esto, se debe poner una atención especial en el ajuste adecuado de las cruces filares. La influencia del error de la falta de horizontalidad del hilo, se hace máxima para punterías al límite del campo de visión. Debido al cambio de signo con el cambio de zona del limbo, A permanece prácticamente inalterado, mientras que las consecuencias serán considerables para el valor de B y la precisión de C.

Posibilidades de aplicación

Al principio, nuestras aplicaciones estaban restringidas a reemplazar las plomadas ópticas convencionales. Se realizaron una serie de ensayos en iglesias, torres y pozos, por estudiantes en sus prácticas de campo, y se evaluaron gráficamente. La experiencia obtenida mostró la facilidad de manejo del método así como sus repetidamente buenas precisiones. Como consecuencia, se inició una detallada investigación dentro del ámbito de una tesis doctoral (Klug, 1993). Nuestro principal objetivo era verificar la precisión teórica sobre la base de repetidos aplomados con grandes diferencias de altitud y comparar los resultados obtenidos con los de precisión convencional.

La Torre de Correos de Viena sirvió como zona de pruebas ideal (fig. 4). Fuimos capaces de realizar aplomados con una diferencia de altitud de 100 m, a través de un tubo de conducciones. Para separar las influencias externas del resultado, se instaló en la parte superior de la galería un sensor nadiral de dos ejes, KERN Nivel 20; se tomaron lecturas simultáneas durante todas las series de prueba. Los datos del sensor se usaron para calcular las curvas de elasticidad y a partir de éstas las inclinaciones de la torre debidas a los efectos de la radiación solar. Aunque el índice de muestreo se restringió a una lectura cada seis segundos, fue posible detectar las oscilaciones causadas por el viento y eliminar las observaciones de distancias cenitales afectadas.

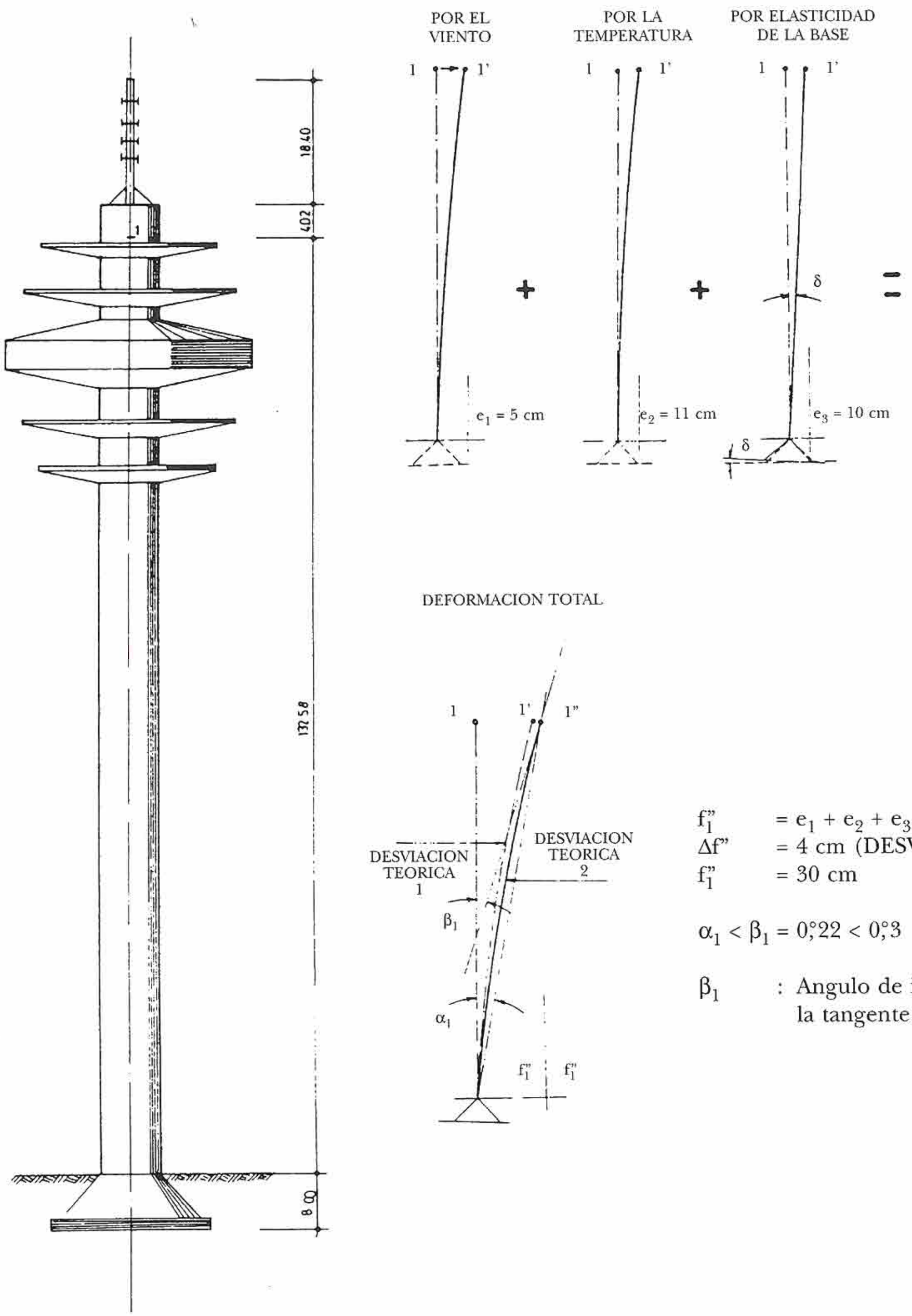


Fig. 4: Aplomado oblicuo en una torre de radiodifusión

Para tener un control independiente, se realizaron aplomados directos con una plomada automática de precisión LEICA ZL. Los valores medios de las series de prueba confirmaron que la precisión interna (13) del método de aplomado oblicuo era de ± 1mm/100 m (n = 20, σ_z = ± 20^{cc}); las diferencias entre las medidas directas y las excéntricas nunca excedieron los 2 mm.

Una aplicación muy prometedora, que incluye la realización de múltiples aplomados oblicuos, puede ser la transferencia de acimut al fondo de los pozos de excavación para la construcción de túneles. Aparte de su aplicación en el lado frances del Canal de La Mancha, se debe pensar también en futuras aplicaciones en la construcción de pozos estrechos para la instalación de tuberías (fig. 5) o de pozos profundos para la acometida de excavaciones auxiliares en los proyectos de túneles alpinos.

Con respecto a esto último, la instalación de tuberías tiene una característica particular y es que sólo con este método se puede realizar el aplomado de pozos con una desviación de la vertical limitada. Este potencial único ha sido desconocido hasta ahora para el mundo geodésico.

Se planificó un experimento in-situ en el túnel de comunicación, de 5,5 km de largo, de Zell am See en Salzburgo, Austria (Wunderlich, 1993). El proyecto de dicho túnel incluía un pozo de ventilación de 480 m de profundidad que, por razones de índole económica, debería ser excavado con un nuevo método no probado anteriormente. Las difíciles condiciones geológicas y los considerables problemas que se tuvieron con las perforadoras, hicieron que el pozo de exploración se desviase 5 metros con respecto a la vertical. Antes de proceder a ensanchar el pozo excavado, desde los 2,5 m que tenía de diámetro hasta los 8,5 m que marcaba el proyecto, se ordenó la realización de una medición precisa del desplazamiento, con el fin de asegurar la verticalidad del pozo una vez terminado. El problema era la imposibilidad de realizar ninguna visual directa.

El diámetro y la pendiente hubieran perfectamente permitido la aplicación del método de aplomado oblicuo (el error máximo para un T2 y 480 m de desnivel es de 7 m), pero, desafortunadamente, las limitaciones económicas y de tiempo impusieron una solución más simple pero bastante insatisfactoria, enlazar el punto central del fondo a la poligonal de control que atraviesa todo el túnel.

Futuras aplicaciones

Teniendo en cuenta los trabajos topográficos que se han de realizar en los proyectos de grandes túneles alpinos, el método de aplomado oblicuo alcanzará una gran relevancia. Varios proyectos ambiciosos de construcción de túneles alpinos, de los que algunos están todavía en fase de estudio y otros ya en marcha, son inviables sin la construcción de pozos, ya sean para excavar (puntos de ataque adicionales) o de ventilación (para aliviar la considerable presión en el caso de túneles simples para líneas de alta velocidad). En cualquier caso, a los ojos del topógrafo estos pozos son enlaces entre la red de control de la superficie y las poligonales subterráneas que controlan la dirección de las máquinas excavadoras.

Para posibilitar la finalización del túnel ferroviario suizo, de 57 km de longitud, que atraviesa el macizo de Gotthard, en un periodo de tiempo más corto, se necesitan tres puntos de ataque auxiliares (Ebneter, 1996). Uno de ellos, Sedrun (figura 6), requiere la excavación de un pozo de 800 m de profundidad. La transferencia de acimut, mediante métodos de aplomado de precisión, de varios puntos de control situados en la boca del pozo, pondrá frente a frente a las técnicas convencionales y al aplomado oblicuo, siempre y cuando el pozo resulte ser perfectamente vertical.

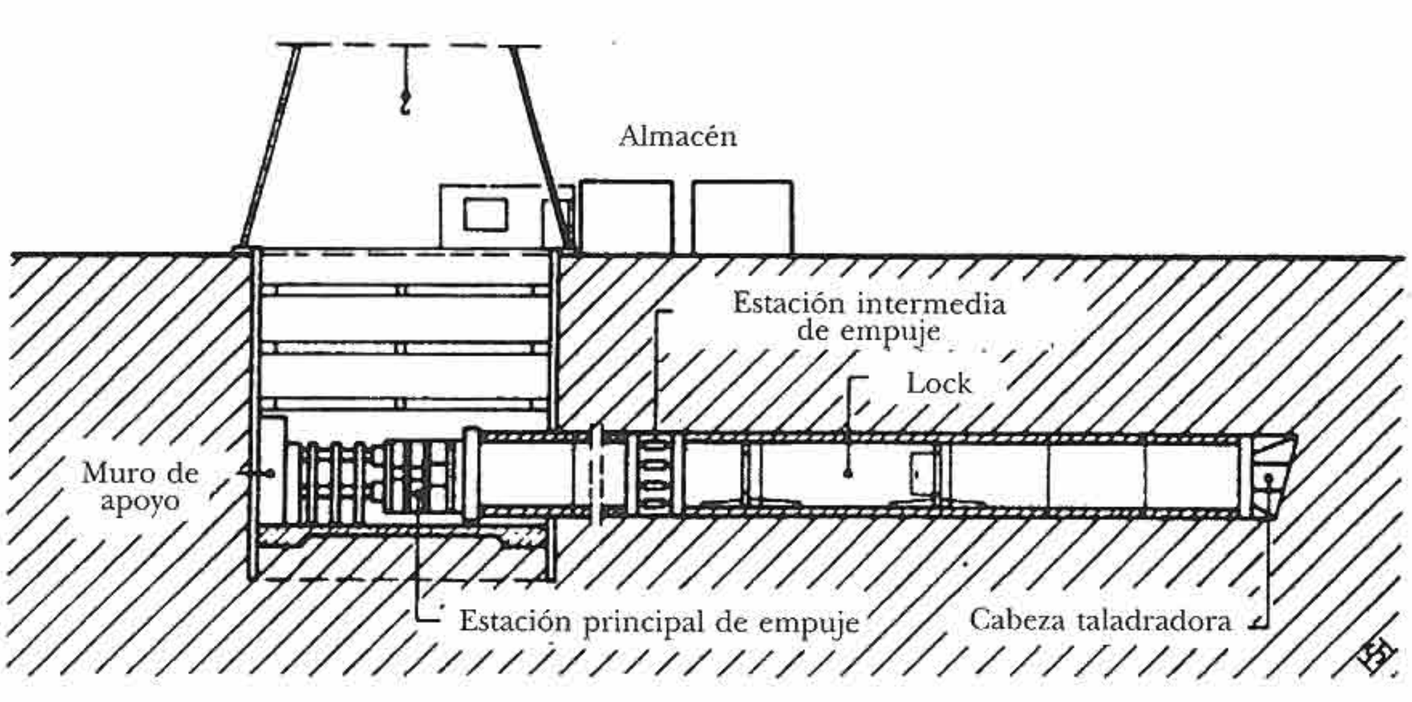


Figura 5: Inicio de la excavación de un pozo para tuberías

Los topógrafos austríacos están preparados para enfrentarse a los fallos en la verticalidad de tres pozos de ventilación diseñados para el proyecto de túnel ferroviario, de 55 km de longitud, de Brenner (Wessiak, 1995). Para asegurar un enlace geodésico de alta precisión con la poligonal subterránea a través de los pozos, se están desarrollando sofisticadas estrategias (Grafinger y Wessiak, 1996). Fundamentado en un método bien probado, concebido originalmente en el acelerador de la CERN (Fischer et al., 1986), se observará una red espacial ampliada, uniendo al menos tres puntos de la superficie y subterráneos (figura 7). Todas las posibles direcciones, distancias, distancias cenitales y giro-acimutes, serán introducidos en un riguroso ajuste que porporcionará el enlace deseado, incluso a través de pozos oblicuos. Sin embargo, la propagación de los errores no es favorable a las mayores diferencias de altitud; para mitigar el esperado descenso en la precisión, es inevitable la instalación de una plataforma auxiliar de observación a una profundidad que sea la mitad de la total del pozo.

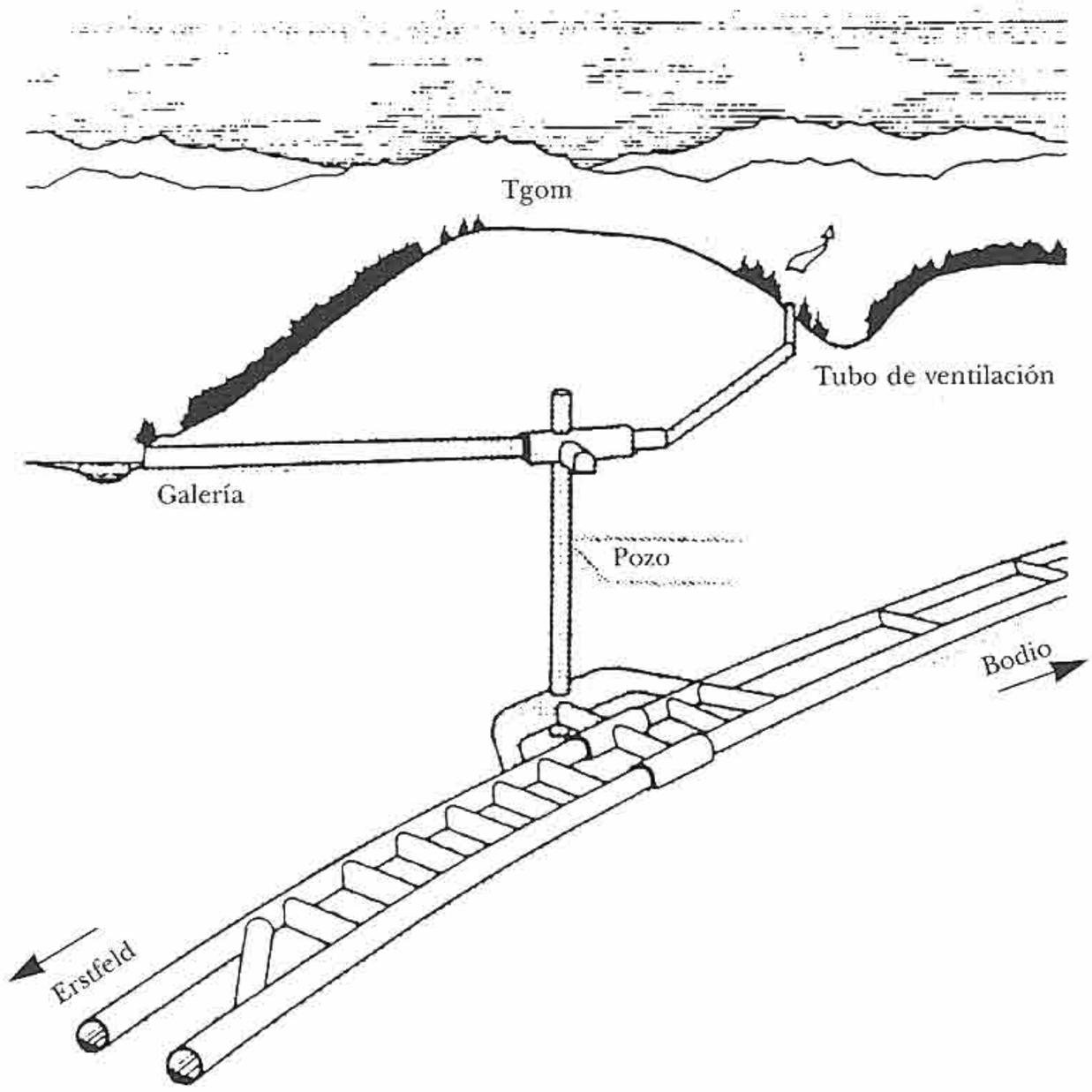


Fig. 6: El pozo de Sedrun (Gotthard)

Por otro lado, el aplomado oblicuo asegura una precisión de 1 mm para una diferencia de altitud de 800 m, cuando elegimos una $n = 40$ y $\sigma_z = \pm 3^{cc}$ en la fórmula (13). Estas exigencias pueden ser cumplidas sin duda; sin embargo, las influencias sistemáticas, como la variación de la desviación de la vertical desde la boca del pozo hasta el fondo, habrán de ser tenidas en cuenta para preservar la precisión deseada. Queda un último obstáculo: las observaciones desde el subsuelo pueden ser muy peligrosas a causa de los desprendimientos, o la caida de piedras, hielo o herramientas. Mientras que la mente humana invierte la disposición de los elementos con facilidad, corresponde a los fabricantes el realizar los esfuerzo oportunos para proporcionar un teodolito colgante de alta precisión.

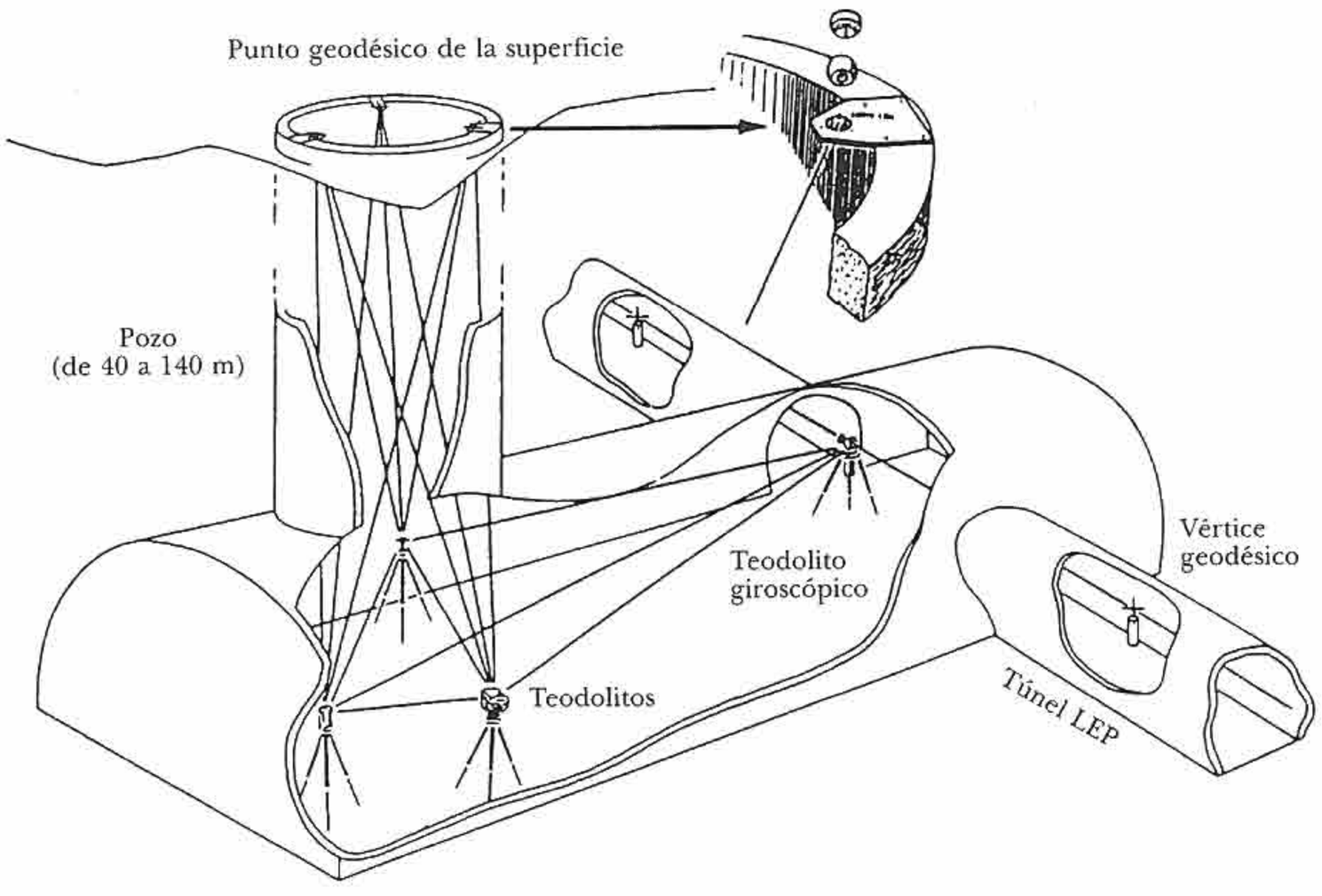


Fig. 7: Método de enlace vertical (CERN)

Bibliografía

- Altan O. & Lucius E. 1995: Neue Technologien in der Geodäesie, Proc. 1. Turkish- Austrian Geodetic Days, Civil Engineering Faculty Printing Office, Istanbul Technical University.
- Brandstätter G., Brunner F.K., Schelling G. 1996: Ingenieurvermessung 96. Dúmmler, Bonn.
- Chesi G. 1995: VIII Internationale Geodátische Woche Obergurgl (Porc.). Mitt. d. Inst. für Geodäesie, nº 16, Geodetic Institute, Innsbruck University.
- Ebneter F. 1996: "Alp Transit-Gotthardbasistunel", Ingenieurvermessung 96, Vol. 2, E 8, pp. 1-11.
- Fischer J.C., Hayotte M., Mayoud M., Trouche G. 1986: "Underground Geodesy", Applied Geodesy for Particle Accelerators, Cern, Geneva, pp. 183-208.
- Granfinger H., Wessiak H. 1996: "Der Brenner Basistunnel- eine Übersicht über das Projekt und die besonderen Vermessungsaufgaben", Ingeieurvermessung 96, Vol. 2, E 10, pp. 1-15.
- Jacobs E. 1991: "Präzisionslotungen und Richtungsübertragungen mittels Zenitdistanzmessegun", Vermessungingenieur, Vol. 42, nº 3, pp. 111-114.
- Klug C. 1993: "Schachtlotung und Richtungsübertragung nach unter Tage - Erprobung eines neuen Verfahrens", tesis doctoral, Vienna Technical University.
- Morlot J.J. 1989: "Methode et construction du lien fixe transmanche - methodes et instruments topometriques", XYZ, Vol. 11, nº 40, pp. 13-20.
- Turner S. 1986: "Applied Geodesy for Particle Accelerators (Proc.)". CERN Accelerator School, Geneva (publicado también en "Lectures Notes in Earth Sciences", Springer, New York).
- Wessiak H. 1995: "Der Brenner Basistunnel - ein Projektsüberblick über das Kërnstuck der Hochleistungsbahn München-Verona", Mitt. das Inst. für Geodäsie, nº 16, Innsbruck University, pp. 241-256.
- Witte B., Schmidt H. 1989: "Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen", Konrad Wittwer, Stuttgart, pp. 593-601.
- Wunderlich T. 1993: Ingenieurgeodäsie III, lecture notes, Vienna Technical University.
- Wunderlich T. 1995: "Schräglotung mit dem Theodolit", Neue Technologien in der Geodäsie, Istanbul Technical University, pp. 61-69. ■

ORSENOR, S.L.

ORGANIZACION DE SERVICIOS NORTE

TOPOGRAFIA

ALQUILER REPARACION VENTA, NUEVOS Y USADOS

ACREDITACION DE LABORATORIO, TRAMITANDOSE EN ENAC

C/ Pradillo, 26 - Teléfonos 91 416 74 54 y 91 415 66 04

Fax 91 415 63 04 - 28002 MADRID

Mercedes Farjas Abadía,
José Antonio Sánchez Sobrino,
Antonio Vázquez Hoehne

Determinación del grado de incertidumbre de las observaciones que se realizan con un equipo topográfico (y III)

Resumen

En las publicaciones anteriores se planteaba la necesidad de disponer de métodos que permitan determinar a priori el grado de incertidumbre de una medida realizada con equipos topográficos, presentando la norma DIN 18723, exponiendo los apartados 1, 2 y 3.

En este artículo se expone el apartado 6 de dicha norma, dedicado a las metodologías experimentales que permiten determinar la precisión de una observación de distancia medida con distanciómetro electro-óptico, aplicándose a distancias inferiores a 1 km.

Introducción

Antes de comenzar la exposición del Apartado 6, recordemos que la norma DIN 18723 se publicó en Julio de 1990 y, en siete apartados, describe los procedimientos experimentales que permiten determinar la precisión de los instrumentos topográficos, aplicando el principio de que los errores accidentales en Topografía, siguen leyes matemáticas de probabilidad, y que una serie de medidas contiene errores accidentales que responden a la distribución normal.

En la norma 18723, Apartado 1, se definen los parámetros estadísticos y en el Apartado 2 se detallan los principios generales y la metodología que permite determinar el grado de incertidumbre de los equipos de nivelación, siendo en el Apartado 3 (segunda parte de nuestro trabajo) el que se ocupa de la metodología que permite obtener experimentalmente el grado de incertidumbre que podemos alcanzar en las observaciones angulares realizadas con un determinado teodolito. Para finalizar y completar los aspectos más importantes de la norma que interesan al profesional de la medida, presentamos el apartado 6 de la misma, dedicado a los instrumentos de medida electro-óptica de distancias para rangos cortos (menores de 1 km).

NORMA DIN 18723.

APARTADO 6: Instrumentos de medida electro-óptica de distancias para rangos cortos

El instrumento al que se dedica este apartado es el distanciómetro electro-óptico de corta distancia, entendiendo como tal aquel que realiza observaciones de distancias inferiores a 1 km aproximadamente. La medición de la distancia se realiza mediante la comparación de fase de ondas moduladas y la medición del tiempo que tardan los impulsos en el recorrido.

La precisión de un distanciometro electro-óptico de corta distancia se determina obteniendo la desviación típica de los resultados de la medición de una distancia previamente conocida.

En el procedimiento que se va a describir, no se tienen en cuenta las correlaciones matemáticas y físicas que puedan existir a causa de los denominados errores proporcionales, posibles componentes dependientes de la distancia. La precisión se expresa con el estimador (desviación típica) seguido de los términos DIN 18723-EDM, indicando de este modo además del resultado obtenido para la precisión, el método que se ha aplicado, el instrumento utilizado y el tipo de medida al que se hace referencia.

I) Determinación del grado de incertidumbre en la medida de distancia

A) Procedimiento

La desviación típica se obtiene tras realizar 21 mediciones de distancia en un recorrido, lo más horizontal posible, de unos 500 a 600 m de longitud.

Esta longitud total, que denominamos ***e*** (véase figura 1), se descompone al replantear en campo 7 puntos P_k (k=1,...,n), que dividen el recorrido en 6 tramos e_j (j =2,...,7). Estos puntos P_k , deben señalizarse convenientemente para que resulten estables durante el tiempo de la investigación. Si fueran a utilizarse frecuentemente con posterioridad, se deberían señalizar de forma permanente.

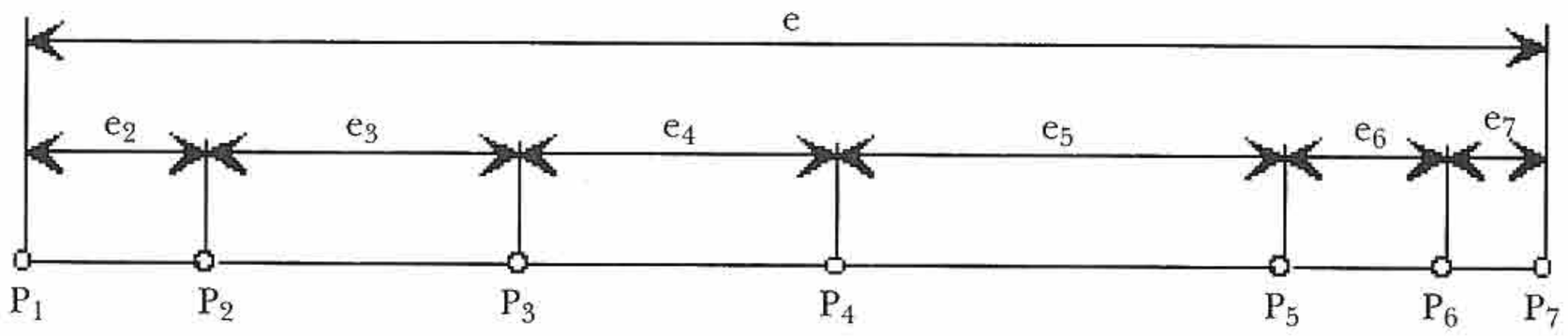


Figura 1. Longitud total *e*

La división de la longitud total en tramos, se realiza dependiendo de cuál sea el valor de la longitud de onda λ del distanciómetro con el que se realizan las mediciones. El modo de obtener los valores de las longitudes de los tramos se indica en la tabla 1. Aplicando las especificaciones que aparecen en dicha tabla, se consigue que las distancias que van a ser medidas, se distribuyan uniformemente, según criterios de proporcionalidad, con respecto a la longitud de onda λ, que representa la escala del distanciómetro.

En la tabla 1 se muestran las fórmulas que corresponden al caso general y un ejemplo, en el que se aplican a un recorrido aproximado de e_0 = 600 m y con un distanciómetro de longitud de onda λ = 20 m. Los 6 tramos en que aproximadamente dividiríamos el recorrido en este caso, resultan de aplicar las fórmulas auxiliares en este ejemplo.

Tabla 1: Cálculo de la longitud de los tramos

Caso general	**Ejemplo m**
$\mathbf{e_0}$ λ	600 20
$\mathbf{B_0} = (e_0 - 6{,}5\lambda) / 15$ $\mathbf{B} \approx B_0$ $\mathbf{D} = \lambda / 72$	31,33 30,00 0,278
$\mathbf{e_2} = \lambda + B + 3D$ $\mathbf{e_3} = \lambda + 3B + 7D$ $\mathbf{e_4} = \lambda + 5B + 11D$ $\mathbf{e_5} = \lambda + 4B + 9D$ $\mathbf{e_6} = \lambda + 2B + 5D$ $\mathbf{e_7} = \lambda + D$	50,83 111,95 173,06 142,50 81,39 20,27
$e = 6\lambda + 15B + 36D$	580,00

En primer lugar, ha de elegirse una longitud total de proyecto, que denominamos e_o; con ella se calculan los parámetros B_o y D que vienen dados por:

$$B_0 = \frac{e_0 - 6{,}5\lambda}{15} \qquad D = \frac{\lambda}{72}$$

A partir de B_o se calcula la distancia auxiliar B, resultado de redondear B_o a un valor entero con unidad base la mitad de la longitud de onda λ. En nuestro ejemplo, λ = 20 m, tendremos que redondear B_o a las decenas de metro, obteniendo de este modo la distancia auxiliar B. En la tabla 1 aparecen los resultados de la longitud total e del recorrido y las consiguientes subdivisiones del mismo en tramos. Los puntos P_1, P_2 ... P_7, se replantean, en nuestro ejemplo, con una precisión aproximada de 1 dm. Si el distanciómetro que va a utilizarse tiene otra longitud de onda, habría de aplicarse el caso general para calcular los tramos.

Una vez replanteados los puntos P_k, se realizan las mediciones de distancias. A partir del primer punto P_1 del recorrido se miden los 6 tramos l_{1j} , siendo j= 2,3,...,7; a partir del segundo punto P_2, se medirán 5 tramos (j =3,4,...,7), y así hasta el último.

De la medida de todas estas combinaciones se obtienen 21 observaciones l_{ij}, en las que el subíndice i corresponde al punto de estación y el j al punto visado.

Si lo permite el dispositivo de lectura del distanciómetro, las observaciones se realizarán en milímetros y serán utilizadas con este orden de precisión en el cálculo.

Las observaciones deben realizarse con centrado forzado, utilizando el prisma específico del equipo. Las condiciones de observación han de ser siempre las mismas y nunca se trabajará en condiciones atmosféricas extremas.

B) Cálculo

Siguiendo el Apartado 1 de la norma DIN 18723, el procedimiento de cálculo persigue la obtención de la desviación típica de las observaciones. Para ello, inicialmente las observaciones han de someterse a las correcciones oportunas, así como a las reducciones correspondientes a las desviaciones sistemáticas. Por ejemplo, podemos citar la corrección del error de cero y el cálculo de las distancias reducidas.

El modelo matemático que aplicamos es el mismo para todos los tramos. Los residuos del ajuste se obtienen por las expresiones que se indican a continuación y pueden aplicarse sin dificultad siguiendo la tabla del ejemplo.

En el proceso de calculo se utiliza el valor dk_o, desviación correspondiente a k_o, es decir, de la corrección del punto cero del distanciómetro. Su cálculo no corresponde a esta norma, pero se obtiene dk_o y se utiliza el valor k_o que se obtiene del estado de ajuste del distanciómetro.

Tabla 2: Organización de las distancias medidas para proceder al cálculo de las longitudes auxiliares c_i y r_i

l_{12}	l_{13}	l_{14}	l_{15}	l_{16}	l_{17}	r'_1
l_{23}	l_{24}	l_{25}	l_{26}	l_{27}	$-l_{12}$	r'_2
l_{34}	l_{35}	l_{36}	l_{37}	$-l_{13}$	$-l_{23}$	r'_3
l_{45}	l_{46}	l_{47}	$-l_{14}$	$-l_{24}$	$-l_{34}$	r'_4
l_{56}	l_{57}	$-l_{15}$	$-l_{25}$	$-l_{35}$	$-l_{45}$	r'_5
l_{67}	$-l_{16}$	$-l_{26}$	$-l_{36}$	$-l_{46}$	$-l_{56}$	r'_6
$-l_{17}$	$-l_{27}$	$-l_{37}$	$-l_{47}$	$-l_{57}$	$-l_{67}$	r'_7
			c_4	c_5	c_6	

Nuevo, sensor GPS de doble frecuencia y 12 canales

GEO71-96

Nuevo, sensor GPS de doble frecuencia y 12 canales

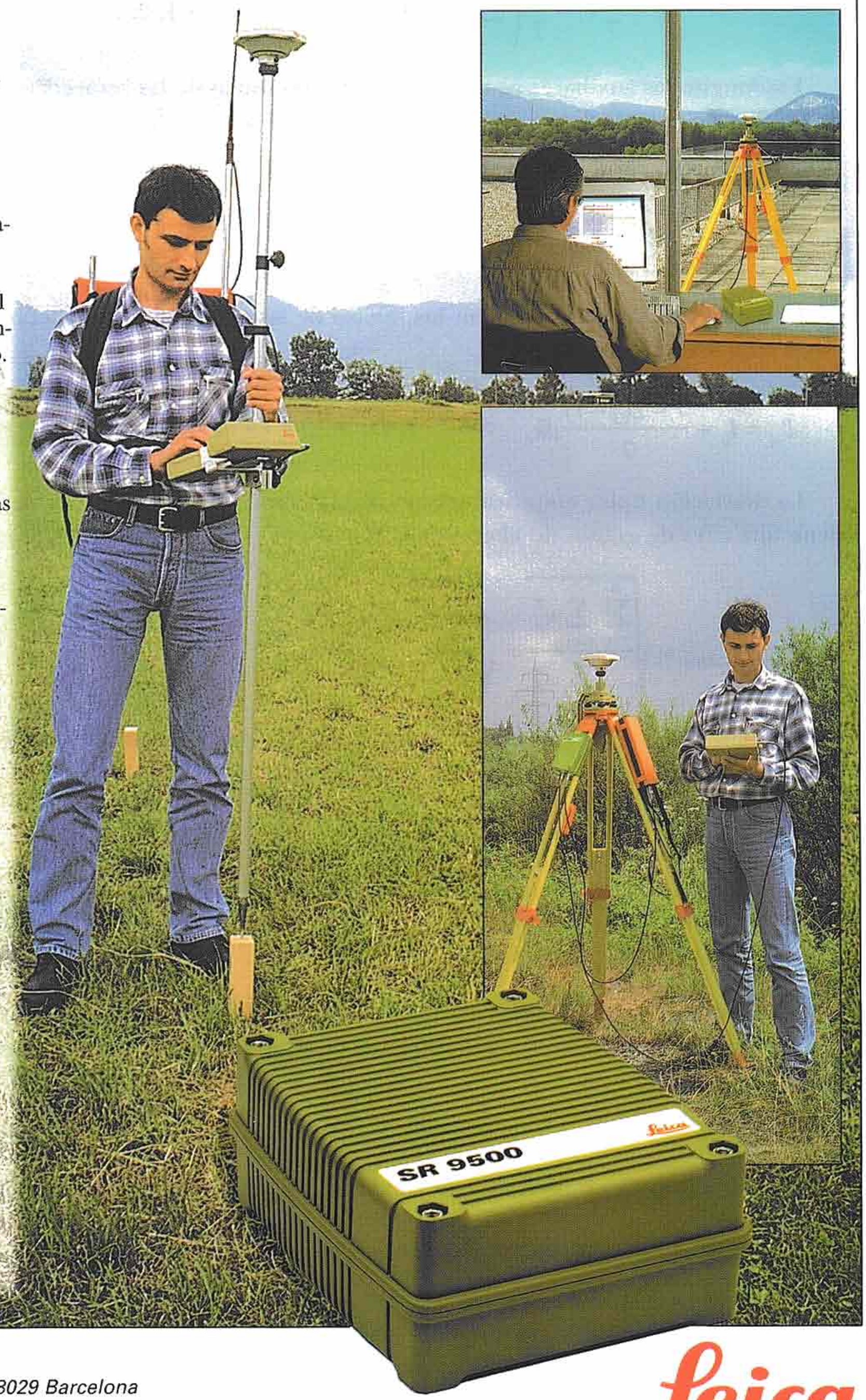
Nuevo de Leica, sensor GPS SR9500 de doble frecuencia y 12 canales

El más reciente producto perteneciente a la familia del Leica GPS System 300 es el SR9500. Este sensor está capacitado para efectuar medidas de onda entera empleando el codigo C/A L1, el codigo P Ll y el codigo P L2, incluso cuando el codigo P esta encriptado.

El nuevo sensor garantiza medidas de fase de portadora y de código de alta precisión.

El SR9500 permite emplearse en todas las tareas topográficas GPS, desde levantamientos geodésicos de alta precisión y levantamientos de detalles en tiempo real hasta levantamientos fotogramétricos.

- Realización de todas las ope raciones GPS para post-pro ceso cuando se emplea con una unidad de control GPS CR333. EMC de línea base 5 mm + 1 ppm.
- Empleo en tiempo real con una unidad de control GPS CR344; precisión de 1 a 2 cm. Soporta RTCM versión 2.1
- Empleo con correcciones de codigo RTCM para posicio nes en el rango 0,3 a 0,5 m
- Salida PPS para sistemas fotogramétricos, sistemas batimétricos, etc.
- El empleo del SR9500 con el programa Multistation de Leica convierte al sensor en una estación de referencia GPS.



Leica Geosystems, S.L.
C/ Nicaragua, 46, 5.ª planta - 08029 Barcelona
Teléfono (93) 494 94 40 - Fax (93) 494 94 42

Leica

Tras confeccionar la tabla 2, se calculan las magnitudes auxiliares c_i y r_i:

$$c_i = \sum_{J=1}^{7-i} l_{j,j+i} - \sum_{j=1}^{i} l_{j,j+(7-i)} \qquad \text{con } i = 4, 5, 6$$

$$r_i = \frac{1}{7} r'_i = \frac{1}{7}\left(\sum_{j=i+1}^{7} l_{i,j} - \sum_{j=1}^{i-1} l_{j,i} \right) \qquad \text{con } i = 1, 2, ...,7.$$

Las longitudes auxiliares c_i, corresponden a las sumas de las respectivas columnas, y los r_i' las sumas de las filas de la tabla 2.

El parámetro dk_o se obtiene con la expresión:

$$dk_0 = \frac{1}{35} \sum_{i=4}^{6} (2i - 7) c_i$$

Con este parámetro se calculan los valores de las que denominamos observaciones modificadas l'_{ij}, y con ellas los residuos v_{ij}.

$$l'_{ij} = l_{ij} + \frac{7 - 2(j-i)}{7} dk_0 \quad \text{con } i = 1, 2,...,6 \quad j = i + 1, i + 2 , ... ,7.$$

La desviación típica empírica que se calcula con esta norma a partir de las 21 medidas observadas, tiene una cifra de grados de libertad f = 21 – (6 + 1) = 14, y viene dada por:

$$s_{DIN\ 18723-EDM} = \sqrt{\frac{\sum_{I=1}^{6} \sum_{J=I+1}^{7} v_{ij}^2}{f}} = \sqrt{\frac{vv}{f}}$$

El límite superior del intervalo de confianza $C_{\sigma,e}$ para la desviación típica σ y para riesgos unilaterales, con un nivel de confianza 1 – α = 0,95 será:

$$C_{\sigma,e} = x_e \cdot s = 1{,}46 \cdot s_{DIN\ 18723-EDM}$$

Por lo que el intervalo de confianza para σ vendrá expresado por:

$$0 \le \sigma \le 1{,}46 \cdot s_{DIN\ 18723-EDM}$$

Así mismo, se puede obtener un intervalo de confianza del valor dk_o. Para establecer este intervalo, calcularemos la desviación típica empírica s_k de dk_o por medio de la expresión:

$$s_k = s\sqrt{0{,}2} = 0{,}45s$$

Obteniendo para un nivel de confianza 1 – α = 0,95, los límites de confianza superior e inferior:

$$C_{k,u} = dk_0 - 2{,}1 s_k = dk_0 - s$$
$$C_{k,0} = dk_0 + 2{,}1 s_k = dk_0 + s$$

El intervalo de confianza para dk_o que íbamos buscando, vendrá expresado por:

$$C_{k,u} \leq dk_0 \leq C_{k,0}$$

Si para este distanciómetro la corrección de punto cero (k_o) queda fuera del intervalo de confianza, dk_o debería calcularse repitiendo las observaciones o procediendo a realizar una nueva calibración del instrumento.

Todo el procedimiento de cálculo descrito, permite obtener la precisión de un distanciometro de corta distancia experimentalmente. La comprensión de la aplicación se simplifica notablemente analizando el ejemplo que la norma incluye a continuación, en el que se especifica el estadillo del cálculo de las longitudes de los tramos en función de las características del equipo objeto de la investigación, el estadillo de las observaciones y el del cálculo, concluyendo con la obtención del estimador de la precisión (de la desviación típica) y del intervalo de confianza de la misma.

C) Ejemplo de aplicación

Recorrido de prueba ..... Fecha .....
Tipo de instrumento ..... Temperatura .....
N.° de instrumento ..... Observador .....

λ = 20 m B = 30 m D = 0,28 m

Cálculo de la longitud de los tramos y Resultado de la medición de los mismos para una longitud total e = 580,08 m

j	Tramos e_j m	l_{1j} m	l_{2j} m	l_{3j} m	l_{4j} m	l_{5j} m	l_{6j} m
2	50,79	50,79					
3	112,01	162,80	112,01				
4	173,09	335,89	285,10	173,09			
5	142,49	478,38	427,59	315,58	142,49		
6	81,41	559,79	509,00	396,99	223,90	81,41	
7	20,29	580,08	529,29	417,28	244,19	101,70	20,29

Cálculo de las longitudes auxiliares r_i y c_i

m	m	m	m	m	m	m
l_{12} 50,791	l_{13} 162,806	l_{14} 335,904	l_{15} 478,407	l_{16} 559,810	l_{17} 580,096	r_1 309,687
l_{23} 112,007	l_{24} 285,096	l_{25} 427,594	l_{26} 508,996	l_{27} 529,292	$-l_{12}$ −50,791	r_2 258,885
l_{34} 173,091	l_{35} 315,592	l_{36} 397,008	l_{37} 417,295	$-l_{13}$ −162,806	$-l_{23}$ −112,007	r_3 146,882
l_{45} 142,494	l_{46} 223,904	l_{47} 244,210	$-l_{14}$ −335,904	$-l_{24}$ −285,096	$-l_{34}$ −173,091	r_4 −26,212
l_{56} 81,409	l_{57} 101,689	$-l_{15}$ −478,407	$-l_{25}$ −427,594	$-l_{35}$ −315,592	$-l_{45}$ −142,494	r_5 −168,713
l_{67} 20,293	$-l_{16}$ −559,810	$-l_{26}$ −508,996	$-l_{36}$ −397,008	$-l_{46}$ −223,904	$-l_{56}$ −81,409	r_6 −250,119
$-l_{17}$ −580,093	$-l_{27}$ −529,292	$-l_{37}$ −417,295	$-l_{47}$ −244,210	$-l_{57}$ −101,689	$-l_{67}$ −20,293	r_7 −270,410
$dk_o = \frac{1}{35}$ $(c_4 + 3c_5 + 5c_6)$ = 0,002 m			c_4 −0,018	c_5 0,015	c_6 0,008	$\sum r_i$ 0,000

Observaciones				Cálculos					
Nº	i	j	l_{ij} m		m	l'_{ij} m	$r_i - r_j$ m	v_{ij} cm	v^2_{ij} cm^2
1	1	2	50,791	$5/7\ dk_0$	0,001	50,792	50,802	1,0	1,00
2	1	3	162,806	$3/7\ dk_0$	0,001	162,807	162,805	–0,2	0,04
3	1	4	335,904	$1/7\ dk_0$	0,000	335,904	335,899	–0,5	0,25
4	1	5	478,407	$-1/7\ dk_0$	0,000	478,407	478,400	–0,7	0,49
5	1	6	559,810	$-3/7\ dk_0$	–0,001	559,809	559,806	–0,3	0,09
6	1	7	580,093	$-5/7\ dk_0$	–0,001	580,092	580,097	0,5	0,25
7	2	3	112,007	$5/7\ dk_0$	0,001	112,008	112,003	–0,5	0,25
8	2	4	285,096	$3/7\ dk_0$	0,001	285,097	285,097	0,0	0,00
9	2	5	427,594	$1/7\ dk_0$	0,000	427,594	427,598	0,4	0,16
10	2	6	508,996	$-1/7\ dk_0$	0,000	508,996	509,004	0,8	0,64
11	2	7	529,292	$-3/7\ dk_0$	–0,001	529,291	529,295	0,4	0,16
12	3	4	173,091	$5/7\ dk_0$	0,001	173,092	173,094	0,2	0,04
13	3	5	315,592	$3/7\ dk_0$	0,001	315,593	315,595	0,2	0,04
14	3	6	397,008	$1/7\ dk_0$	0,000	397,008	397,001	–0,7	0,49
15	3	7	417,295	$-1/7\ dk_0$	0,000	417,295	417,292	–0,3	0,09
16	4	5	142,494	$5/7\ dk_0$	0,001	142,495	142,501	0,6	0,36
17	4	6	223,904	$3/7\ dk_0$	0,001	223,905	223,907	0,2	0,04
18	4	7	244,210	$1/7\ dk_0$	0,000	224,210	244,198	–1,2	1,44
19	5	6	81,409	$5/7\ dk_0$	0,001	81,410	81,406	–0,4	0,16
20	5	7	101,689	$3/7\ dk_0$	0,001	101,690	101,697	0,7	0,49
21	6	7	20,293	$5/7\ dk_0$	0,001	30,294	20,291	–0,3	0,09
								$\sum v_{ij} = -0,1$	$vv = 6,57$

Resultados

La precisión del distanciómetro electro-óptico utilizado en este ejemplo es:

$$s_{DIN\ 18723-EDM} = \sqrt{\frac{vv}{14}} = \sqrt{\frac{6,57}{14}}\ cm = 0,7\ \text{cm}$$

Límite de confianza superior: $C_{\sigma,e} \approx 1,46 \cdot s_{DIN\ 18723-EDM} = 1,0\ \text{cm}$

Intervalo de confianza: $0 \le \sigma \le 1,0\ \text{cm}$

El intervalo de confianza para el valor dk_o

$C_{k,u} = dk_0 - s_{\text{DIN 18723 - EDM}} = 0,2\ \text{cm} - 0,7\ \text{cm} = -0,5\ \text{cm}$
$C_{k,0} = dk_0 + s_{\text{DIN 18723 - EDM}} = 0,2\ \text{cm} + 0,7\ \text{cm} = 0,9\ \text{cm}$
$-0,5\ \text{cm} \le dk_0 \le 0,9\ \text{cm}$

Por lo que el valor obtenido queda dentro del intervalo de confianza calculado.

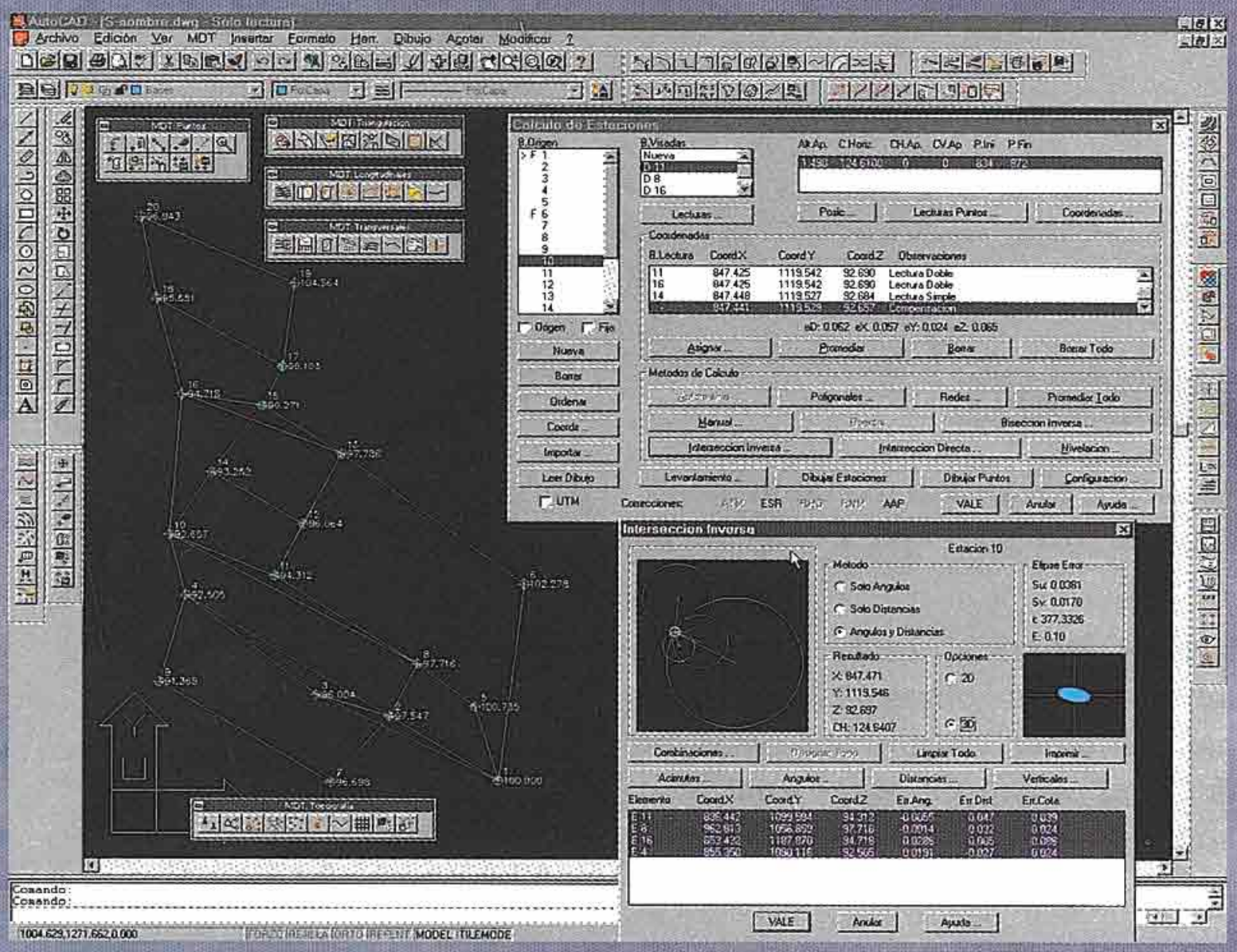
Referencias bibliográficas

- Norma DIN 1319
- Norma DIN 18709
- Norma DIN 18718
- Norma DIN 18723
- Norma DIN 55350 ■

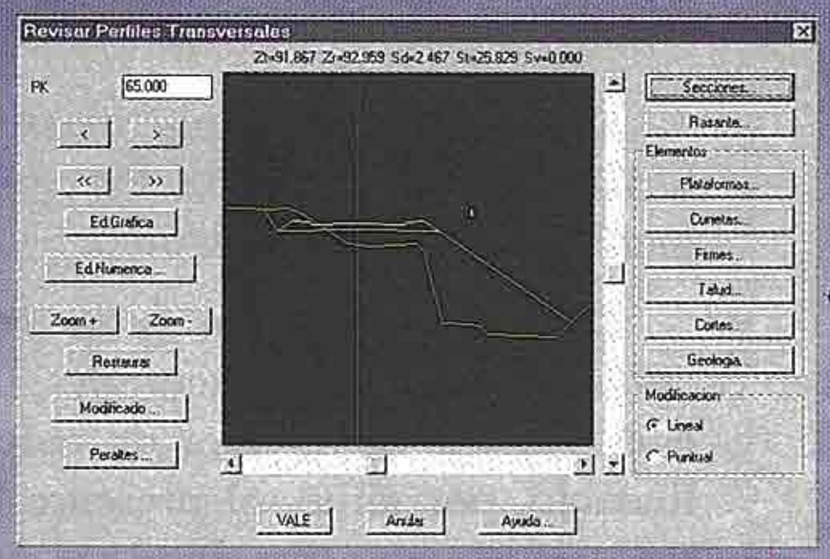
Una Nueva Forma de Hacer Topografía

TCP - Modelo Digital del Terreno

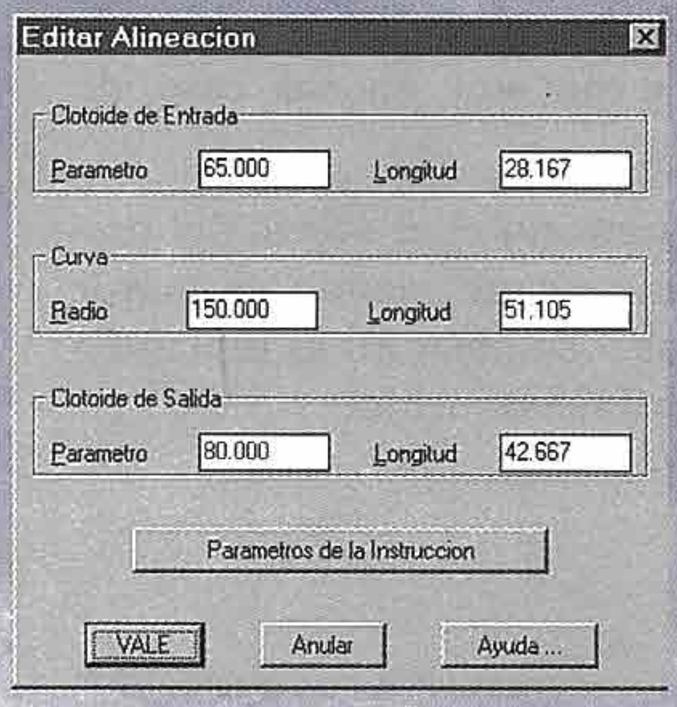
Soluciones para Topografía, Ingeniería Civil y Construcción en AutoCAD®

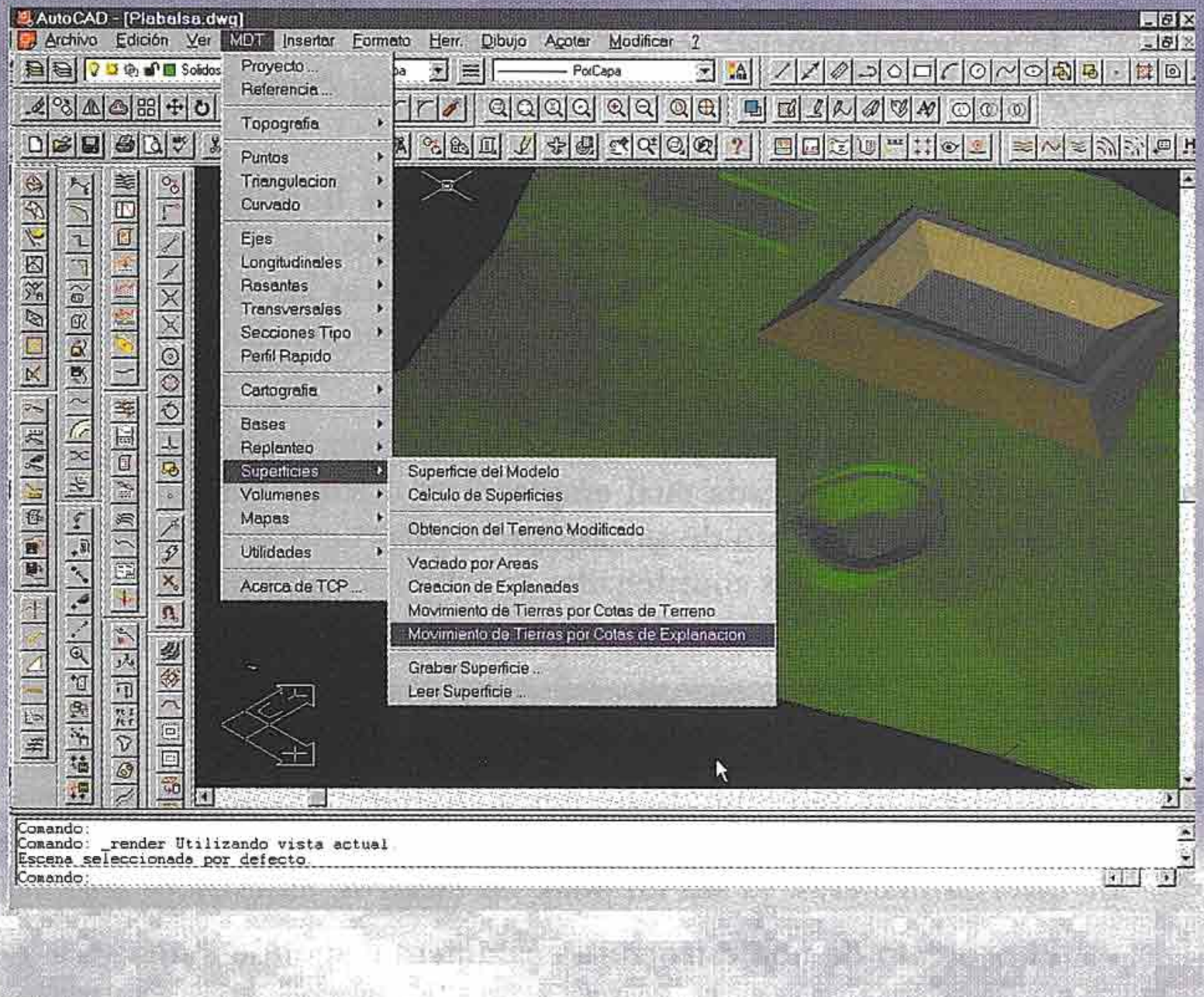


Cálculo de Levantamientos
Modelo Digital
Generación Curvas de Nivel
Perfiles Longitudinales
y Transversales



Replanteo y Control de Obras
Movimiento de Tierras
Trazado de Rectas,
Curvas y Clotoides
Creación de vistas 3-D





TCP Informática y Topografía
Sumatra,11 E-29190 MÁLAGA
Tlf: 95-2439771* Fax: 95-2431371
e-mail: tcp_it@agp.servicom.es

Autodesk
RAD- Desarrollador Registrado

AutoCAD 14 COMPATIBLE

Versiones AutoCAD: 12, 13 ó 14 - Plataformas: DOS, Windows 3.X, Windows 95, Windows NT (Intel) - Idiomas: Español, Inglés y Portugués

Replanteo de estructuras en obra civil: Tableros de hormigón pretensado

Carlos Carbonell Carrera
I. T. en Topografía

Introducción

En el ámbito de la Ingeniería Civil, se nos presentan frecuentemente replanteos de elementos estructurales muy concretos, de los cuales resulta una gran ayuda tener un conocimiento previo antes de acometer su cálculo o replanteo.

Con la optimización de las técnicas constructivas, unida a los avances en el estudio de nuevos materiales y elementos estructurales, la consecución de obras de hormigón pretensado es un reto al que frecuentemente nos hemos de enfrentar, sin tener, en muchos casos, un concepto claro de las mismas. Redacto, por tanto, el presente artículo al objeto de hacer una descripción de los elementos fundamentales de este tipo de obras, así como de sus condicionantes geométricos y técnicos.

Su replanteo

El replanteo consiste, como todos sabemos, en la materialización en campo de unas coordenadas X,Y,Z. En función de la precisión requerida para la definición de los puntos, se empleará un método u otro.

Al acometer el replanteo de estructuras de hormigón pretensado, nos enfrentamos al mismo caso; la materialización tridimensional de una serie de puntos definitorios de aquello que pretendemos replantear, con la única consideración de aplicar las técnicas que cada profesional considere oportunas en cada caso, para obtener las precisiones requeridas por el proyectista y que son, en este caso, de ± 0,005 m.

El cómo obtener esas precisiones en el replanteo de este tipo de estructuras no es el objeto del presente artículo, pues cada cual empleará el método que considere más conveniente, siendo de mayor interés el conocimiento de sus aspectos constructivos, dado que las técnicas a emplear en el replanteo de unas determinadas coordenadas tridimensionales resulta por todos de sobra conocido.

Generalidades

Al hablar de estructuras, me voy a centrar en el caso más frecuente que se nos va a presentar: los puentes resueltos mediante tramos de hormigón. Los elementos pretensados se nos pueden presentar de diversas maneras, ya sea en pilas, en tableros, en estribos o en losas.

El proyecto de una estructura cualquiera responde a una serie de condicionantes, tales como:

- Geometría del obstáculo a salvar: gálibos necesarios
- Condicionantes geotécnicas del terreno de apoyo
- Condicionantes económicos
- Condicionantes estéticos
- Proceso constructivo previsto.

En función de estos condicionantes y de la sección transversal del tablero, existen diferentes tipologías:

- Puentes de Viga
- Puentes de Losa
- Puentes Nervados
- Tableros de Canto constante.

Cuando la estética es un factor determinante, en entornos urbanos o semiurbanos, o en aquellos casos en que la pequeña altura de la rasante obliga a la utilización de cantos reducidos, los proyectistas optan por los **Puentes de Losa**, donde toman protagonismo los elementos de hormigón pretensado.

Al ser éste un elemento estructural específico, considero conocidos los conceptos de pila, estribo, tablero, cimbra y demás terminología referente a la construcción de un puente, dado que la descripción de cada una de las partes extendería demasiado la exposición.

Definición

Una estructura o elemento de hormigón pretensado es aquél que se somete, antes de su puesta en servicio, a acciones de prentensado creadas artificialmente, pudiendo ser de dos tipos:

a. **Hormigón pretensado con armaduras pretesas**: El hormigonado se efectúa después de haber tesado.
b. **Hormigón pretensado con armaduras postesas**: Se hormigona primero la pieza, disponiendo en ella conductos o vainas para alojar las armaduras activas, que se tesan y anclan cuando el hormigón ha alcanzado la resistencia suficiente.

El segundo de los casos es el más frecuentemente empleando en la construcción de los tableros de puentes de losa, entendiendo por **tablero o losa** el elemento estructural que une las pilas y estribos de un puente y sobre el cual circula el tráfico.

Descripción del proceso de pretensado con armaduras postesas

El proceso de pretensado con armaduras protesas consta de las siguientes fases:

FASE I:

Una vez que tenemos el tablero encofrado en toda la extensión que deseemos hormigonar y colocadas las armaduras pasivas, se procede a colocar las armaduras activas, que son las que van a someterse al tesado.

Entendemos por **armadura pasiva** a aquélla no sometida a tensión previa (de este tipo son las utilizadas en el hormigón armado y son, en general, de acero corrugado), y por **armadura activa** a aquélla de acero de alta resistencia mediante la cual se introduce la fuerza de pretensado en una estructura o elemento estructural; sus elementos constituyentes pueden ser alambres, barras macizas, torzales, cordones o cables (figura 1).

Cualquiera de estos elementos, alojados dentro de un mismo conducto, se consideran en los cálculos como una sola armadura, a la que denominaremos **tendón** (figura 2).

Éstos conductos pueden formarse, por diversos procedimientos, en la propia masa del hormigón al construir el elemento estructural, pero lo más frecuente es utilizar lo que se denominan **vainas**, las cua-

les quedan embebidas en el hormigón de la pieza. Se presentan en forma de tubos metálicos con resaltos o corrugaciones en su superficie exterior, para así favorecer su adherencia al hormigón y aumentar su rigidez. Es a éste elemento al que se dota de coordenadas X,Y,Z en los proyectos de estructuras de este tipo y será en definitiva la vaina lo que deberemos replantear.

Su replanteo viene expresado comúnmente de la forma que indica el esquema de la página siguiente.

A la hora de replantear estos tendones, deberemos utilizar un método que nos garantice una precisión de ± 0,005 m, dada la importancia que, estructuralmente, tiene el perfecto emplazamiento de estas vainas cuando se produce, posteriormente, el tesado de las mismas. Cualquier irregularidad en el trazado de las armaduras pretesas respecto a su correcta posición, modificará la distribución de las tensiones, pudiendo fisurar el hormigón.

Es conveniente, por tanto, realizar un exhaustivo **control geométrico** de las vainas colocadas, dada la gran facilidad con que se pueden desplazar debido al trasiego de personal y maquinaria (grupos electrógenos, vibradores) sobre las armaduras pasivas que las soportan (figura 3).

Tanto el replanteo como el control geométrico previo al hormigonado, se efectuarán siguiendo las acotaciones de los planos, materializadas en un número determinado de secciones transversales al tablero. Dividiremos, por tanto, el tablero o losa en secciones perpendiculares al mismo, en las que replantearemos la posición de los tendones.

Existen unas **tolerancias** en la posición de las armaduras activas, que vienen detalladas en el Capítulo III, Artículo 20, apartado 20.4.1, de la "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado", EP-93, del Ministerio de Fomento, y que son:

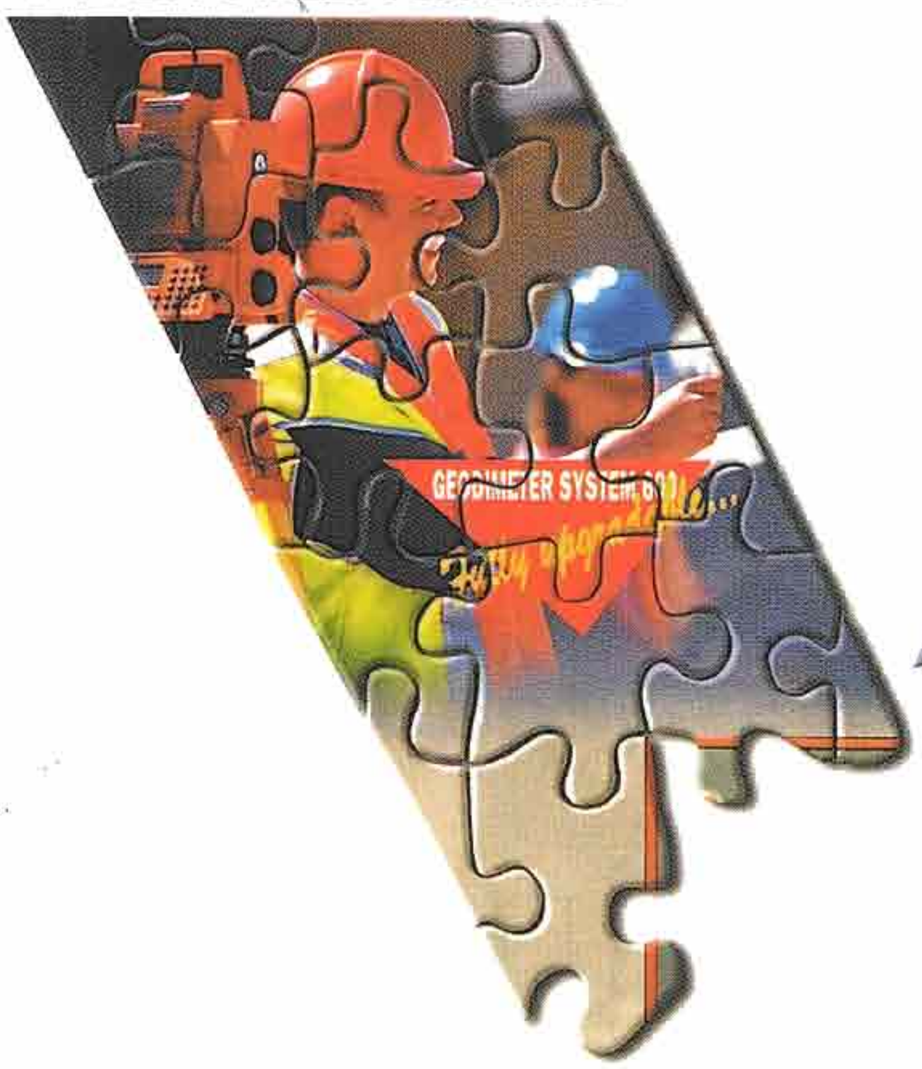
Figura 1

Figura 2

Figura 3

Y is for the Year 1998.

ESTACIONES TOTALES SURVEYING



GPS SURVEYING

Spectra Precision Surveying, fabricante líder de:
Estaciones totales mecánicas o con servomotores para la medición topográfica convencional, AUTOLOCK™ o ROBOTIC. Sistemas GPS de frecuencia simple y doble, basados en tecnología Z-tracking™ o GPS+GLONASS™. También ofrecemos una amplia gama de software para medición topográfica, además de financiación y formación.

En 1998, vamos a lanzar nuevos y extraordinarios productos. Para Usted, significará una mejor relación precio-calidad, productividad aumentada y medición topográfica mucho más fácil. Dicho de otra forma, podrá potenciar considerablemente su ventaja competitiva.

No se pierda nuestro programa. Póngase en contacto con nosotros para recibir más información – y así no se quedará atrás–.

EAR 1998

SPECTRA™ PRECISION
SURVEYING

Internet: http://www.spectraprecision.com

Para cualquier consulta sobre **SPECTRA PRECISION** en España contacten con:

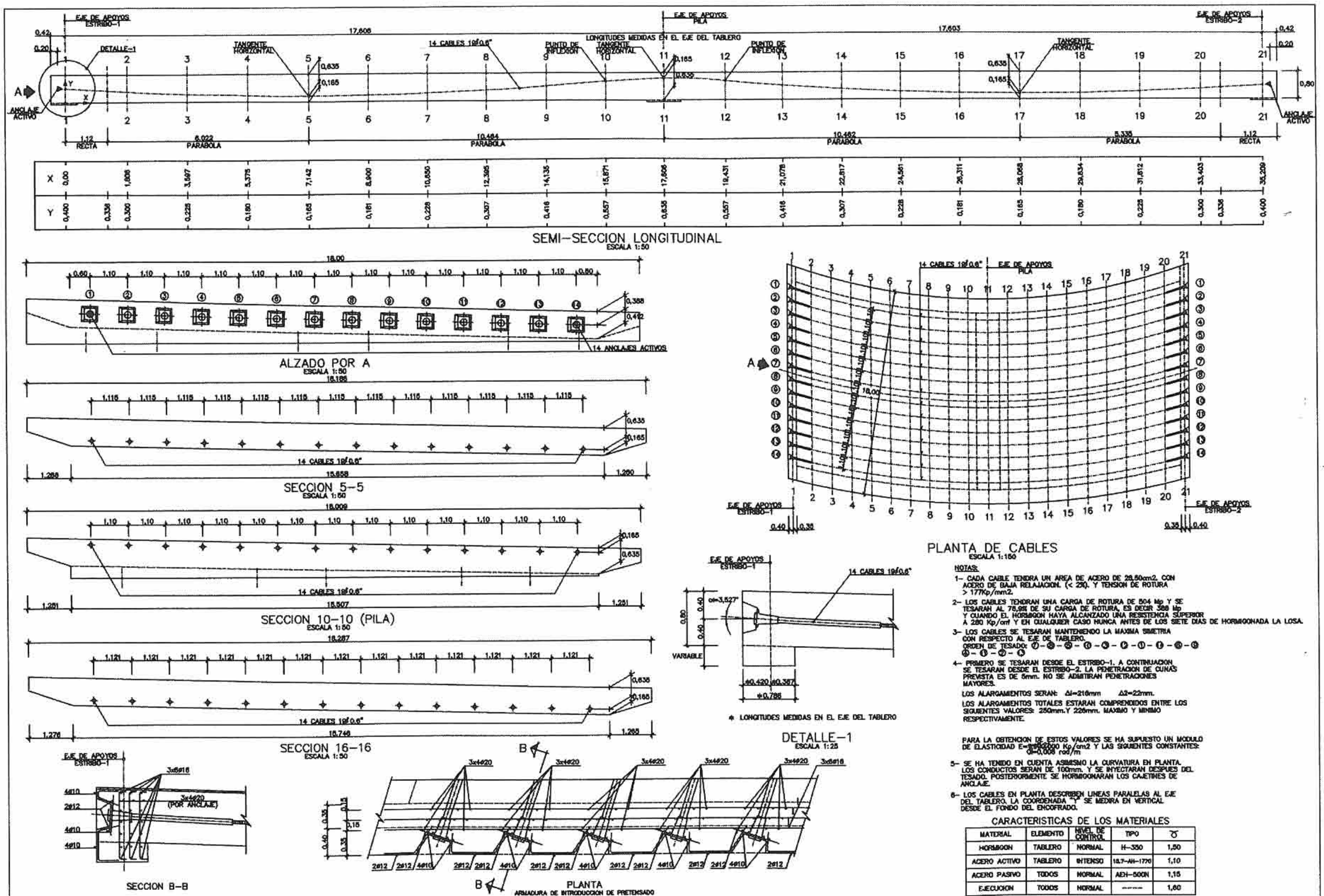
ALTOP (Enrique Navarro). Bofarull, 14 Bajos
08027 BARCELONA. Tel. (93) 340 05 73

CYT (Marcos López Sánchez). Rua do Morón, 11
15705 SANTIAGO (Coruña). Tel. (981) 58 16 78

DATUM (Antonio Brazal). Cristóbal Bordiú, 35, Of. 315
28003 MADRID. Tel. (91) 535 33 72

INTRAC, S. A. Pol. Río de Jamero. c/ de la Pelaya, 6
28110 ALGETE (Madrid). Tel. (91) 629 36 07

PRECISION FOR YOU



NOTAS:

1– CADA CABLE TENDRA UN AREA DE ACERO DE 29,50cm2. CON ACERO DE BAJA RELAJACION. (< 2%). Y TENSION DE ROTURA > 177Kp/mm2.

2– LOS CABLES TENDRAN UNA CARGA DE ROTURA DE 504 Mp Y SE TESARAN AL 78,9% DE SU CARGA DE ROTURA, ES DECIR 388 Mp Y CUANDO EL HORMIGON HAYA ALCANZADO UNA RESISTENCIA SUPERIOR A 280 Kp/cm² Y EN CUALQUIER CASO NUNCA ANTES DE LOS SIETE DIAS DE HORMIGONADA LA LOSA.

3– LOS CABLES SE TESARAN MANTENIENDO LA MAXIMA SIMETRIA CON RESPECTO AL EJE DE TABLERO.
ORDEN DE TESADO: ⑦–⑧–⑨–⑥–⑩–⑤–⑫–①–⑬–④–⑭–③–①–⑫–⑤

4– PRIMERO SE TESARAN DESDE EL ESTRIBO–1. A CONTINUACION SE TESARAN DESDE EL ESTRIBO–2. LA PENETRACION DE CUÑAS PREVISTA ES DE 5mm. NO SE ADMITIRAN PENETRACIONES MAYORES.
LOS ALARGAMIENTOS SERAN: Δl=216mm Δ2=22mm.
LOS ALARGAMIENTOS TOTALES ESTARAN COMPRENDIDOS ENTRE LOS SIGUIENTES VALORES: 250mm.Y 226mm. MAXIMO Y MINIMO RESPECTIVAMENTE.

PARA LA OBTENCION DE ESTOS VALORES SE HA SUPUESTO UN MODULO DE ELASTICIDAD E=1950000 Kp/cm2 Y LAS SIGUIENTES CONSTANTES:
α=0,002 rad/m
β=0,009 rad/m

5– SE HA TENIDO EN CUENTA ASIMISMO LA CURVATURA EN PLANTA. LOS CONDUCTOS SERAN DE 100mm. Y SE INYECTARAN DESPUES DEL TESADO. POSTERIORMENTE SE HORMIGONARAN LOS CAJETINES DE ANCLAJE.

6– LOS CABLES EN PLANTA DESCRIBEN LINEAS PARALELAS AL EJE DEL TABLERO. LA COORDENADA "Y" SE MEDIRA EN VERTICAL DESDE EL FONDO DEL ENCOFRADO.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

MATERIAL	ELEMENTO	NIVEL DE CONTROL	TIPO	σ
HORMIGON	TABLERO	NORMAL	H–350	1,50
ACERO ACTIVO	TABLERO	INTENSO	18.7–AH–1770	1,10
ACERO PASIVO	TODOS	NORMAL	AEH–500N	1,15
EJECUCION	TODOS	NORMAL	-----	1,60

EJEMPLO DE REPLANTEO DE TENDONES EN UN TABLERO COMPUESTO POR DOS ESTRIBOS Y UNA PILA EN EL CENTRO

Desviaciones máximas permisibles en sentido lateral:

B < 0,20 m	*0,007 m*
0,20 < B < 0,60 m	*0,013 m*
B > 0,60 m	*0,025 m*

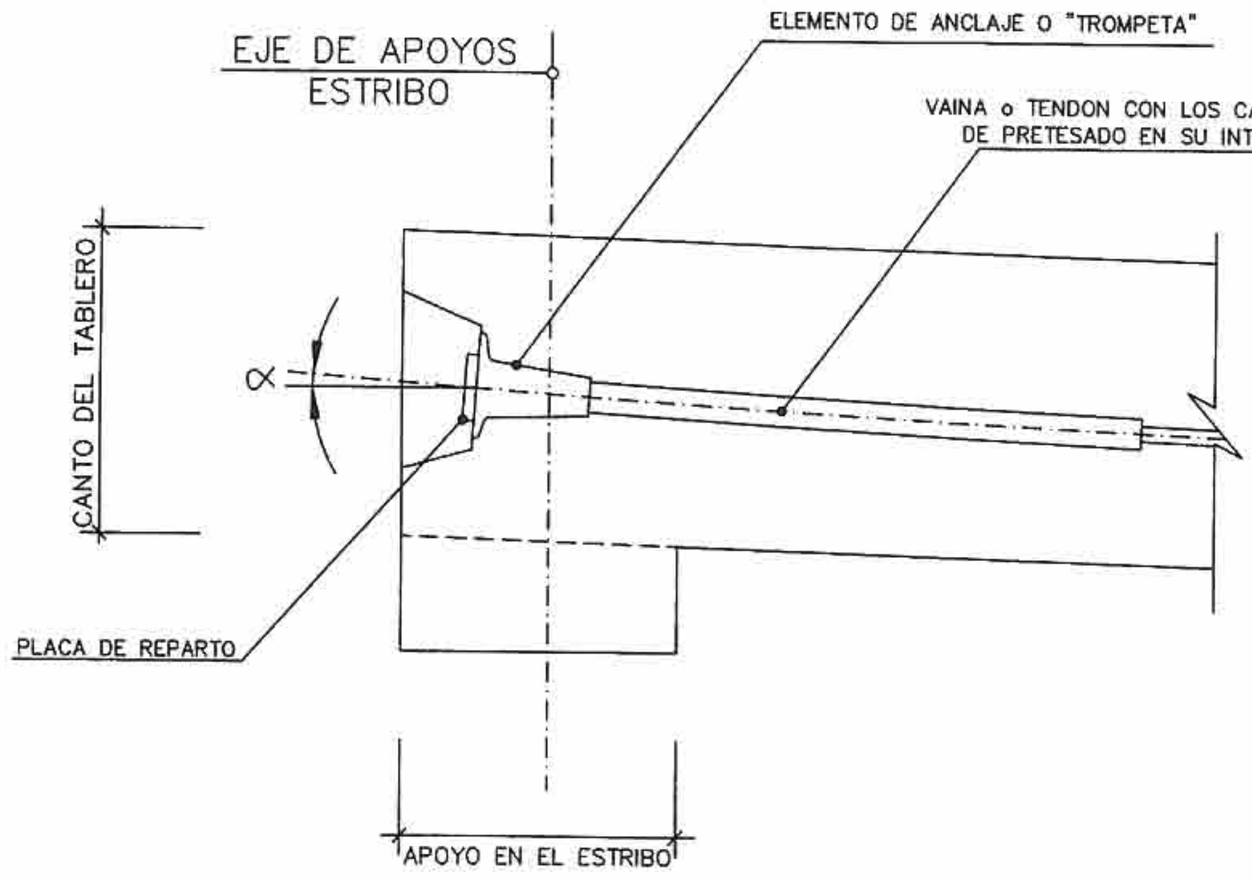
Desviaciones máximas permisibles en sentido vertical:

H < 0,20 m	*0,007 m*
0,20 < H < 0,60 m	*0,010 m*
B > 0,60 m	*0,025 m*

Siendo: *B = diámetro del tendón.*
H = canto total de la sección considerada.

Estas tolerancias serán exigidas rigurosamente en el replanteo y colocación de los tendones del pretensado, tanto por parte de la empresa constructora como por la Dirección Facultativa designada por la propiedad.

Una vez colocados los tendones, se disponen unos dispositivos de anclaje, capaces de retener eficazmente los tendones, resistir su carga y transmitir permanentemente al hormigón la fuerza del pretensado. Estos anclajes están formados por unas placas de reparto, que son unas piezas metálicas que se intercalan entre el anclaje y la superficie de hormigón del elemento que se va a pretesar, para distribuir proporcionalmente la fuerza de tesado de las armaduras activas. En esta placa de reparto se intercalan unas piezas en forma de cuña, denominadas conos, cuya misión es sujetar el cable contra la placa de reparto para que no se deslice cuando se produzca el tesado (figura 4 y croquis).



FASE II:

Consiste en el hormigonado del tablero. La intervención del Ingeniero Técnico en Topografía se reduce a comprobar, mediante sucesivas nivelaciones, que la cimbra no cede al peso del hormigón sobre el tablero durante el proceso de vertido del mismo. Será tarea del encargado el perfecto enrasado del tablero, ajustándose a las tolerancias que el Artículo 29 del Capítulo III de la Instrucción EP-93 dicta al respecto:

Acabado de superficies: Los defectos de planeidad o irregularidades de los paramentos, medidos haciendo pasar una regla de perfil adecuado y de 2,0 m de longitud, no execederán de los siguientes valores:

- *En superficies vistas:* *0,005 m*
- *En superficies ocultas:* *0,020 m*

FASE III:

Consiste en el tesado de las armaduras activas, es decir, de los tendones. Se entiende por tesado el conjunto de acciones necesarias para tesar las armaduras activas. Generalmente se hace con unos gatos de tesado. La operación comienza con la sujección de las armaduras al gato y termina cuando éstas quedan ancladas.

Esta fase se ajusta a un **programa de tesado** previamente establecido por el proyectista, y tiene por objeto definir el orden en que deberán realizarse las distintas operaciones de tesado y la magnitud de la carga de tesado introducida en cada una de ellas.

Al transmitir la fuerza de tesado a las armaduras ancladas por uno de los extremos, los cables, atirantados por el gato en el otro extremo, sufrirán un incremento en su longitud, a la que se denomina **alargamiento**.

En la figura 5 observamos el gato tesando las armaduras activas, donde se aprecia la longitud del émbolo o pistón del gato que sale hacia afuera: esa longitud es el alargamiento.

Es decir, por un extremo de la estructura se disponen unos anclajes pasivos, cuya misión será sujetar los cables para que no se deslicen dentro de las vainas, y por el otro extremo está el gato tirando de esas armaduras. El gato va transmitiendo la fuerza de tesado y los cables van estirándose. Cuando se termina de introducir la fuerza de tesado, a través del gato, especificada en el programa de tesado, se miden los alargamientos obtenidos (o lo que es lo mismo, el retranqueo del pistón del gato respecto a la carcasa de éste) y se comparan con los calculados por el proyectista. Finalmente, si los alargamientos obtenidos coinciden con los calculados, se colocan unos dispositivos de anclaje en los extremos de los cables en los que estaba el gato, para que no cedan al retroceso y queden, por decirlo de alguna manera, "tensos", pudiendo así transmitir estos empujes al hormigón, que es de lo que se trata. Una vez anclados los cables, se introduce por las vainas una inyección de un producto adecuado para proteger las armaduras activas contra la corrosión, se sellan los dispositivos de anclaje y termina el proceso.

El siguiente paso consistirá en descimbrar el tablero y someterlo a la preceptiva prueba de carga (ver **Topografía y Cartografía**, Vol. XI,n.° 63). ■

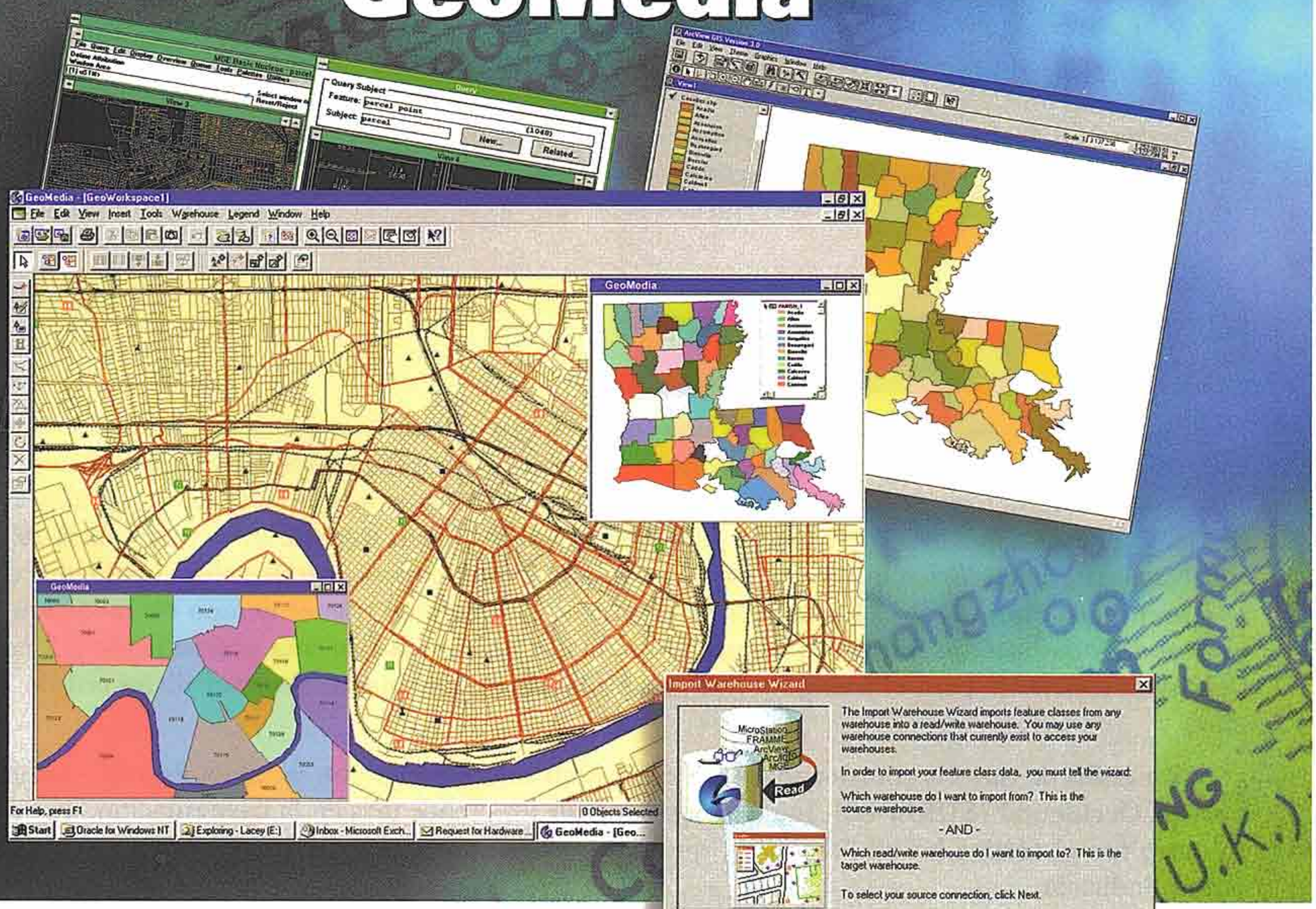
Figura 4

Figura 5

Solicite nuestro folleto gratuito "Nuevas herramientas de software para *Comunicarse Geográficamente*"

¿Un Sistema de Información Geográfica ABIERTO?

GeoMedia



Consulta, integración y análisis de datos espaciales –en su PC

GeoMedia® rompe las barreras de los sistemas propietarios y le permite acceder e integrar ***datos de múltiples fuentes.*** Y dado que GeoMedia ha sido diseñado para Windows® 95 y Windows NT®, permite la ***unión de los datos espaciales con las herramientas informáticas*** de utilización generalizada. GeoMedia extiende el ***análisis geográfico*** a cada PC de la organización, poniendo la capacidad de ***Comunicarse Geográficamente***™ al alcance de todos.

¿Qué le ofrece la Próxima Generación de SIG de Intergraph?

- Acceso y gestión de datos de múltiples fuentes manteniendo los formatos nativos de almacenamiento de datos tales como MGE, FRAMME™ y ARC/INFO.
- Integración de datos geográficos, bases de datos distribuídas, multimedia y aplicaciones ofimáticas comunes.
- Acceso a entidades geográficas y sus atributos para consulta, análisis espacial, producción de mapas temáticos y manipulación de tablas. GeoMedia incluye soporte para las bases de datos relacionales más corrientes así como para la nueva SDO (Spatial Data Option™) de Oracle
- Personalización de aplicaciones por medio de lenguajes estándar compatibles OLE/COM, incluyendo Visual Basic® de Microsoft, PowerBuilder o Delphi.

Intergraph, el logotipo Intergraph y GeoMedia son marcas registradas y FRAMME es una marca de Intergraph Corporation. Microsoft, Windows, Windows NT y Visual Basic son marcas registradas de Microsoft Corporation. Open GIS es una marca de Open GIS Consortium. Otras marcas y denominaciones de producto pertenecen a sus respectivos propietarios. © Intergraph Corporation, Huntsville, AL 35894-0001.

INTERGRAPH GeoMedia™

¿Qué es "Comunicarse Geográficamente"?

Llámenos a INTERGRAPH ESPAÑA, (91) 3728017, o remítanos el cupón adjunto. Le enviaremos gratuitamente, sin compromiso, nuestra publicación "Nuevas herramientas de software para *Comunicarse Geográficamente*" describiendo lo que Vd. desea saber sobre Sistemas de Información Geográfica *Abiertos*.

www.intergraph.com/iss/geomedia

INTERGRAPH
SOFTWARE SOLUTIONS

Remitir a: **INTERGRAPH ESPAÑA S.A.** C/Gobelas 47-49 28023 MADRID Fax: (91) 3728021

Deseo recibir su publicación "Herramientas de Software para Comunicarse Geográficamente", sin compromiso alguno por mi parte.

Nombre: _____

Compañía: _____ Departamento: _____

Dirección: _____ Ciudad: _____

DP: _____ Teléfono: _____ Fax: _____ Ref. GIS3079

Delfín Puente Rodríguez, Benjamín Sánchez Fernández, Abel Camblor Ortiz, Eugenio Sáez García
Universidad de Oviedo

Aplicación de la Técnica de Medición GPS a la triangulación de la Zona Central de Asturias

Resumen

El objetivo de este trabajo es obtener las coordenadas GPS (WGS-84/EUREF-89) de un conjunto de vértices de la Zona Central de Asturias, pertenecientes a la Red Geodésica Nacional (RE-50), de modo que sea posible calcular unos parámetros de transformación para pasar de coordenadas GPS a UTM en la zona considerada. Así mismo, se analiza la precisión de las coordenadas GPS y UTM obtenidas y el área alrededor de la zona en la que es posible la utilización de los parámetros de transformación calculados.

1. Elección de la red de triangulación

Como paso previo, fue preciso elegir una red de triangulación que cubriera la Zona Central de Asturias, de tal modo que siempre existiera un vértice con coordenadas GPS a distancia inferior a 10 kilómetros de cualquier punto situado en la misma. A tales efectos, con ayuda de la cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1: 50.000, se eligieron un total de 21 vértices de la Red Geodésica Nacional, de tal forma que entre los mismos se pudieran construir triángulos cuyos lados estuvieran comprendidos entre 10 y 15 kilómetros de distancia, al objeto de que el tiempo de medición no fuera superior a una hora, permitiendo asimismo medir las baselíneas con una precisión de ± 2 cm, que se considera suficiente para el trabajo a realizar. En la figura 1 se puede observar dicha red de triangulación.

Con el fin de que las coordenadas GPS estuvieran relacionadas con las de la Red de Orden Cero de Europa Occidental (EUREF-89), fue necesario incluir un vértice más en la triangulación, que para nuestro caso fue el vértice Nº 22 "Tazones", que dispone de coordenadas GPS referidas a la Red anteriormente indicada.

2. Medición G.P.S. de la red de triangulación

Para la medición de los distintos vértices de la red de triangulación diseñada, se emplearon dos equipos WILD GPS-SYSTEM 200 de doble frecuencia, cuyas características más relevantes son:

Componentes:

- Sensor GPS WILD SR299
- Controlador GPS WILD CR233
- Software Estático-Cinemático SKI
- Sensor PC y software de control SPCS

Recepción de satélites GPS:

- Registro de la portadora L1: Fase portadora reconstruida a partir del código C/A.
- Registro de la portadora L2: Fase portadora reconstruida a partir del código P o mediante la técnica de cuadratura propiedad de Magnavox.

Precisión de las baselíneas con el software SKI (una vez procesados los datos):

La precisión de las baselíneas depende de varios factores, como son: el número de satélites disponibles, la geometría de la constelación, el tiempo de observación, la precisión de las efemérides, la perturbación ionosférica y las ambigüedades resueltas.

Para la captura de los datos de campo se midieron todas las baselíneas correspondientes a los lados de la red de triángulos representados en la figura 1, iniciando el trabajo desde el vértice Nº 1 "La Granda" y continuando con todos los demás. En lo que al tiempo de medición se refiere, se estableció en torno a una hora de duración para aquellas baselíneas de longitud inferior a 20 kilómetros, mientras que para las superiores a esta distancia, el periodo se aumentó hasta dos horas, en particular en las baselíneas que unen el vértice Nº 22 "Tazones" con los vértices Nº 4 "Torres", Nº 7 "San Martín" y Nº 10 "Llosona", cuyas distancias sobrepasaban los 23 kilómetros.

Se determinaron las variables ambientales, presión y temperatura, en cada punto de medición, introduciendo estos datos en el cálculo con el fin de eliminar el retardo troposférico. Asimismo, las medidas se realizaron con intervalos de 15 segundos y una máscara de elevación de 15° sobre el horizonte, consiguiéndose prácticamente en todo momento disponer de datos procedentes de cinco o más satélites y una adecuada geometría de los mismos, materializada en valores del GDOP inferiores a 5.

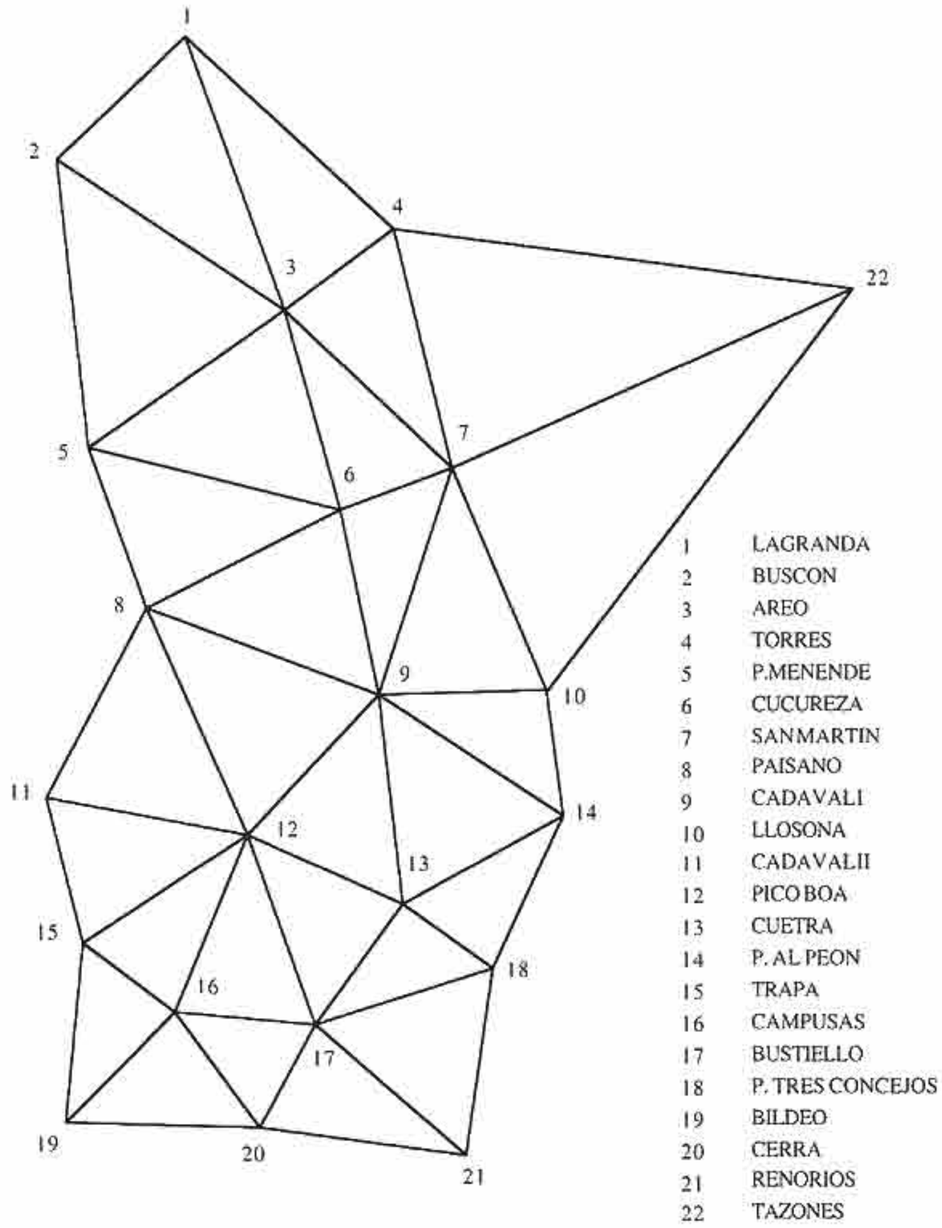


Figura 1. Red de triangulación de la Zona Central de Asturias

E.m.c.* de la baselínea	
Estático:	5 mm + 1 ppm
Estático rápido:	5 a 10 mm + 1 ppm
Reocupación:	5 a 10 mm + 1 ppm
"Stop and Go":	10 a 20 mm + 1 ppm
Cinemático:	10 a 20 mm + 1 ppm

* E.m.c. = error medio cuadrático

3. Cálculo de las coordenadas GPS de la red de triangulación

3.1. Cálculo de baselíneas

Para la determinación de las coordenadas GPS en la red EUREF-89 de los vértices de la triangulación, es necesario arrastrar las coordenadas desde al menos un vértice que disponga de las mismas en dicho sistema. En el caso que nos ocupa, este vértice es el Nº 22 "Tazones", cuyas coordenadas geodésicas son las que se indican seguidamente:

λ = 5º 24' 22,67298" W
φ = 43º 32' 48,24606" N
Cota elipsoidal: 187,968 m (Referida al elipsoide WGS-84)
Cota ortométrica: 135,270 m

Las cotas están referidas a la parte superior del pilar del vértice geodésico.

El arrastre de las coordenadas GPS desde el vértice "Tazones", se ha realizado calculando las diferencias de coordenadas ΔX, ΔY y ΔZ entre los puntos sobre los que se situaron los aparatos de medi-

ción, proceso que se denomina "cálculo de baselíneas" y para el que se ha utilizado el paquete informático SKI 1.09, de la firma Leica, con los siguientes parámetros y condiciones de cálculo:

- Angulo de elevación: 15º
- Modelo troposférico: Hopfield
- Modelo ionosférico: estándar
- Efemérides: de navegación
- Datos usados: códigos y diferencia de fase
- Frecuencias: L1 y L2
- Límite para el cálculo de ambigüedades: 15, 20, 23, 25 y 27 km, dependiendo de la longitud de la baselínea a calcular.

Como ejemplo ilustrativo del cálculo realizado, a continuación, en la tabla 1, se indican los resultados obtenidos para la transmisión de coordenadas desde el vértice Nº 22 "Tazones", a los vértices Nº 4 "Torres", Nº 7 "San Martín" y Nº 10 "Llosona", según el esquema representado en la figura 2.

Una vez realizados los cálculos anteriores, es posible comparar los resultados obtenidos para las coordenadas del vértice Nº 7 "San Martín", que han sido calculadas a partir de las de los vértices Nº 22, Nº 4 y Nº 10. En este sentido, en la tabla 2 se observa que la mayor diferencia en latitud es de 0,00051", que equivale aproximadamente a 15,3 milímetros, mientras que para la longitud, la desviación observada es sensiblemente mayor, alcanzando un valor de 0,00192", es decir, aproximadamente 38,4 milímetros. Bajo estas condiciones, el módulo del vector diferencia es igual a 41,3 milímetros, por lo que, teniendo en cuenta que la precisión planimétrica de los equipos de medida es de 5 mm + 1 ppm y que el triángulo a cerrar tiene un perímetro aproximado de 60,5 kilómetros, el error teórico sería de unos 60 milímetros, que es 18,7 mm superior al obtenido.

En cuanto a las cotas se refiere, la mayor diferencia observada es de 102 milímetros, mientras que la precisión altimétrica de los equipos de medida es de 5 mm + 2 ppm, que en el caso que nos ocupa representa un total de 120 milímetros, valor que también es superior al error obtenido durante el proceso de medición.

Por otra parte, en referencia al proceso de cálculo de las baselíneas, es preciso hacer constar que, para un determinado número de ellas, inicialmente no se pudo determinar el número entero N de ciclos de la señal, es decir, fue imposible resolver las ambigüedades, lo que, de no subsanarse, puede dar lugar a introducir errores en las baselíneas.

Cuando se produce la circunstancia de que no es posible resolver las ambigüedades, ello puede ser debido a varias razones:

a) A que el tiempo de medición es demasiado corto, en cuyo caso la única solución es repetir la medición elevando el tiempo de recepción.

b) A que la recepción de la señal no se hizo simultáneamente desde al menos cuatro satélites.

c) Que la geometría espacial de los satélites no sea buena, es decir, que el factor de dilución de la misma (GDOP o PDOP) sea elevado (superior a 5).

BASELINEA	COORDENADAS VERTICE DE REFERENCIA			INCREMENTO DE COORDENADAS			DESVIACIO. TIPICAS		
	λ	φ	h_e (m)	$\Delta\lambda$	$\Delta\varphi$	Δh (m)	σ_λ	σ_φ	σ_h
22-4	5° 24' 22,67298" W	43° 32' 48,24606" N	187,968	17' 56,55573"	1' 16,84548"	-12,169	0,0004	0,0005	0,0013
22-7	5° 24' 22,67298" W	43° 32' 48,24606" N	187,968	15' 33,41270"	5' 27,44594"	383,346	0,0004	0,0005	0,0010
22-10	5° 24' 22,67298" W	43° 32' 48,24606" N	187,968	11' 35,01489"	11' 40,27823"	463,854	0,0003	0,0005	0,0008
4 -7	5° 42' 19,22871" W	43° 34' 5,09154" N	175,799	2' 23,14496"	6' 4429135"	395,535	0,0003	0,0005	0,0008
10-7	5° 35' 57,68787" W	43° 21' 7,96783" N	651,822	3' 58,39691"	6' 12,83184"	-80,406	0,0002	0,0004	0,0005

Tabla 1. Resultado del cálculo de baselíneas

d) Que se interrumpa momentáneamente la señal de alguno de los satélites, o que el tiempo de recepción de uno determinado sea excesivamente corto, por desaparecer prematuramente por el horizonte o porque entró en el espacio aéreo útil poco tiempo antes de finalizar el proceso de medición.

En el caso que nos ocupa, el tiempo de medición fue, como se ha dicho anteriormente, el adecuado (entre una y dos horas), por lo que se descarta que la no resolución de las ambigüedades haya sido por este motivo.

En cuanto a la segunda condición, durante el proceso de medición siempre se recibieron señales simultáneas de al menos cuatro satélites, lo que desbarata la posibilidad de no poderse resolver las ambigüedades debido a esta circunstancia.

Asimismo, en cuanto a la geometría de los satélites se refiere, se destaca el hecho de que en algunas ocasiones el valor del GDOP fue, como es lógico, superior a 5, lo que en algún caso impidió resolver las ambigüedades.

Finalmente, también hay que resaltar que durante el transcurso de alguna medición no todos los satélites estuvieron emitiendo las señales radioeléctricas durante el período de tiempo adecuado para resolver las ambigüedades correspondientes.

VERTICE DE REFERENCIA	λ	φ	he
N° 4	5° 39' 56,08376" W	43° 27' 20,80018 N	571,334
N° 22	5° 39' 56,08568" W	43° 27' 20,80012 N	571,314
N° 10	5° 39' 56,08478" W	43° 27' 20,79967 N	571,416

Tabla 2. Coordenadas geodésicas del vértice San Martín (N° 7)

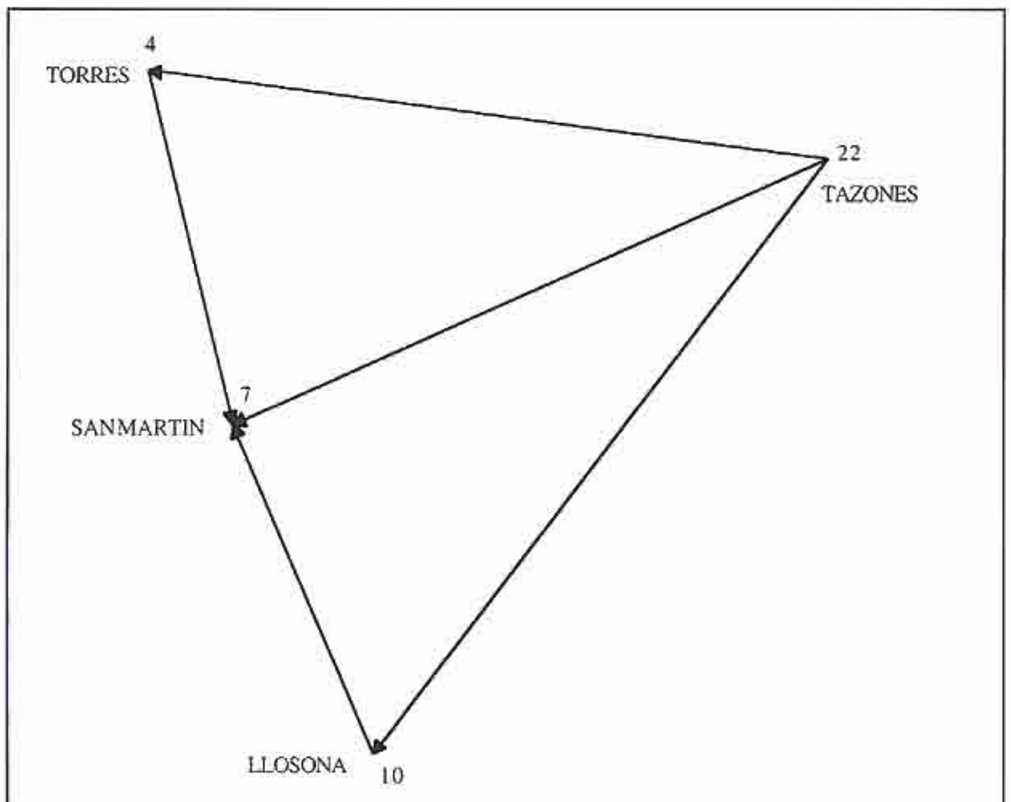


Figura 2. Esquema del orden de cálculo de coordenadas

Para resolver este problema en los casos en que se presentó, se recurrió a eliminar los satélites que no estuvieron presentes durante el tiempo mínimo necesario, siempre y cuando quedarán hábiles para el proceso de cálculo cuatro como mínimo.

Otra de las soluciones empleadas para resolver esta cuestión, fue eliminar los datos registrados al principio o al final de la medición, en aquellos casos en que se disponía de suficiente tiempo de medición para garantizar la resolución de las ambigüedades. Lo que no es posible es eliminar tiempos de medición en la zona central del período registrado, porque al existir un salto en el tiempo, las ambigüedades determinadas para los satélites ya no son válidas, por lo que se hace preciso tratar los espacios discontinuos de tiempo como si se tratara de mediciones independientes.

Para el resto de los vértices de que está formada la red de triangulación diseñada, los resultados son similares a los indicados anteriormente, lo que permite afirmar que el proceso de medición ha sido el correcto, tanto en lo que se refiere a los propios criterios adoptados para el diseño de la red, como para la medición y el cálculo de las baselíneas de la misma.

3.2. Ajuste de la red

Finalizado el proceso de cálculo de las coordenadas iniciales de los vértices que componen la red de triangulación, el siguiente paso a realizar es el que se refiere al ajuste de las coordenadas de los mismos, teniendo en cuenta todas y cada una de las baselíneas que concurren en cada vértice.

A tales efectos, el ajuste de los datos se ha realizado considerando como fijo el vértice Nº 22 "Tazones", ya que es el que tiene asignadas coordenadas GPS de la Red de Orden Cero de Europa Occidental (EUREF-89), y teniendo también presentes los siguientes parámetros:

Tipo de ajuste: Con un punto fijo
Número de observaciones: 153 (51 baselíneas con 3 componentes cada una)

Número de incógnitas: 63 (21 vértices libres, con 3 incógnitas por vértice)
Grados de libertad: 90

A continuación, como ejemplo del ajuste realizado, en la tabla 3 se presentan los valores de los residuos de las baselíneas ajustadas para los triángulos formados por los vértices Nº 22, Nº 4, Nº 7 y Nº 10, expresando en milímetros los valores de las diferencias de los incrementos de latitud, longitud y diferencia de cota de cada baselínea. A este respecto, como residuo se entiende la diferencia que existe entre la baselínea medida en el campo y la obtenida después del proceso de ajuste.

Así mismo, en la tabla 4 se presentan los valores de las coordenadas geodésicas ajustadas para los vértices Nº 22, Nº 4, Nº 7 y Nº 10, y en la tabla 5 los valores y orientación de los semiejes de las elipses de error con una probabilidad del 90 por ciento (90%), expresados estos en milímetros y grados respectivamente.

Como se puede observar, los semiejes de las elipses de error, al 90 por ciento de probabilidad, presentan unos valores similares para todos los puntos, siendo del orden de 2 cm para las coordenadas planimétricas y de 3,5 cm para las cotas, lo que es perfectamente acorde con la precisión esperada.

Baselínea	δΔφ (mm)	δΔλ (mm)	δΔh (mm)
22-4	5,3	–18,5	13,0
22-7	4,3	21,0	41,6
22-10	–1,8	4,7	–33,1
4-7	–2,9	–3,7	8,4
10-7	20,0	–3,9	27,9

Tabla 3. Valores de los residuos de las baselíneas en coordenadas geodésicas

Vértice	λ	φ	h_E
22	5º 24' 22,67280" W Fijo	43º 32' 48,24606" N Fijo	187,968 Fijo
4	5º 42' 19,22954" W	43º 34' 5,09171" N	175,812
7	5º 39' 56,08475" W	43º 27' 20,80026" N	571,355
10	5º 35' 57,68766" W	43º 21' 7,96777" N	651,789

Tabla 4. Valores de las coordenadas geodésicas ajustadas

VERTICE	SEMIEJE MAYOR	SEMIEJE MENOR	AZIMUT	ALTURA
4	0,022	0,016	6,4°	0,036
7	0,020	0,015	6,1°	0,032
10	0,019	0,015	2,5°	0,032

Tabla 5. Valores de las elipses de error al 90% y orientaciones

En el resto de los vértices de la triangulación, los resultados obtenidos son similares a los anteriores, lo que demuestra que el proceso de medición y cálculo de las coordenadas GPS de los mismos se ajustó en todo momento a la precisión requerida para el presente trabajo, por lo que no hubo necesidad de efectuar ninguna nueva medida para corregir posibles errores.

4. Determinación de los parámetros de transformación para pasar del sistema GPS al sistema local en coordenadas UTM

Para definir una transformación Helmert tridimensional que permita pasar del sistema GPS al sistema local, es necesario disponer al menos de tres puntos con coordenadas conocidas en los dos sistemas. En el caso que nos ocupa, se dispone de 22 vértices en los que se conocen las coordenadas GPS, determinadas en este trabajo según lo indicado en epígrafes precedentes, y las coordenadas locales, que han sido proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Por lo tanto, dado que se dispone de datos superabundantes, es posible determinar unos parámetros de transformación aplicando el método de Mínimos Cuadrados, de modo que las diferencias entre las coordenadas locales y las transformadas de las GPS mediante los parámetros obtenidos, sean mínimas.

Mediante la aplicación del método de Mínimos Cuadrados, se determinaron los parámetros de transformación en varios supuestos: A, B, C y D, que a continuación se exponen, aunque, como ejemplo ilustrativo, sólo se presentan los datos correspondientes al supuesto A.

A: Utilizando los 22 vértices disponibles.
B: Utilizando los vértices de la zona centro (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 14).

C: Utilizando los vértices de la zona norte (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).
D: Utilizando los vértices de la zona sur (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21).

Parámetros de transformación para el supuesto A

Para comprobar las deformaciones que se producen en la transformación, se indican en la tabla siguiente los valores de los residuos en coordenadas geodésicas, entendiendo como tales las diferencias existentes entre las coordenadas geodésicas facilitadas por el IGN y las obtenidas por transformación de las correspondientes GPS.

Parámetros de transición	Valor	E.m. c.	Dim.
1 Desplazamiento C_X	38,508	11,3488	m
2 Desplazamiento C_Y	45,146	19,7191	m
3 Desplazamiento C_Z	421,291	11,3066	m
4 Rotación eje X	0,715763	0,5074	["]
5 Rotación eje Y	–8,319739	0,3945	["]
6 Rotación eje Z	–1,505143	0,5139	["]
7 Factor de escala	–24,867446	1,6213	[ppm]
Desviación típica a priori : 1,0000	Número de puntos comunes: 22		
Desviación típica a posteriori : 0,1547			

5. Conclusiones

A la vista de los resultados anteriormente indicados, para cada uno de los casos analizados se observa que los giros obtenidos en la transformación son en general de escaso valor, si bien es cierto que en la dirección del eje Y se alcanzan valores ligeramente superiores, comprendidos entre –6" y –10", lo cual es fundamentalmente debido a la ondulación del geoide en la zona, cuya componente principal de variación coincide con la dirección N-S.

Asimismo, se aprecia un factor de escala en torno a las 25 p.p.m. que es debido fundamentalmente a dos causas:

- Por el hecho de haber considerado las cotas ortométricas proporcionadas por el IGN como cotas elipsoidales, para llevar a cabo la determinación de los parámetros de transformación.
- Como consecuencia de que las coordenadas de los vértices geodésicos utilizados se encuentran afectadas por un factor de escala.

En cuanto a los residuos planimétricos obtenidos en el supuesto A, se observa que en general son inferiores a 10 centímetros, aunque en un caso se llega a 14, lo cual está en perfecta consonancia con la propia precisión de las coordenadas facilitadas por el IGN. A este respecto, en lo que se refiere a las cotas de los vértices, se destaca el hecho de que la mayor parte de los mismos están por debajo de los 25 centímetros de residuo, y solamente en alguno de ellos se sobrepasa este valor, que llega incluso hasta los 40 centímetros, para aumentar casi al doble (73 cm) en el vértice Nº 22 "Tazones", circunstancia que está motivada por dos factores: por una parte, a consecuencia de la imprecisión de las cotas de los propios vértices de la Red Geodésica Nacional, cuyo error intrínseco puede llegar a ser de hasta 30 centímetros; y por otra parte, a la propia ondulación del geoide, que aunque es parcialmente corregida en la dirección N-S mediante la rotación sobre el eje Y, no lo es en cambio en la dirección E-O ni en otras componentes independientes de la dirección.

Para el resto de los supuestos B, C y D, los resultados son similares a los obtenidos para el caso A, si bien es cierto que, debido a abarcar áreas de terreno más pequeñas, los residuos planimétricos sólo son algo menores, mientras que para las cotas sí se constata una sustancial mejora, ya que los residuos en ningún caso llegan a alcanzar el valor de 20 centímetros.

En otro orden de cosas y con el fin de comprobar el ámbito territorial para el que resultan válidos los parámetros calculados, se han transformado todos los puntos de la red con los parámetros correspondientes a los supuestos B, C y D, lo que implica utilizar la transformación para puntos situados fuera de la zona que se ha empleado para la determinación de dichos parámetros. De los resultados obtenidos se ha podido deducir que los errores aumentan a medida que nos separamos de la zona para la que se han calculado los parámetros, cosa que era perfectamente previsible. Además, al transformar un punto alejado en latitud de la zona para la que se han calculado los parámetros, se aprecia con claridad que su error aparece fundamentalmente en la longitud, lo cual es debido al efecto de giro provocado por la transformación. Por el contrario, si el punto estuviese alejado en longitud, su error tendría la mayor componente en la latitud. Por ejemplo, si se transformara el vértice Nº 20 haciendo uso de los parámetros calculados en el supuesto C (zona Norte), los errores en latitud y longitud respecto de las coordenadas transformadas en el supuesto A, serían los siguientes:

Error en latitud = 0,075 m
Error en longitud = 0,213 m

En el caso de que el vértice a transformar fuera el Nº 22, considerando los mismos condicionantes de transformación, los errores respectivos serían los siguientes:

Error en latitud = 0,166 m.
Error en longitud = 0,054 m.

Vértice	Latitud	Longitud	Altura
1	–0,0148	–0,0842	–0,2123
2	–0,1144	0,0018	–0,0528
3	0,0257	–0,0101	0,0025
4	0,0427	–0,0940	0,3044
5	0,0079	0,0463	–0,0374
6	0,0228	0,0530	0,3978
7	0,0165	0,0578	0,1789
8	0,1012	0,0312	–0,0582
9	0,0199	0,0956	0,1476
10	0,0040	0,0715	0,2831
11	0,0358	0,0593	–0,0490
12	–0,0591	–0,0188	0,0497
13	0,0012	–0,0136	0,1009
14	0,0878	0,0787	0,2267
15	0,0478	0,0734	–0,2477
16	0,0317	–0,0514	–0,0526
17	–0,0753	–0,1363	0,0669
18	–0,0467	–0,0090	0,0472
19	–0,0582	–0,0568	–0,3712
20	–0,0145	–0,0130	0,0504
21	0,0193	0,0012	–0,1653
22	–0,0817	–0,0204	–0,7258

Tabla 6. Residuos de coordenadas geodésicas en metros

Como conclusión final se puede decir que los parámetros de transformación calculados para una zona se pueden utilizar en un entorno de unos 10 km alrededor de la misma, con unos errores en latitud y en longitud inferiores a los 10 cm.

Bibliografía:

- BARBADILLO FERNÁNDEZ, A.: "Breve relación de la nueva Red Geodésica G.P.S. española". Topografía y Cartografía. Pág. 22-23. Madrid, 1995.
- BEUTLER, G.; HEIN, G.W.; MELBOURNE, W.G.; SEEBER, G.: GPS Trends in precise Terrestrial, Airborne and Spaceborne Applications. Springer-Verlag. Berlín, 1996.
- CAPDEVILA SUBIRANA, J.: "Redes G.P.S. de orden cero en España. Estado actual y tendencias". Segunda Semana Geomática de Barcelona, 25-4 al 28-4. Pág. 68-72. Barcelona, 1995.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINNS, J.: Global Positioning System. Theory and Practice. Third revise edition. Springer-Verlag Wien. New York, 1994.
- KLEUSBERG, A.; TEUNISSEN, P.J.G.: GPS for Geodesy. Springer-Verlag. Berlín, 1996.
- LEICK, A.: Adjustment Computations. University of Maine. Dept. of Surveying Engineering, 1980.
- LEICK, A.: GPS Satellite Surveying. John Wiley and Sons. New York, 1990.
- SEEBER, G.: Satellite Geodesy, Methods and Applications. Walter de Gruyter. Berlín-New York, 1993. ■

Werner Kuhn
Peter Haunold
Andrew V. Frank
Austria

La interfaz de usuario en los SIG considerada como un factor económico en la digitización manual de mapas

XX Congreso Internacional de la FIG
Melbourne 1994

Abstract

Geographic information systems (GIS) have become a widely used technology for managing spatially referenced information in the private and public sectors. The rapid growth of the market for GIS technology and digital spatial data raises some crucial economic issues. While past GIS implementations were primarily concerned with hardware and software capabilities, the focus of attention is now shifting to issues of effective system use by individuals and organizations. Among these issues are the usability of GIS and the cost of data, including their maintenance. This paper presents an analitycal investigation of such issues in the context of GIS data acquisition by manual map digitizing at national surveying and mapping agency.

Résumé

Les systèmes d'information gèographique (SIG) sont devenus un outil indispensable pour la gestion de l'information à rèference spatiale dans les secteurs privè et public. L'expansion rapide du marchè pour cette technologie et pour les donnèes numèriques spatiales pose alors d'importantes questions èconomiques. Tandis qu'au passè, on s'occupainet tout d'abord des capacitès des machines et des logiciels, l'attention tourne maintenant vers les questions de l'utilisation productive des systèmes par les individus comme par les organisations. Parmi ces questions sont ceux de la facilitè d'utiliser un SIG et ceux du coût des donnèes et de leur mise à jour. Ce rapport prèsente une ètude analytique sur ces questions dans le contexte de l'acquisition des donnèes par une numèrisation de plans cadastrales.

Introducción

La transformación de los mapas analógicos a formato digital, a través de la digitización manual, es un proceso caro y tedioso; a pesar de ello, está ampliamente extendido. La digitización manual de los mapas es uno de los métodos primarios de hacer accesibles los datos geográficos, al proceso digital (Marble y Lauzon 1984). Son muchos los estudios que se han efectuado para optimizar los métodos de digitización. El presente trabajo investiga la posibilidad de aplicar un modelo de interacción entre el ordenador y el ser humano, denominado Modelo "Keystroke-Level"*, para el análisis y la optimización de las tareas de la digitización manual de los mapas.

El Modelo "Keystroke-Level" ofrece un sencillo método de estimar o predecir el tiempo que los usuarios expertos necesitan para efectuar una tarea dada. La idea central del modelo es que el tiempo que un experto necesita para realizar una tarea, sobre un sistema interactivo, viene determinado por el tiempo necesario para teclear las instruccio-

* N. del T.: Modelo establecido por una serie de investigadores, en el que las acciones más sencillas quedan definidas a nivel de: actuar sobre una tecla, pulsar un botón, etc.

nes clave necesarias, o accionar o pulsar las teclas o botones necesarios. Así pues, para obtener el tiempo total empleado para efectuar una tarea, se puede determinar el método de su ejecución, contar el número de acciones necesarias para dicha ejecución, tales como pulsar una tecla o botón, y multiplicar por el tiempo que se precisa para pulsar dicha tecla o botón. Obviamente, hay que añadir otras operaciones elementales al modelo; éstas son operaciones del tipo siguiente: situar el cursor o puntero sobre un punto, el desplazamiento de las manos entre cursor y teclado, la preparación mental y los tiempos de respuesta del sistema (Card y otros, 1980; Card y otros, 1983).

Desde que en 1980 se introdujo el Modelo "Keystroke-Level", los investigadores lo han aplicado a múltiples áreas, tales como la edición de textos, la enseñanza, la manipulación de llamadas telefónicas por operador, y a tareas altamente interactivas, en videojuegos (Card y otros 1980; John 1990; John y Vera 1992; Olson y Nilsen 1988; Singley y Anderson 1988). Para un estudio detallado de estas y otras aplicaciones, véase también: Olson y Olson, 1990.

Las tareas detectadas en estas áreas se modelaron mediante el modelo "GOMS" ("Goals, Operations Methods and Selection"), que describe las reglas de las "Metas, Operadores, Métodos y Selección" empleadas para resolver una tarea. El Modelo "Keystroke-Level" sirvió para analizar y estimar, o predecir, los tiempos de ejecución de las tareas. Estos tiempos podían estimarse generalmente con mucha exactitud, lo que sugirió que el modelo podría emplearse también en áreas más complejas. Hasta el momento, se ha documentado un estudio de una interfase de usuario para el diseño gráfico, de diseño "VSLI" sobre un ordenador "ICARUS" (Card y otros, 1983), y en la que los tiempos de ejecución de los comandos fue estimado mediante el Modelo "Keystroke-Level" con un error de un 16%.

Nuestro estudio se ha centrado en la transformación de los datos cartográficos analógicos a formato digital, en un organismo cartográfico nacional, encargado de establecer una base de datos catastral en todo su país. Para ello se precisa digitizar unas 260.000 hojas de mapa, empleando para ello 150 estaciones de trabajo. Durante los cuatro primeros años del proyecto, se han digitizado unos 43.000 mapas (un 17% del total). La naturaleza lenta y costosa de los procesos de la digitización manual, y la carencia de alternativas plenamente automatizadas y fiables, precisaron efectuar una investigación acerca de las características de la interfase de usuario empleada en las tareas de digitización (Frank 1993; Haunold y Kuhn 1993; Kunh 1990).

Este artículo presenta los métodos y las tareas necesarias en la digitización manual de los mapas, así como un experimento para medir los tiempos de ejecución en condiciones de producción. Se describen dos operadores modificados a nivel de pulsación de tecla o botón, y también se comparan los tiempos medidos en la ejecución de las tareas de digitización, con los estimados por el modelo. Finalmente, se demuestra el uso del Modelo "Keystroke-Level" para optimizar las tareas de la digitización manual, en especial en una tarea de "zoom/pan"*.

Tareas de la digitización manual de mapas

La finalidad de la digitización manual de mapas es la de construir bases de datos geográficas digitales. En el caso

* N. del T.: El "zoom" es la ampliación o reducción de la imagen de pantalla, y el "pan" consiste en desplazar la parte visible de una imagen en pantalla, por la totalidad de la imagen.

del organismo cartográfico de este estudio, los mapas catastrales analógicos son "escaneados", y estas imágenes "escaneadas" son digitizadas sobre la pantalla, empleando como dispositivo de entrada de datos una tableta digitizadora, con un cursor de 16 botones. En la figura 1 se muestra el resultado de digitizar manualmente una parte de un mapa catastral .

Un requisito necesario para la aplicación del Modelo "Keystroke-Level" a la digitización manual de mapas, es que las operaciones de digitización se subdividan en tareas repetitivas y libres de error, al nivel básico que estamos considerando en el modelo (keystroke). En total se identificaron 80 tareas para la digitización de límites de parcelas, casas, líneas, identificadores de parcelas y símbolos. Este número también incluye a las tareas necesarias para cambiar y desplazar las vistas del mapa sobre la pantalla ("zoom" y "pan"), así como para copiar y corregir los datos.

Dado que el Modelo "Keystroke-Level" solo puede predecir tiempos de ejecución, un segundo requisito es que se ignoren los tiempos de la adquisición de tareas. Esto redujo el total a 38 tareas, que representan un 50% de todas las posibles tareas de digitización, aunque permite a los usuarios el realizar de un 90 a un 95% de todas las operaciones observadas. Las tareas eliminadas fueron en su mayoría aquellas empleadas para la corrección de errores.

Un tercer requisito es la subdivisión de todas las tareas en secuencias estandarizadas de acciones al nivel básico que estamos considerando en el modelo, denominadas tareas unitarias. Para las 38 tareas se determinaron estas secuencias de acciones. Las acciones (y sus correspondientes operadores del modelo) son: pulsar una tecla del teclado de la máquina de escribir, o un botón del cursor (K), el apuntar hacia, o situarse sobre un dato (P), la preparación mental (M), los tiempos de respuesta del sistema (R) y la colocación alternativa de las manos sobre el cursor y el teclado (H).

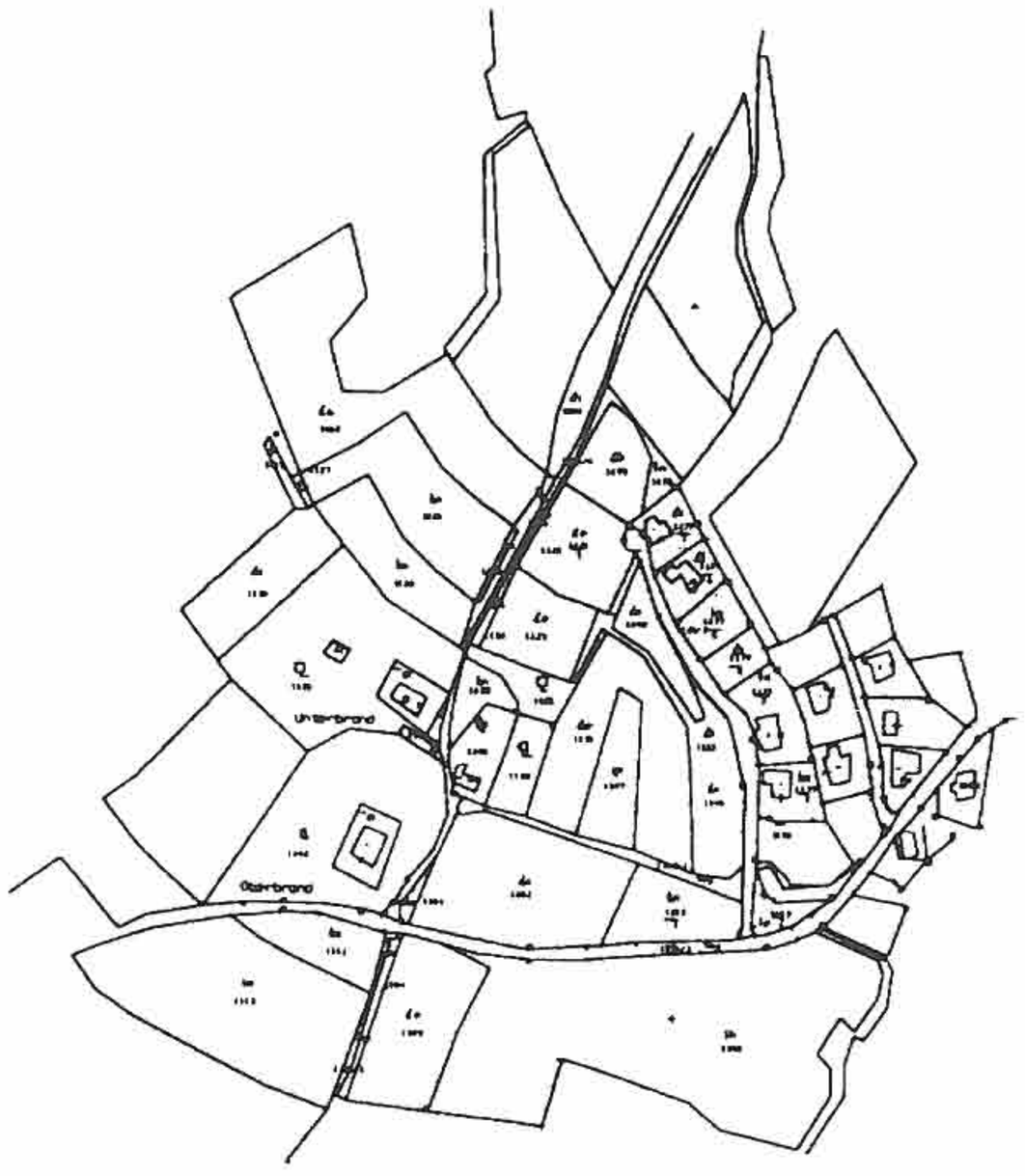


Figura 1. Parte de un mapa catastral digitizado

Un ejemplo de tarea de digitización es la "digitización continua de límites", mediante la cual se digitizan los vértices de los límites de una parcela (ver figura 2). En esta tarea se detectaron las siguientes secuencias de acciones:

- Apuntar o situarse sobre un vértice P.
- Digitizar el vértice K (botón cero del cursor).

La mencionada secuencia de acciones –al nivel básico que estamos considerando en el modelo (keystroke)– es-

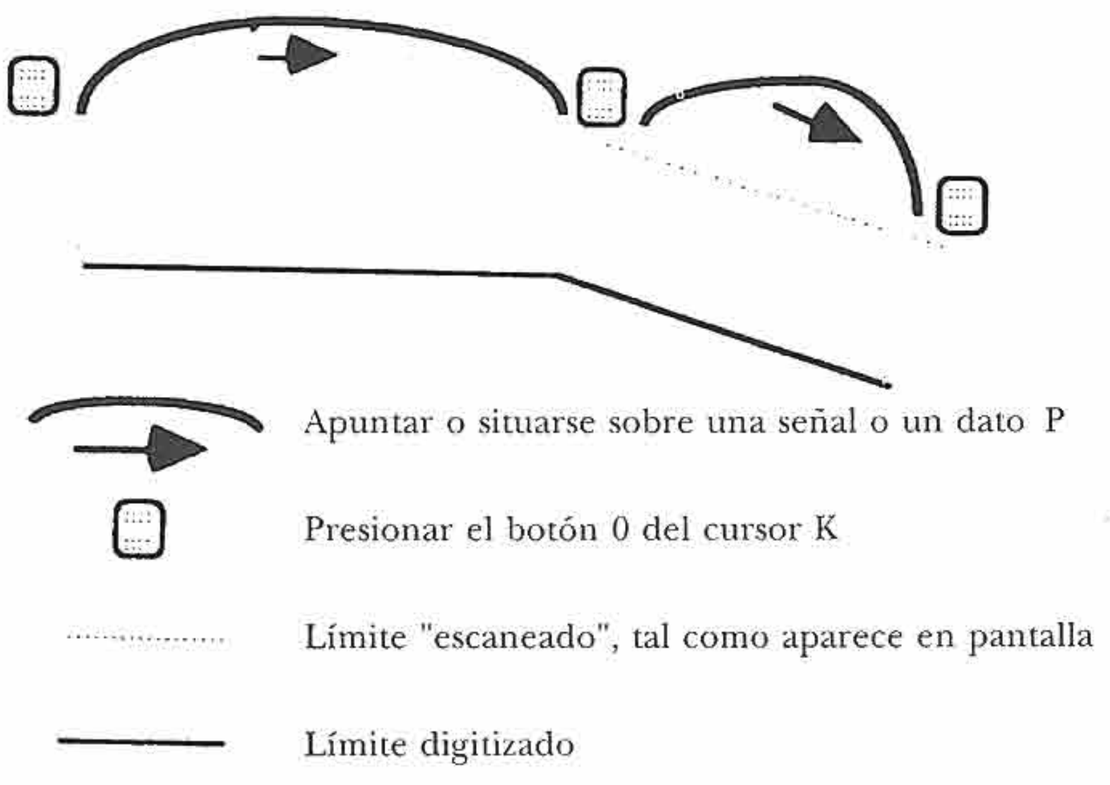
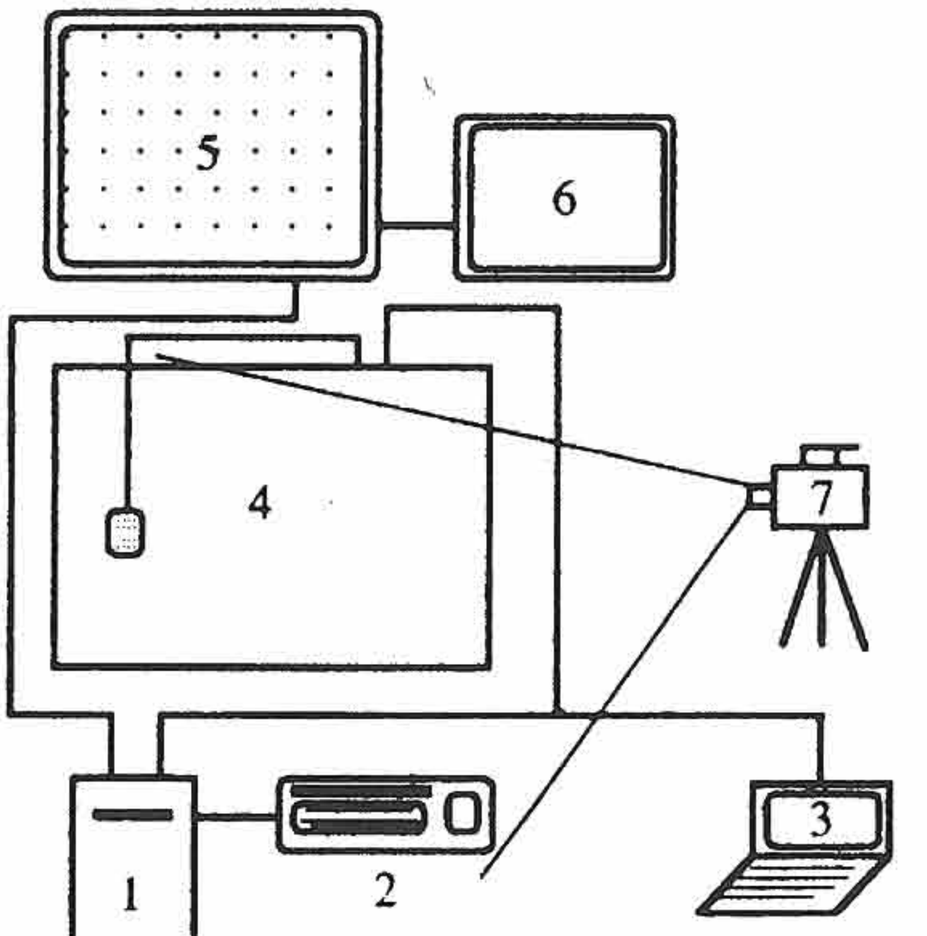


Figura 2. Digitización continua de límites



1 PC de digitización (386, a 33 MHz)
2 Teclado
3 PC de observación (386, a 25 MHz)
4 Tableta digitizadora
5 Monitor de digitización
6 Monitor de control
7 Videocámara

Figura 3. La configuración del "hardware" del experimento

tablecida en cada tarea, no tiene en cuenta al operador M de preparación mental. En el análisis del experimento, que se describe a continuación, se procedió a agregar estos operadores, y a definir las secuencias resultantes como tareas unitarias.

Experimento

En el organismo cartográfico se diseñó y llevó a cabo un experimento, para medir los tiempos de ejecución de las treinta y ocho tareas, todo ello bajo ciertas restricciones, lo que requirió de una cuidadosa preparación.

Planificación

La medición de los tiempos se realizó siempre bajo las condiciones de producción del organismo cartográfico. Se observó cuidadosamente a usuarios expertos, en sus lugares usuales de trabajo y utilizando sus configuraciones normales de "soft" y "hardware". El organismo cartográfico nos indicó que el experimento no debía interferir con la producción. Una segunda restricción del experimento fue que había que medir los tiempos de cada acción, sobre el teclado o el cursor, con una resolución superior a la décima del segundo.

Se empleó un programa de digitización basado en AutoCad, e instalado sobre ordenadores personales. El dispositivo de entrada de datos es una tableta de digitización de alta resolución, con un cursor de 16 botones. La digitización se realiza sobre un monitor de color de 21 pulgadas.

Se desechó la idea de grabar las acciones sobre video, ya que el tiempo que necesita cada acción es demasiado corto para reconocer con precisión su comienzo y su final. Además, el número de acciones a realizar sería demasiado elevado para poder efectuar un análisis eficaz del vídeo. En vez de ello, se escribió un programa para registrar la medición de los datos. Este programa debía instalarse de modo que no interfiriera con AutoCad, ni con el proceso global de digitización . El mencionado programa se instaló sobre un ordenador separado, conectado al cable que unía la tableta digitizadora con el PC, y sobre el que corría el programa AutoCad (ver figura 3). El programa registraba la señal enviada cada vez que se pulsaba un botón del cursor, junto con un control de los tiempos. Las acciones sobre el teclado no podían ser registradas directamente; precisaron ser grabadas adicionalmente en vídeo, para poder contar las veces que se actuaba sobre una tecla y para medir los tiempos.

Efectuando el experimento

Se observó a siete usuarios, durante dos horas a cada uno, mientras digitizaban límites, edificaciones, identificadores de parcelas y símbolos. Se registraron un total de unas 25.000 acciones, que correspondían a 10.447 tareas de digitización.

En los cuatro primeros usuarios y durante todo el tiempo de observación, la cámara de vídeo enfocó a la tableta di-

gitizadora y al teclado. En los otros tres usuarios, la cámara se centró sobre la pantalla, mientras digitizaban líneas. Esto nos permitió determinar los tiempos del operador R, de respuesta del sistema y examinar los tiempos de apuntar o situarse sobre las referencias P y de preparación mental M.

Análisis

El análisis de los datos del experimento se inició verificando si los operadores existentes del Modelo "Keystroke-Level" podían emplearse en la digitización manual de mapas. Se introdujeron dos operadores adicionales. Después de separar las secuencias de acciones y de definir las tareas unitarias para la digitización manual de mapas, se validó el Modelo "Keystroke-Level" en su conjunto.

Validación de los operadores existentes

De acuerdo con Card et al., sus operadores ofrecen unos buenos resultados para la edición de textos, para sistemas operativos y para aplicaciones gráficas (Card et al., 1980; Card et al., 1983). Para poder comprobar si los operadores existentes se podían aplicar a las acciones de la digitización manual de mapas, se emplearon las grabaciones de vídeo. En la tabla 1 se da una visión global de la comparación entre los operadores existentes y los que encontramos en la digitización manual de mapas.

Se estimó que el tiempo que precisaba el operador P, para apuntar o situarse sobre referencias, era tp=1,16 segundos, con una desviación típica σ=0,26 s, medida en 50 sucesos. El tiempo medio para el operador H, de situar la mano sobre el teclado o el cursor, es de th=0,38 s, con una desviación típica σ=0,16 s, medida en 50 sucesos. Estos tiempos muestran una buena correspondencia con los tiempos dados por Card et al., 1980, y Card y otros, 1983. Debido a nuestro escaso número de sucesos u ocurrencias, emplearemos los tiempos de Card et al. (tp=1,10 s y th=0,40 s) para predecir los tiempos de duración de las tareas.

Operador	*Card y otros (s)*	*Observaciones*	*Resultados (s)*	σ *(s)*
K	0,08-1,20	400	0,25-0,50	0,08
K_C	—	1948	0,28-0,47	0,10
M	1,35	—	1,35	—
P	1,10	50	1,16	0,26
P_S	—	100	0,85	0,19
H	0,40	50	0,38	0,16
R_1	—	120	0,25	0,06
R_2	—	60	0,85	0,18

Tabla 1. Comparación entre los operadores existentes y los de digitización manual de mapas

El tiempo del operador M, de preparación mental, no pudo medirse a causa de su naturaleza mal definida. Para definir las tareas unitarias, con este operador M, empleamos las reglas heurísticas estandarizadas (Card et al., 1980; Card et al., 1983). Cuando comparamos los tiempos de ejecución, pronosticados y medidos, se encontró que las mencionadas reglas y el tiempo dado tm=1,35 s, estaban bastante de acuerdo.

En lo que respecta al operador R, de respuesta del sistema, se determinaron dos tiempos para tres tipos distintos de acciones. El primer operador R1 se detectó, tanto cuando se seleccionaba una nueva función del menú de comandos, como cuando se establecía una nueva ventana de visualización, mediante "zoom/pan". En ambos casos, se calculó que el tiempo medio era tr1=0,25 s, con una desviación típica σ=0,06 s, en 60 sucesos en cada caso. El segundo operador R2, se refiere al tiempo que necesita el sistema para cerrar automáticamente un polígono (como sucede, por ejemplo, cuando se digitizan las casas). Este tiempo de respuesta del sistema es tr2=0,85 s, con una σ=0,18 s, calculada también a partir de 60 mediciones.

Definición de nuevos operadores

Se introdujeron dos nuevos operadores para la digitización manual de mapas. El operador Ps refleja dos acciones especiales, de apuntar o situarse sobre una referencia. La primera acción de apuntar, se emplea si no puede de-

tectarse inmediatamente un vértice sobre el original escaneado, en tal caso, los usuarios se desplazan sobre la línea, hasta encontrar un vértice de ruptura en dicha línea. Tras detectarlo así, es necesario el apuntarlo, por vez segunda, con el cursor. De acuerdo con la Ley de Fitts, este tiempo empleado en apuntar es más corto, debido a que es más corta la distancia en la que situarse.

La segunda nueva acción de apuntar se presenta cuando se emplea la función "snap" (unir automáticamente a un punto dado). El empleo de esta función produce un efecto semejante a si se aumentara el tamaño del punto a señalar. A consecuencia de ello, el tiempo empleado se reduce. El tiempo medio de duración de ambas acciones se determinó a partir de 100 acciones grabadas sobre video y fue de 0,85 s, con una σ=0,19 s.

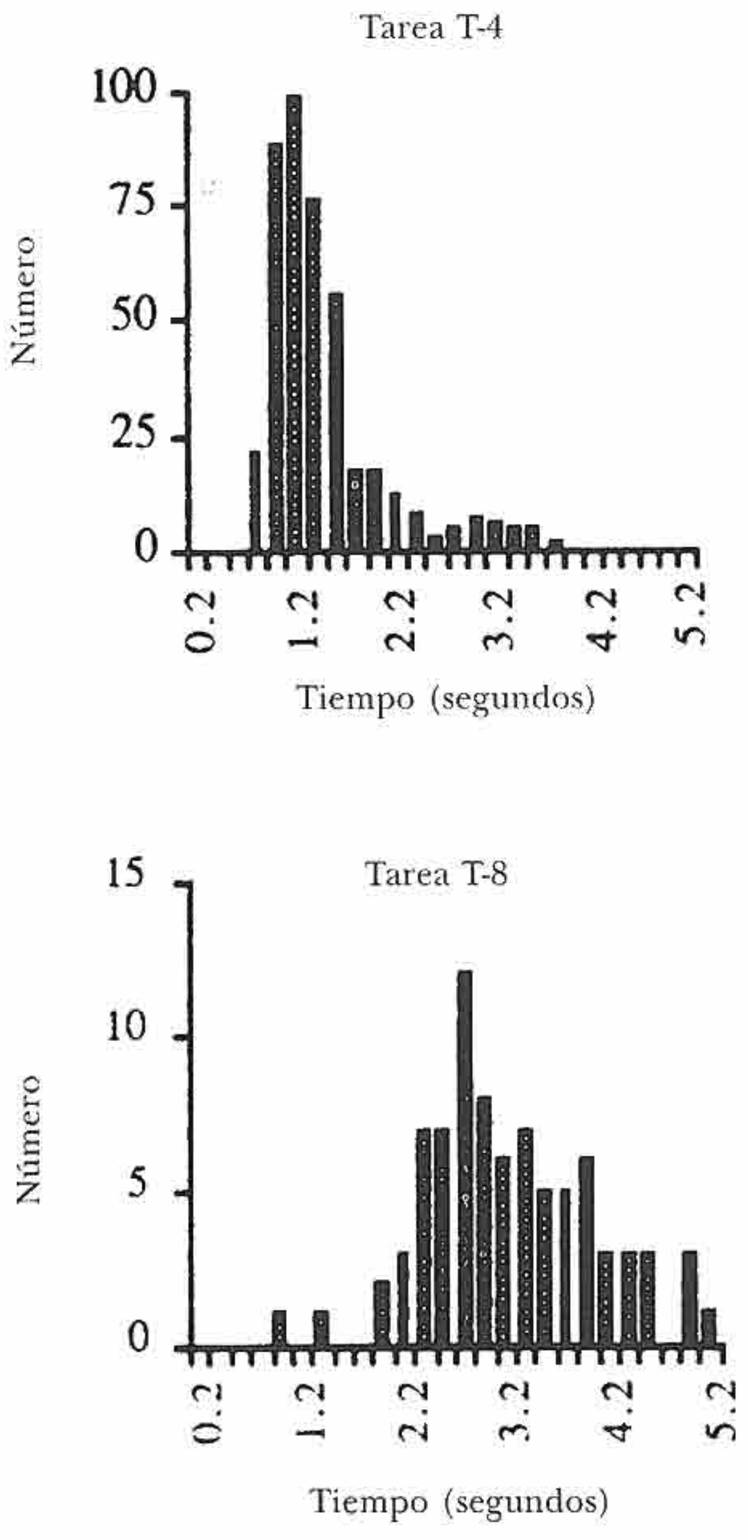


Figura 4. Función de distribución de las dos tareas de digitización de líneas T4 y T8

El otro operador nuevo Kc, define el hecho de apretar un botón de los 16 del cursor. Se midieron los diferentes tiempos que los siete operadores emplearon para pulsar una tecla del teclado tk, o un botón del cursor tkc. Los tiempos variaban de 0,25 a 0,50 s, difiriendo hasta en un factor de dos en algunos de los usuarios. Analizándolos a todos, se estimaron los valores medios para ambos operadores, como de tk=0,40 s y tkc=0,39 s. Dado que no son significativamente diferentes, asumimos que ambos operadores necesitaban 0,40 s, con una σ=0,08 s.

Análisis de las secuencias de acciones

La finalidad de esta fase del análisis es la de identificar las tareas unitarias de las operaciones observadas, basándose en las posibles secuencias de acciones y en las reglas para la introducción de los operadores mentales. Nuestro análisis reveló múltiples secuencias de acciones para ciertas tareas.

Para mostrar esto, empleamos de nuevo la tarea de la figura 2, la digitización continua de límites, tal y como la realiza un usuario en particular. Al analizar esta tarea, las cintas de vídeo y los registros de las observaciones indicaron que las funciones de manipulación de la pantalla gráfica, efectuadas entre las tareas de digitización, afectaban a sus tiempos de duración. En vista de ello, la tarea se partió en dos nuevas tareas. La primera, llamada T4, se realizaba normalmente, en tanto que la segunda, denominada T8, se distinguía de la anterior en que el usuario debía reorientarse en la pantalla, tras haber efectuado una función de manipulación del tipo "zoom/pan" sobre la misma. Como resultado de esto, se postuló un operador adicional M de preparación mental.

La tarea T4 se corresponde con la tarea "digitización continua de líneas", con los operadores al nivel básico que estamos considerando en el modelo, ya dados. Usando el operador estándar P y el tkc=0,28 s, medido para un usuario

en particular, el tiempo de duración estimado de la tarea es:

Tejecución= tp + tKc = 1,38 s

A partir de las observaciones, se calculó un valor medio de 1,25 s (σ= 0,36 s), lo que suponía una diferencia del 9%, entre los tiempos estimados y medidos. Basándose en nuestras observaciones y en el análisis del histograma de esta tarea (ver figura 4), asumimos que los valores mayores a los 2,4 s pertenecen a otra tarea, en la que el usuario necesita una segunda acción Ps, para situarse sobre un punto, a fin de digitizar un vértice. Este supuesto se verificará a continuación mediante las pruebas estadísticas sobre los tiempos de ejecución de tareas, medidos en todos los usuarios.

La tarea T8 consiste en "digitización continua de líneas", más un operador mental M, para la orientación necesaria Después de una función de manipulación del tipo de "zoom/pan", en pantalla. En esta tarea, se debe de dar una secuencia modificada de las acciones. Los operadores relevantes del Modelo "Keystroke-Level" son:

- Orientación en la pantalla M
- Situarse sobre un vértice P
- Digitizar el vértice Kc (botón 0 del cursor)

El tiempo total de duración estimado para esta tarea es:

Tejecución= tm+tp+tKc = 2,73 s

También en la figura 4 se da la función de distribución de la tarea T8. El valor medio del tiempo para realizar esta tarea se calculó como de 2.98 s (σ=0,52 s), refiriéndose a una distribución aproximadamente normal entre 2 y 4 s. Así pues, la diferencia entre los tiempos de duración medidos y estimados fue, de nuevo, de un 9%.

A fin de verificar el supuesto de las múltiples secuencias de acciones, en determinadas tareas, se analizaron las tres tareas principales efectuadas por todos los usuarios. Estas tareas fueron: "digitización continua de líneas de límites",

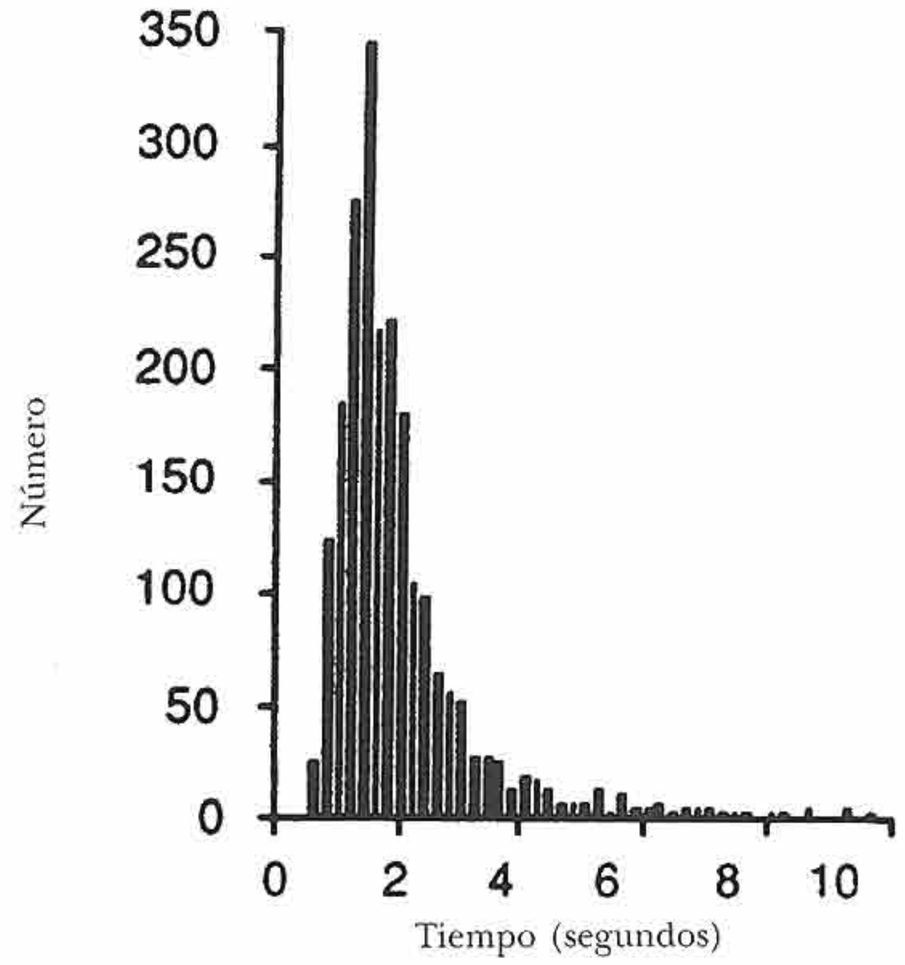


Figura 5. Histograma de la función de distribución de la tarea T4 "digitización continua de líneas límites"

"digitización continua de líneas de límites, definiendo un vértice como punto de control", y una tarea de "zoom/pan".

En estas tareas, las funciones de distribución tenían un aspecto muy similar. El histograma de la tarea T4 se da en la figura 5. La primera secuencia de acciones de esta tarea se modeló como P, K, con un tiempo estimado de duración de 1,5 s. El tiempo de duración medido se calculó a partir de 1.500 valores y fue también de 1,5 s (σ=0,3 s). Asumiendo una distribución normal entre 0,6 y 2,4 s (correspondientes a $\pm 3\ \sigma$) en esta secuencia de acciones, los datos pueden reducirse a la función de distribución dada en la figura 6.

Al analizar esta nueva distribución, se detectó una segunda secuencia de acciones, que correspondía a la primera secuencia más un operador Ps, correspondiente a una segunda acción de situarse sobre un punto. Así pues, la nueva tarea se modeló como P, Ps, K, que tendría un tiempo estimado de duración de 2,35 s. El valor medio, obtenido a partir de 452 mediciones, con resultados entre 1,4 y 3,6 s, fue de 2,54 s (σ= 0,4 s). De la misma manera, se detectó aún otra nueva secuencia de acciones en esta tarea. Se corresponde a la segunda secuencia más un operador mental M, necesario para encontrar un vértice. Así pues, la nueva secuencia de

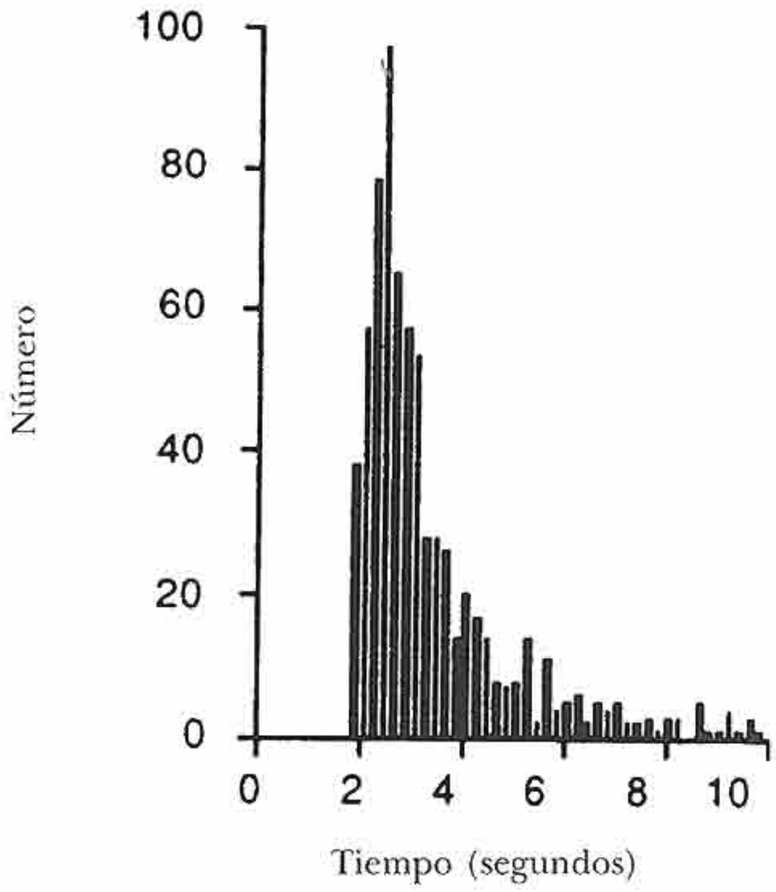


Figura 6. Histograma de los datos reducidos de la tarea T4 "digitalización continua de líneas límites"

acciones es P, M, Ps, K. De nuevo, la coincidencia entre los valores estimados (3,69 s) y los medidos (3,86 s, con σ=0,5 s), fue satisfactoria.

Las otras dos tareas importantes se analizaron de la misma forma. Cada una pudo subdividirse en dos secuencias de acciones distintas. La extensión de la distribución de una tarea unitaria se definió que, como máximo, sería de $\pm 3\ \sigma$ para cada secuencia de acciones, de acuerdo con Card et al., 1980, y Card et al., 1983. Como estos resultados confirmaron los de la primera tarea, asumimos que, en general, las secuencias de acciones pueden establecerse con este procedimiento. En Haunold et al., 1993, se incluyen más detalles sobre los análisis estadísticos.

Definición de las tareas unitarias y validación del modelo

Al separar las distintas secuencias de acciones, en las 38 tareas de digitización, y definirlas como tareas unitarias, se originaron 97 tareas unitarias. Estas tareas unitarias están resolviendo 9.394 de las 10.447 tareas de digitización registradas (lo que supone un 90%). Aproximadamente, un 85% de estas tareas unitarias se realizaron sin errores. En todas estas tareas unitarias se determinaron los valores medios y las desviaciones típicas de los tiempos de duración medidos. Los tiempos estimados de duración se calcularon empleando los operadores conocidos, al nivel básico que estamos considerando en el modelo (keystroke) , así como los nuevos operadores Ps, para una acción más corta de situación sobre un punto, y Kc, correspondiente a presionar un botón sobre el cursor.

La validación del Modelo "Keystroke-Level" para la digitización manual de mapas, se establece mediante la comparación entre los tiempos estimados y los tiempos medidos, en 30 de las tareas unitarias realizadas de forma más frecuente (ver tabla 2). Estas tareas representan el 83% de todas las tareas unitarias definidas y el 63% de todas las tareas realizadas. En esta comparación de los datos de todos los usuarios, el operador K se empleó con un valor tk=0,40 s, tanto para la acción de presionar una tecla del teclado como la de presionar un botón del cursor. En Haunold et al., 1993, se pueden encontrar comparaciones detalladas para cada usuario.

Discusión

La tabla 2 muestra que los tiempos estimados se ajustan a los tiempos de duración medidos, con una diferencia promediada del 5% y una diferencia máxima del 11%. Comparando estos resultados con los de otros análisis publicados, al nivel básico que estamos considerando en el modelo (keystroke), queda claramente establecido que el Modelo "Keystroke-Level" es adecuado para las aplicaciones complejas gráficas, tales como la digitización manual de mapas .

La discusión de los resultados individuales, dados en la tabla 2, se limitará a unos pocos puntos de interés seleccionados. En particular, se explican brevemente algunos casos interesantes en los que era necesario, de acuerdo con las reglas de Card et al., añadir operadores mentales, basándose en la estructura observada de las operaciones de digitización. Esto nos muestra cómo una aplicación detallada del conocimiento, en conjunción con un cuidadoso análisis y

Tarea	*Función*	*Secuencia de operadores*	*Número*	T_m *[s]*	T_p *[s]*	*D(%)*
T-1	Comenzar la digitización de una línea límite con selección de comando	**M, P, K, M, P, K,**	10	5,26 ± 0,36	5,70	–8
T-2	Comenzar la digitización de una línea límite empleando una función de "snap"	**2K, P_S, K**	164	2,28 ± 0,32	2,05	11
T-3'	Comenzar la digitización de una línea límite empleando una función de "snap"	**M, 2K, P_S, K**	181	3,08 ± 0,58	3,40	–9
T-4	digitización continua de línea límite	**P, K**	1.621	1,57 ± 0,34	1,50	5
T-5'	digitización continua de línea límite	**M, P, K**	103	3,11 ± 0,44	2,85	9
T-6	digitización continua de línea límite empleando una segunda acción de situación sobre punto	**P, P_S, K**	185	2,35 ± 0,25	2,35	0
T-7'	digitización continua de línea límite empleando una segunda acción de situación sobre punto	**P, M, P_S, K**	147	3,65 ± 0,61	3,70	-1
T-8*	digitización continua de línea límite	**M, P, K**	463	3,03 ± 0,54	2,85	6
T-9*	digitización continua de línea límite empleando una segunda acción de situación sobre punto	**M. P, M, P_S, K**	163	5,06 ± 0,61	5,05	0
T-10	digitización continua de línea límite definiendo un vértice como punto de control	**P, 2K**	676	1,97 ± 0,40	1,90	4
T-11*	digitización continua de línea límite definiendo un vértice como punto de control	**M, P, 2K**	128	3,22 ± 0,44	3,25	–1
T-12	Concluir digitización de línea límite	**P, 3K**	147	2,41 ± 0,48	2,30	5
T-13	Concluir digitización de línea límite empleando una función de "snap"	**K, P_S, 3K**	252	2,43 ± 0,35	2,45	-1
T-14'	Concluir digitización de línea límite empleando una función de "snap"	**K, P_S, M, 3K**	105	3,65 ± 0,44	3,80	–4
T-15	digitización continua de una edificación o casa	**P, K**	292	1,55 ± 0,32	1,50	3
T-16	digitización continua de una edificación o casa, empleando una función de "snap"	**K, P_S, K**	105	1,69 ± 0,35	1,65	2
T-17	Concluir digitización de una edificación o casa, y cerrar polígono	**4K, R_2**	16	2,56 ± 0,30	2,45	4
T-18	Concluir digitización de una edificación o casa, empleando una función de "snap", y cerrar polígono	**K, P_S, 4K, R_2**	26	3,39 ± 0,33	3,70	–8
T-19	digitización continua de líneas de usos de suelo	**P_S, K**	180	1,18 ± 0,32	1,25	–6
T-20	Comenzar la digitización de símbolos con selección de comandos	**M, P, K, M, P_S, K**	94	5,80 ± 1,03	5,45	6
T-21	digitización continua de símbolos	**P_S, 2K**	245	1,68 ± 0,36	1,65	5
T-22	digitización continua de símbolos	**P_S, K**	80	1,33 ± 0,24	1,25	6
T-23	Tarea de "zoom/pan"	**K, R_1, P, K, R_1**	712	2,64 ± 0,35	2,40	16
T-24'	Tarea de "zoom/pan"	**M, K, R_1, P, K, R_1**	265	3,70 ± 0,54	3,75	1
T-25	Tarea de "zoom/pan"	**K, R_1, P, K, P_S, K, R_1**	60	4,06 ± 0,54	3,65	11
T-26'	Tarea de "zoom/pan"	**M, K, M, P, K, P_S, K, R_1**	58	6,54 ± 0,95	6,10	—
T-27	Comenzar la digitización de identificadores de parcelas con selección de comandos	**M, P, K, R_1, H, M, 5K, H, P_S, K**	10	9,00 ± 0,46	8,50	6
T-28	digitización continua de identificadoras de parcelas	**M, K, 5K, P_S, K**	38	5,08 ± 0,37	5,00	2
T-29	digitización continua de identificadoras de parcelas	**M, K, H, 5K, H, P_S, K**	30	6,43 ± 0,74	5,80	11
T-30	digitización continua de identificadoras de parcelas	**M, K, H, 4K, H, P_S, K**	66	5,55 ± 0,79	5,40	3

Un * después del número de la tarea significa que esta tarea se realiza después de un "zoom/pan".
Un ' después del número de la tarea significa que se añade un operador mental.

Tabla 2. Comparación de los tiempos de duración estimados y medidos.

modelado, permite el validar el Modelo "Keystroke-Level" y también contribuir a la mejora de las interfaces de usuario de los SIG.

En tres de las tareas de digitización de límites, hubo que añadir operadores mentales M, debido a los tiempos necesarios para la toma de decisiones por parte de los usuarios. En la tarea T3, el operador M modela la decisión sobre dónde empezar a digitizar empleando la función "snap", con respecto a un vértice ya digitizado. En la tarea T5, el operador M se refiere a la decisión acerca de qué vértice hay que digitizar a con-

tinuación, si existieran varias alternativas (como, por ejemplo, cuando se cruzan líneas límites). En la tarea T14, el operador M implica a la decisión acerca de si la digitización debe o no concluirse.

La tarea T19 se refiere a la digitización de otras líneas distintas a las de límites. Dichas líneas solo cumplen una función de delimitación gráfica(por ejemplo en zonas de usos del suelo), en tanto que las líneas límites de las parcelas desempeñan unas funciones económicas y legales. Por tanto, las primeras se digitizan con menor precisión, y esto puede ser modelado empleando el segundo operador de situación sobre punto Ps.

Se pueden hacer algunas observaciones interesantes acerca de las tareas de "zoom/pan". Las tareas T23 y T24 se refieren a tareas sencillas de "zoom". Ambas tareas conducen a los mismos resultados, pero algunos usuarios necesitan una preparación mental M para efectuarlas (tarea T24). Los análisis de las secuencias de acciones, revelaron el uso de un método complicado, que explica la necesidad de una preparación mental: Se abre una ventana, que muestra los comandos de "zoom" y "pan" y se selecciona a continuación el comando de "zoom", reduciendo o ampliando la vista centrada sobre la pantalla. Las Tareas T25 y T26 son también tareas de "zoom", pero los usuarios pueden seleccionar dónde desean hacer el "zoom". Algunos usuarios necesitan de nuevo una preparación mental (tarea T26).

Para mostrar cómo las tareas pueden mejorarse empleando el Modelo "Keystroke-Level" , hemos analizado una tarea de "zoom/pan" modificada. En la tarea T23, el comando para abrir una ventana consiste en pulsar el botón 9 del cursor (K). A continuación se necesita un tiempo de respuesta del sistema R1, para abrir la ventana. La elección de un comando de "zoom" o "pan" se efectúa mediante la situación sobre un punto (P), y una nueva pulsación de botón (K). De nuevo, se necesita un tiempo de sistema, R1, para redibujar la vista modificada, centrada sobre la pantalla. El tiempo de ejecución de esta tarea se estima, de esta forma, como de 2,40 s (ver tabla 1).

Una secuencia optimizada requeriría pulsar un botón (K) para seleccionar un comando de "zoom" o de "pan", y de un tiempo de respuesta del sistema (R1), para redibujar la imagen. Habría que programar algunos de los 16 botones para la selección de comandos. El tiempo de ejecución estimado sería de de 0,65 s. Dado que se encontró que esta tarea de "zoom/pan" en particular, se empleaba en aproximadamente un 10% del tiempo rutinario de digitización, un diseño alternativo, que redujera el tiempo de ejecución hasta 3/4 del mismo, ofrecería un notable potencial de optimización.

Conclusión

En este estudio, se han investigado las tareas rutinarias de la digitización manual de mapas. Los datos experimentales se recogieron en un gran proyecto nacional de cartografía digital y se analizaron mediante el Modelo "Keystroke-Level". La finalidad principal fue la de establecer la adecuación de este modelo para las operaciones de digitización manual de mapas, como un primer paso hacia el empleo del modelo para la optimización de estas costosas operaciones en los SIG.

Nuestros resultados indican que el Modelo "Keystroke-Level" es claramente aplicable a la digitización manual de mapas . Esto sigue siendo cierto, bajo las usuales restricciones de las tareas realizadas de forma rutinaria y sin errores, y con la definición de dos operadores adicionales, para las acciones especiales de teclear y de situarse sobre un punto. Encontramos un promedio de un 5% y una diferencia máxima de un 11% entre los tiempos de ejecución de las tareas estimados y los medidos.

Las múltiples y entrelazadas secuencias de acciones de determinadas tareas pueden ser separadas con éxito, combinando el conocimiento aplicado de la semántica de la tarea con las reglas convencionales de encajar los operadores mentales. Más aún, se encontró que existe un considerable potencial de optimización, tal y como se demostró en el caso de la tan intensivamente usada función de "zoom/pan", en la que el tiempo de ejecución puede reducirse en un 73%.

El estudio produjo una gran riqueza de datos de observaciones (más de 10.000 acciones) y sugiere una amplia gama de ulteriores análisis. En tanto que nuestra validación del modelo se centró en los tiempos medios de ejecución de todos los usuarios observados, parece indicado efectuar estudios de las diferencias individuales y de sus patrones. Asímismo podrían aplicarse recientes extensiones del modelo para acomodar acciones paralelas (Olson y Nielsen 1988), como por ejemplo: una doble entrada desde el teclado y el cursor.

Agradecimientos

Los autores agradecen la contribución de "Intergraph Corporation" y el apoyo del "Organismo Australiano de Cartografía y Topografía".

Referencias:

Card, S.K., Moran, T.P. & Newel, A., *Thr Keystroke-level model for user perfomance time with interactive systems.* ACM Communications, 23(7), 1980, pp. 396-410.

Card, S.K., Moran, T.P. & Newel, A., *The Psychology of human-computer interaction.* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1983.

Frank, A., The use of Geographical information system: The user interface is the system, in Medickij-Scott. D. & Hearnshaw, H. (eds.) *Human factor in GIS.* Belhaven Press, London, 1993, pp. 3-14.

Haunold, P. & Kuhn, W., A Keystroke level analysis of manual map digitalizing, in Frank, A.U. & Campari, I. (eds.) *Spatial Information theory.* Springer, lecture notes in computer science, vol. 716.

Haunold, P. Kuhn W. & Frank, A.U., *A keystroke level analysis of manual map digitizing (in German).* Technical University Vienna, Dept. of Geoinformation, 1993.

John, B.E., Extensions of GOMS analyses to expert perfomance requiring perception of dynamic visual and auditory information. *Proceding of ACM CHI'90 conference on human factors in computing systems.* 1990, pp. 107-115.

John, B.E., & era, A.H., A GOMS analysis of a graphic, machine-paced, highly interactive task, *Proceedings of ACM CHI'92 conference on human factors in computing systems.* 1992, pp. 251-258.

Kuhn, W., Editing spatial relations. In proceedings of *Fourth International symposium on spatial data handling* (Zurich, Switzerland; july 1990) 1990, pp. 423-432.

Marble, D.F., Lauzon, J.P. & Mc Granaghan, M., Development of a conceptual model of the manual digitizing process. In proceedings of *International symposium on spatial data handing* (Zurich, Switzerland) Geographisches Institut, Abteilung Kartographie/EDV, 1984, pp. 146-171.

Olson, J.R. & Nilsen, E., *Analysis of the cognition involved in spreadsheet software interaction.* Human-computer interaction, 3. 1988, pp. 309-350.

Olson J.R. & Olson, G.M., *The growth of cognitive modeling in human-computer interaction since GOMS.* Human-computer interaction, 5, 1990, pp. 221-265.

Singley, M.K. & Anderson, J.R., *A keystroke analysis of learning and transfer in text editing.* Human-computer interaction, 3(3), 1988, pp. 223-274. ■

XI Congreso Internacional de Estudiantes de Topografía y Geodesia IGSM'98 celebrado en Madrid

Durante la semana del 30 de Marzo al 4 de Abril, la EUIT Topográfica de Madrid albergó a más de 200 estudiantes de toda Europa, pertenecientes a las ramas de Ingeniería Topográfica y Geodésica.

Dicho encuentro, conocido como IGSM, ha tenido varias sedes repartidas por toda Europa: Graz (Austria), Hannover (Alemania), Vilnius (Lituania), Varsovia (Polonia), etc., hasta que el año 1997, en Delft (Holanda), un grupo de estudiantes de la escuela madrileña tomaban las riendas de la Organización Internacional de Estudiantes de Topografía y Geodesia (IGSO), comprometiéndose a organizar en 1998 el XI Congreso que, por primera vez, se celebraría en España.

Contando en todo momento con el total apoyo de la Dirección de la EUITT de Madrid, la universidad Politécnica de Madrid, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y el Instituto Geográfico Nacional, se comenzaron todos los preparativos, ante el previsible desbordamiento de participación originado por el prestigio de la Escuela de Madrid, conocida por su activa participación en la IGSO durante años.

Estos preparativos consistieron en la organización de actividades tales como visitas a lugares de interés, un ciclo de conferencias impartidas por profesionales de la Geodesia y la Topografía, creación de pequeños grupos de debate e intercambio de impresiones, así como una visita guiada a la ciudad y una reunión donde se debatirían aspectos internos de la Organización.

Los actos comenzaron el lunes 30 de Marzo, con la recepción de los asistentes al IGSM'98 de Madrid, confirmándose un total de 224 participantes procedentes de Europa del Este (Bulgaria, Polonia, Hungría, República Checa, Eslovaquia, Eslovenia, etc.); Europa Occidental (Francia, Holanda, Alemania, Bélgica, etc.); España, representada por 7 de sus 9 Escuelas (Mieres, Barcelona, Valencia, Jaén, Las Palmas, Vitoria y Madrid); y, abriendo las fronteras europeas, por primera vez se contó con la participación de compañeros africanos (Ghana).

El martes 31 se celebró, en el Salón de Actos de la Escuela, el Acto de Apertura Oficial, que fue presidido por el Ilmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid y el Ilmo. Sr. Director de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid, junto con el Comité Organizador del IGSM'98. Al mismo asistieron otras personalidades, como representantes del Instituto Geográfico Nacional, del Servicio Geográfico del Ejército y el Ilmo. Sr. Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

Esa misma tarde comenzaron las actividades organizadas, con la creación de cuatro grupos de trabajo, en los cuales se debatieron los siguientes temas de interés:

Grupo 1. "Geómetras sin fronteras" y relaciones internacionales: becas y ayudas

Se expusieron ideas y experiencias vividas por compañeros en la ONG "Geómetras sin Fronteras", la cual trabaja sin ánimo de lucro en países del tercer mundo. En la actualidad, según comentaron los compañeros franceses, se está cambiando la filosofía de trabajo de tal organización; la labor fundamental ya no consiste en realizar obras y trabajos que ayuden a mejorar el desarrollo del país, si no que se pretende incrementar la enseñanza de las técnicas necesarias para que así cada país pueda llevar a cabo sus propias obras.

Los compañeros de la Universidad de Jaén, apuntaron la necesidad de buscar medios para sufragar los gastos de la organización y poder aumentar la participación española en los proyectos.

En lo referente a la Becas, se comentó la posibilidad de realizar intercambios Erasmus (Sócrates) de carácter anual. Francia, en concreto la Escuela de Le Mans, añadió que, en su caso, tienen la obligación de realizar prácticas en empresas y tienen pensado poder ampliar fronteras para realizarlas en otros países. Holanda (Delft) se mostró a favor de esta propuesta, exponiendo la altas posibilidades de trabajo en prácticas en empresas holandesas, comprometiéndose a informar a estudiantes de otros países acerca de dichas empresas.

Una idea importante, aportada por Valencia, Las Palmas, Alemania y Francia, fue la creación de una página Web oficial de la IGSO, con "links" a las páginas de cada escuela (por ejemplo Madrid, Valencia o Le Mans), en la que se contactase fácilmente con empresas de otros países, facilitando los intercambios. Ante la masiva aceptación, se decidió llevar la propuesta a la Asamblea General.

Grupo 2. Nuevas tecnologías: el GPS

El objetivo de este grupo de trabajo era hacer un repaso en común del instrumental y las nuevas tecnologías empleadas en cada Escuela y las futuras posibilidades.

La mayor parte del tiempo se trató de las aplicaciones GPS. Croacia comentó la realización, como prácticas, de la densificación de una red de tercer orden por métodos clásicos de topografía y observaciones astronómicas, todo ello añadido al GPS.

La Universidad de Sttutgart nos expuso sus trabajos de navegación con GPS aplicados a líneas de autobuses, así como sus propios programas de cálculo topográfico.

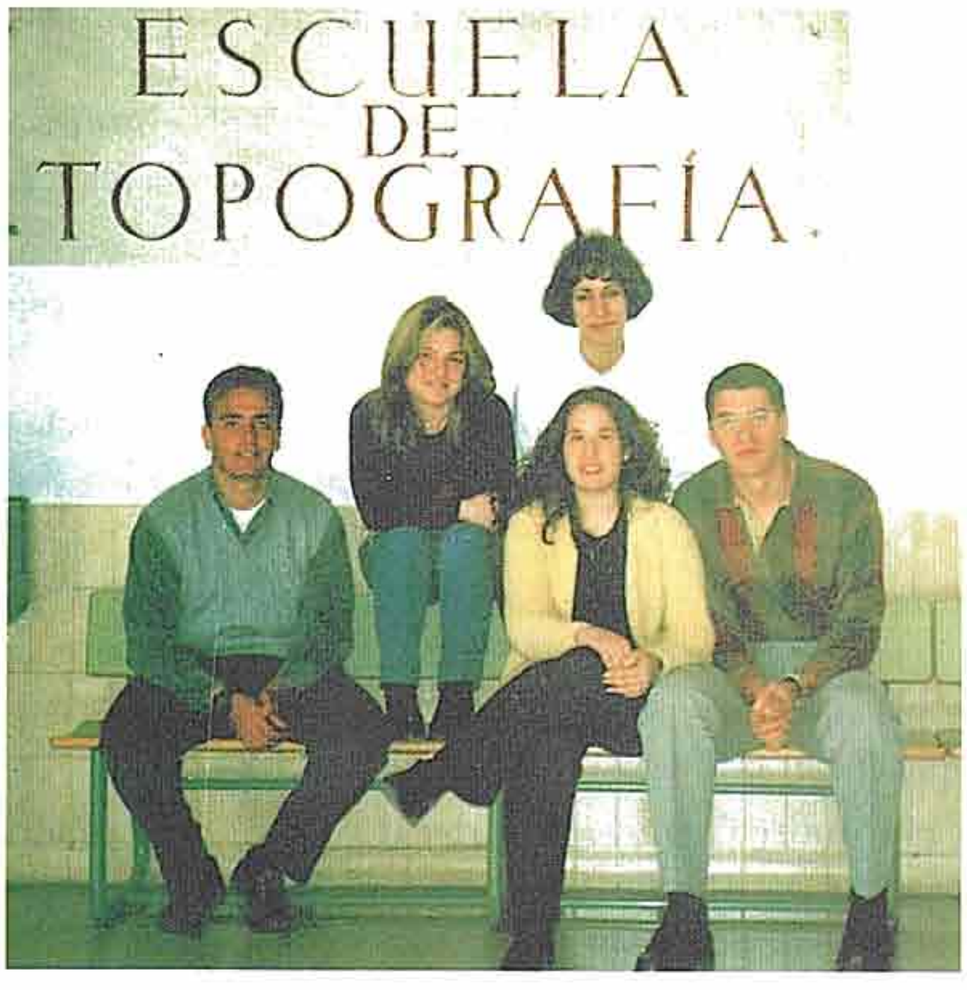
Un compañero francés añadió que en su estancia en USA conoció aplicaciones de GPS a cámaras de video y a Sistemas de Información Geográfica, para conducir coches con pilotos semiautomáticos.

En cuanto a los inconvenientes del GPS, se habló de su poca utilidad en altimetría, algo que mejorará en el futuro.

Y hablando del futuro, se pensó que en pocos años se podrían medir coordenadas con buena precisión sobre una imagen digital del terreno, y a la vez se reduciría el tamaño del GPS.

Asistentes al IGSM'98

Acto de inauguración del IGSM'98



Comité organizador del IGSM'98

Grupo 3. Otras aplicaciones de la topografía

En la actualidad el Topógrafo no puede ceñirse a los trabajos puramente topográficos. El intrusismo aumenta considerablemente, no al mismo nivel en todos los países, pero sí afectando a todos ellos.

Se comentó la diversidad de las aplicaciones de la Topografía en Astronomía, Arqueología, Catastro, Geodesia, etc.

Los compañeros de Francia (Estrasbrurgo) nos hablaron de los trabajos topográficos que están llevando a cabo en levantamientos arqueológicos. En Holanda (Delft), los trabajos de catastro juegan un factor importante, frente a países donde apenas es tratado por los profesionales (caso de España).

Los estudiantes de Las Palmas aportaron su experiencia contándonos el trabajo desarrollado en la isla para contener las aguas y así ganar terreno al mar.

Grupo 4. Planes de estudio

Este grupo versó acerca de las diferencias existentes entre los planes de estudio de los países europeos y España. Participaron estudiantes de Alemania, Bulgaria, España (Valencia y Madrid), Eslovaquia y Francia.

Era un tema de trabajo de especial interés para los estudiantes españoles que, al ser considerados en Europa dentro de la clase B, se preguntaban cuáles podrían ser los motivos. Las conclusiones obtenidas fueron sorprendentes y alentadoras: los estudiantes españoles se encuentran al mismo nivel o incluso superior que los europeos. Los planes de estudio presentan muy pocas diferencias, tan sólo que los estudiantes de otras Universidades europeas están obligados a realizar un año de prácticas en empresas, percibiendo por ello un entrenamiento muy valioso para su futuro profesional, así como una remuneración económica.

El miércoles 1 de Abril, fue el día destinado para las visitas y excursiones de carácter técnico. Los lugares visitados fueron los siguientes:

- Instituto Geográfico Nacional, donde se mostraron los proyectos a los que está dedicado el IGN en la actualidad: MTN 1/25000, Redes GPS, etc.
- Observatorio Astronómico de Madrid y Centro Astronómico de Yebes (Guadalajara).
- Observatorio Geofísico de San Pablo de los Montes (Toledo) y visita a las instalaciones de Sonseca (Toledo) de la Red Sísmica.
- Excavación arqueológica de "Recopolis" en Zorita de los Canes (Guadalajara).
- Recorrido por la Sierra de Guadarrama.

El jueves día 2, tuvieron lugar en las instalaciones de la Escuela cuatro conferencias técnicas a cargo de diferentes ponentes. Las conferencias fueron las siguientes:

- Control Topográfico de Subsidencias Verticales.
- Nuevas tendencias de adquisición de datos en los SIG.
- Relación mundo empresarial – universidad.
- Proyecto fin de carrera: Cartografía – Multimedia.

Paralelamente a las conferencias, en el vestíbulo de la Escuela se llevaron a cabo demostraciones de instrumental a cargo de las empresas colaboradoras, creándose un ambiente distendido entre los estudiantes extranjeros y los alumnos de la escuela, en su contacto con las empresas.

El última día del Congreso, se realizó una visita turística guiada por la ciudad de Madrid, recorriendo los lugares más característicos de la capital.

Por la tarde se aprobaron las propuestas presentadas en la Asamblea General, que se inició el día anterior por la tarde, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Informe económico favorable del pasado IGSM'97.
- Compromiso de la EUIT Topográfica de Valencia, España, de organizar el XII IGSM en el año 1999.
- Compromiso del Ecole Superieure Des Geometres et Topographes ESGT, de Le Mans, Francia, de organizar el XIII IGSM en al año 2000.
- Compromiso por parte de todas las Universidades miembros de la IGSO, de crear una página Web común a todas ellas, en las que se pueda ofrecer información de ofertas de trabajo en empresas y organismos oficiales.
- Admisión en la IGSO de las EUITT de Vitoria y Jaén.

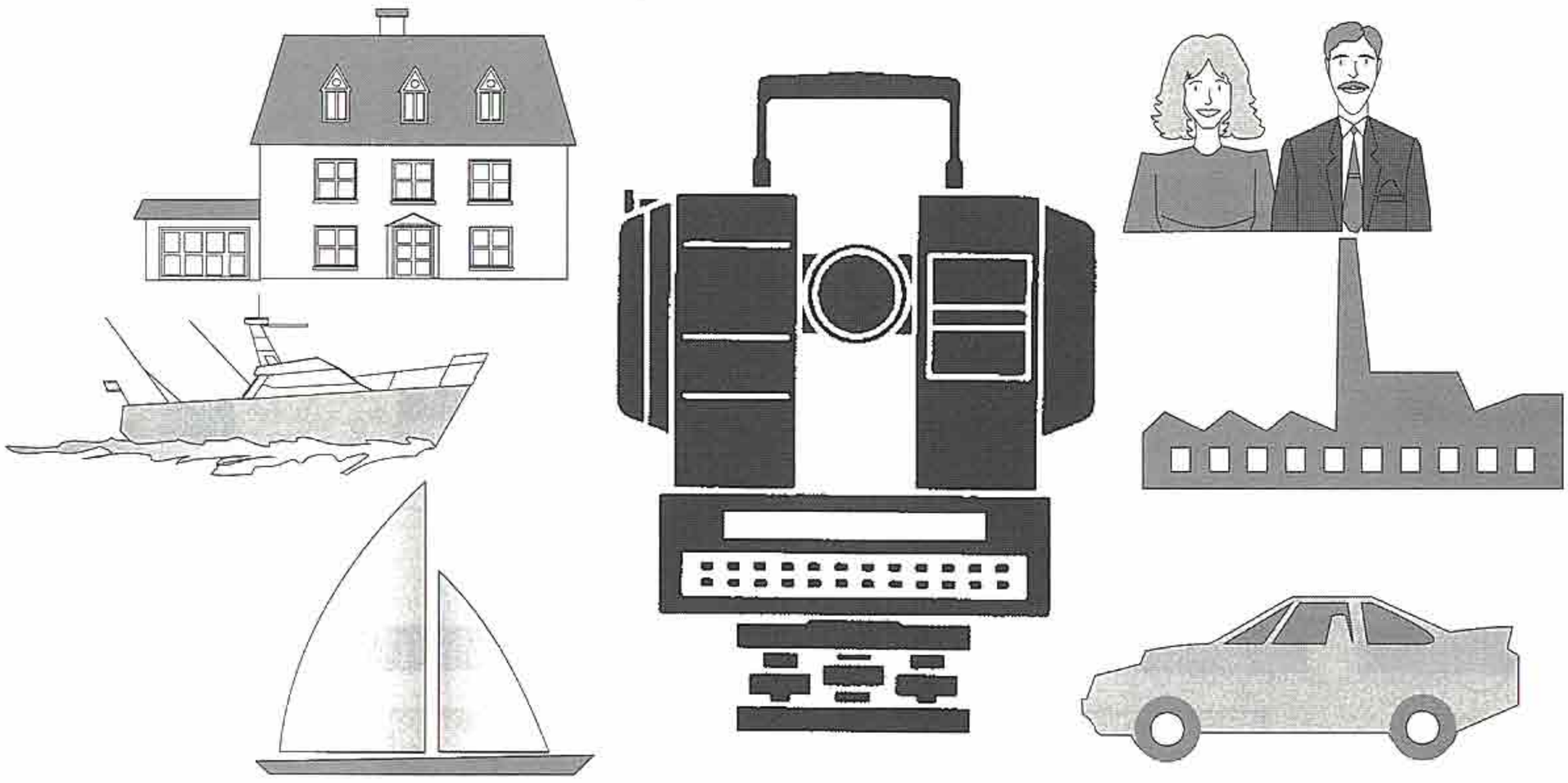
Finalizada la Asamblea, se cerró el programa de actividades previsto para el IGSM'98 con una fiesta especial de despedida.

Una vez clausurado el Congreso, el éxito del mismo ha sido claro. Las felicitaciones de todas las escuelas participantes y de las entidades colaboradoras demuestran la buena organización y el perfecto desarrollo del encuentro.

La EUIT Topográfica de Madrid es y será un punto de referencia importante dentro del mundo universitario europeo, en lo que a la Topografía, la Geodesia y las ciencias afines se refiere. Por ello, Madrid continuará siendo un lazo de unión entre los estudiantes de otros países y los nuestros propios, adaptándose así a las exigencias de la Unión Europea y abriendo barreras desde la propia base, la Universidad.

Todo estos no hubiera sido posible sin la labor realizada por el Comité Organizador del IGSMO'98, formado por Dña. Ana Pantoja, Dña. Natalia Rodríguez, Dña. Raquel Martín de Almagro, D. Jesús Celada y D. Rafael Téllez, a los que desde éstas páginas queremos agradecer su generoso esfuerzo y transmitir nuestra enhorabuena. ■

LA MAYOR SEGURIDAD, EN LAS MEJORES CONDICIONES.



ES EL OBJETIVO DE **BROKEMAR**, CON UNA RED DE OFICINAS EN TODA ESPAÑA, OFRECER AL MUNDO DE LA TOPOGRAFIA, UNA ESPECIAL ATENCION, MEDIANTE UN SEGURO ESPECIAL PARA ESTACIONES DE TRABAJO CON COBERTURA DE AVERIAS, ROTURA, Y ROBO DE EQUIPOS. ASI COMO UN SEGURO DE ACCIDENTES COLECTIVOS Y UN SEGURO DE VIDA TEMPORAL RENOVABLE, TAMBIEN LES PARTICIPAMOS LA CREACION DE UN NUEVO PRODUCTO QUE COMBINA LA INCAPACIDAD LABORAL TRANSITORIA POR ENFERMEDAD COMO POR ACCIDENTE. TODO EN LAS MEJORES CONDICIONES DE EFICACIA Y SOLVENCIA DENTRO DE UNA OPTIMA RELACION CALIDAD/PRECIO, POR ELLO, DESDE HACE AÑOS, EL COLEGIO DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA NOS CONFIA LA SEGURIDAD DE SUS COLEGIADOS. DESDE AHORA NO CORRA RIESGOS VAYA A LO MAS SEGURO EN LAS MEJORES CONDICIONES. LLAME A **BROKEMAR**.

BROKEMAR

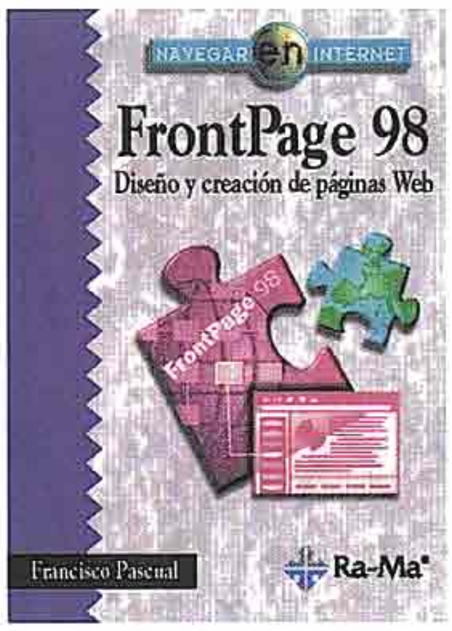
CORREDURIA DE SEGUROS, S.L. (PARTICIPADA POR MURIMAR), ANTES EATS.

CENTRAL: CAPITAN HAYA, 23 - ESC. 2ª / 6.º-4ª - TEL. (91) 555 03 42 - FAX (91) 555 82 77 - 28020 MADRID

Libros Técnicos

Título: **Navegar en Internet: Publicar en Internet HTML para principiantes**
Autor: **Fernando García "Garanz"**

Pesetas: **1.200.** Ref. **1386**



Título: **Navegar en Internet: FrontPage 98: Diseño y creación de páginas Web**
Autor: **F. Pascual**

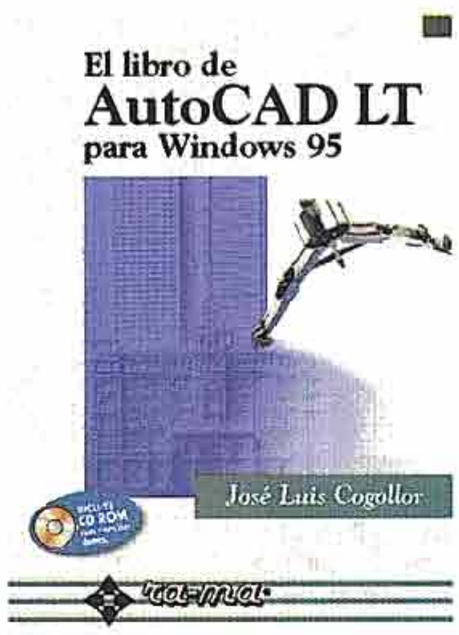
Pesetas: **2.200.** Ref. **1383**

Título: **Navegar en Internet: HTML, Diseño y creación de páginas Web**
Autor: **R. Soria**

Pesetas: **1.600.** Ref. **1353**

Título: **INTERNET. Cómo descubrir el mundo**
Autor: **J. A. Carballar**

Pesetas: **4.200.** Ref. **1351**

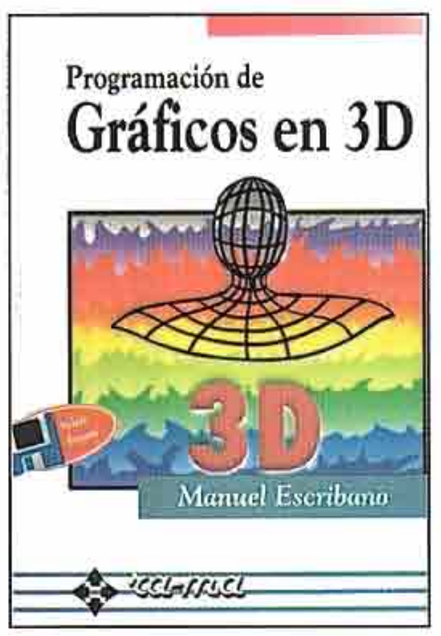


Título: **El libro de AutoCAD LT para Windows 95**
Autor: **C. Pinilla**

Pesetas: **3.950.** Ref. **1379**

Título: **El libro Mágico de los Estereogramas para PC**
Autor: **Daniel Sillescu**

Pesetas: **2.750 (con disquete).** Ref. **1263**



Título: **Programación de Gráficos en 3 Dimensiones**
Autor: **Manuel Escribano**

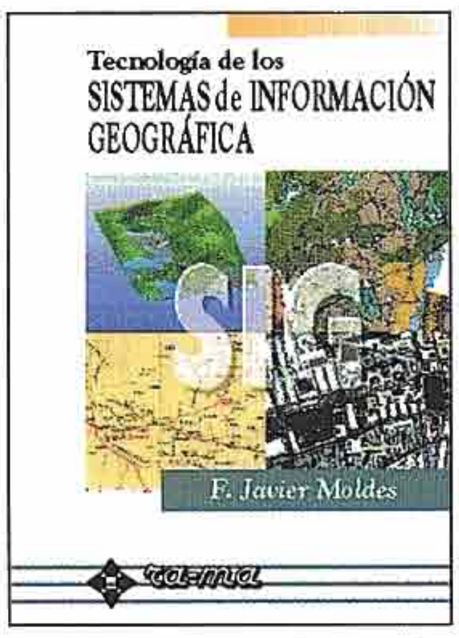
Pesetas: **3.600 (con disquete).** Ref. **1246**

Título: **Cartografía digital**
Autor: **J. Mena Berrios**

Pesetas: **3.800.** Ref. **1172**

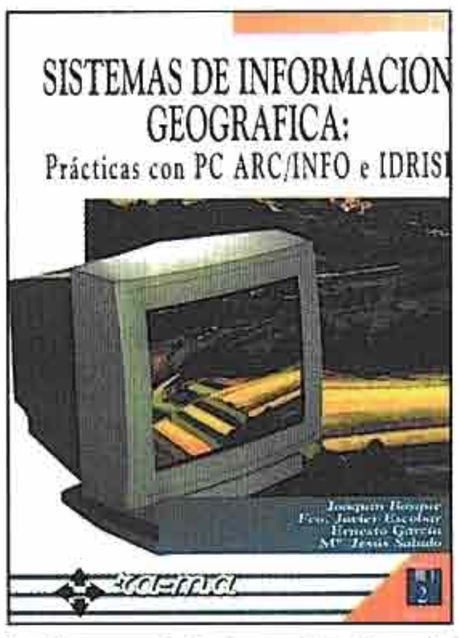
Título: **Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio...**
Autor: **J. I. Barredo**

Pesetas: **3.600.** Ref. **1317**



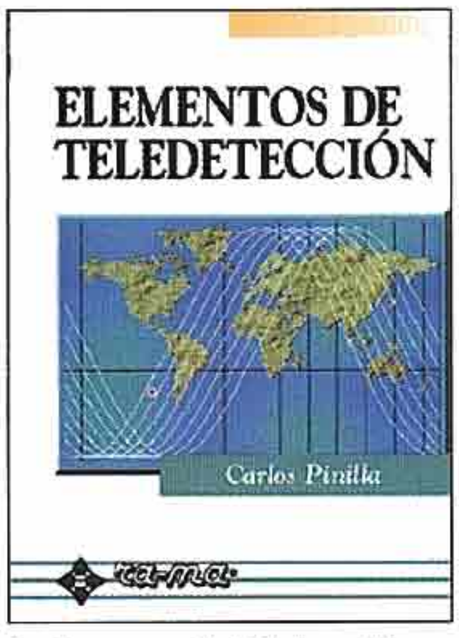
Título: **Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)**
Autor: **F. J. Moldes**

Pesetas: **3.100.** Ref. **1266**



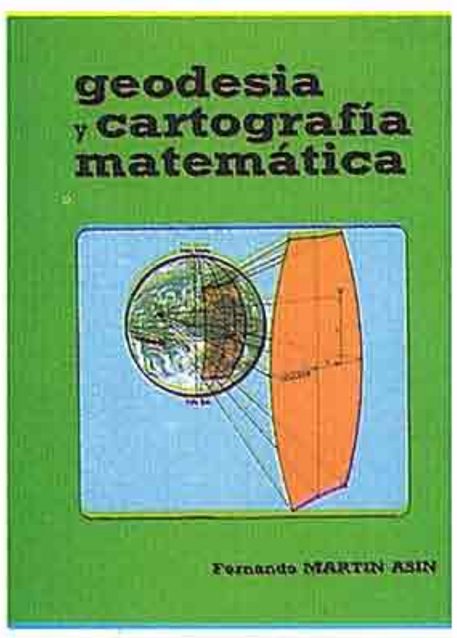
Título: **Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI**
Autores: **J. Bosque, F. J. Escobar y otros**

Pesetas: **5.500 (con 2 disquetes).** Ref. **1225**



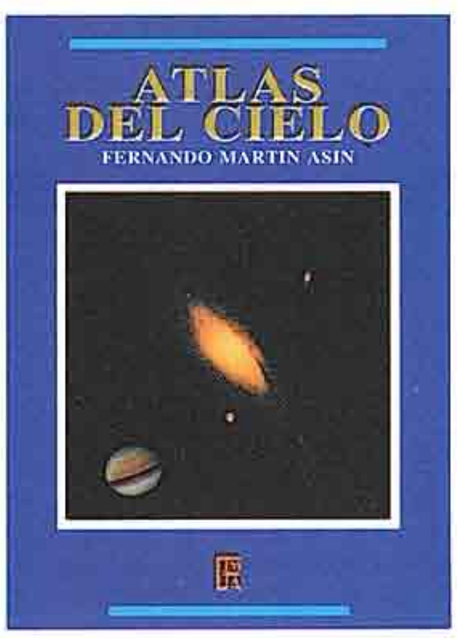
Título: **Elementos de Teledetección**
Autor: **C. Pinilla**

Pesetas: **3.600.** Ref. **1289**



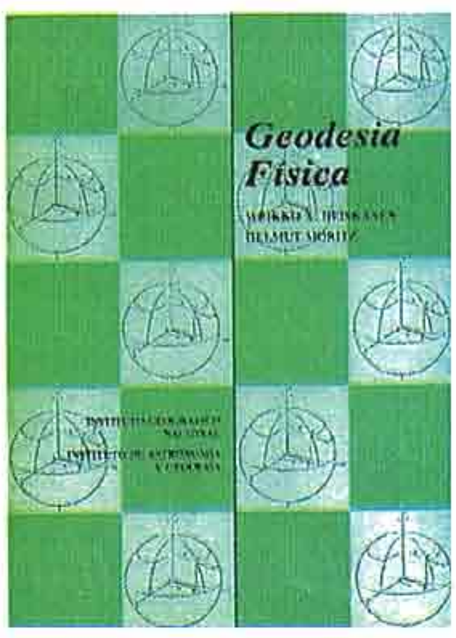
Título: **Geodesia y Cartografía Matemática**
Autor: **Fernando Martín Asín**

Pesetas: **5.315.** Ref. **205**



Título: **Atlas del Cielo**
Autor: **Fernando Martín Asín**

Pesetas: **9.145.** Ref. **203**



Título: **Geodesia Física**
Autores: **W. C. Heiskanen, H. Moritz**

Pesetas: **1.600.** Ref. **012**

Título: **Anuario del Observatorio Astronómico 1998**
Autor: **I.G.N.**

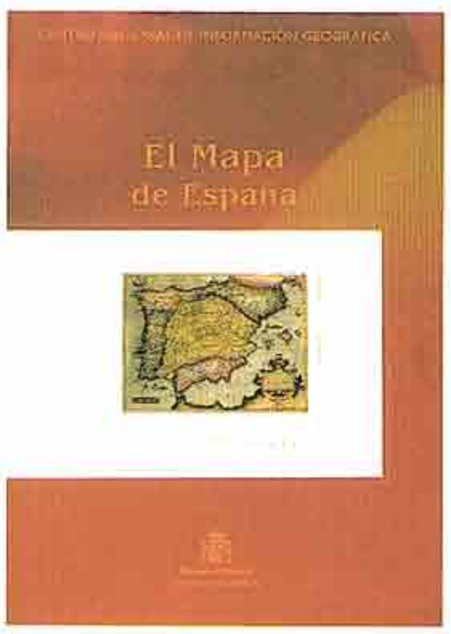
Pesetas: **800.** Ref. **004**

Título: **Cartografía Histórica del Encuentro de Dos Mundos**
Autor: **Int. N. Est. G. e Inf. de México-IGN**

Pesetas: 9.000. Ref. 002

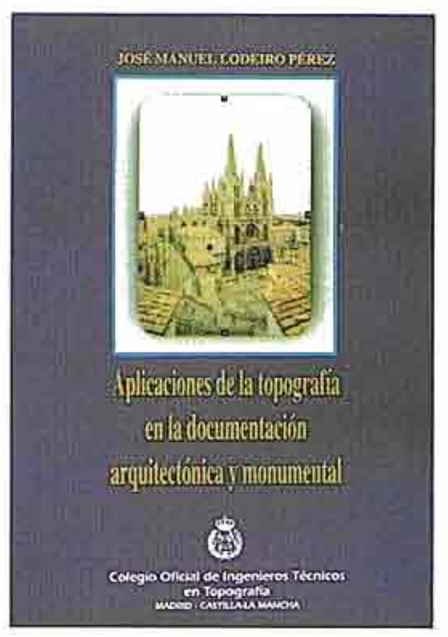
Título: **La Imagen del Mundo, 500 años de cartografía (cartoné)**
Autor: **MOPTMA-IGN**

Pesetas: 5.000. Ref. 001



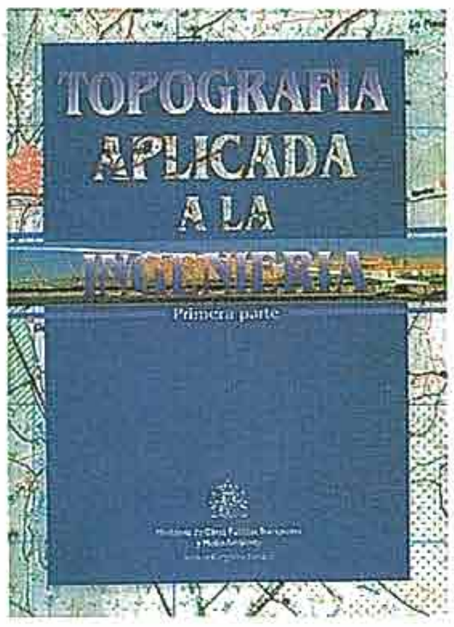
Título: **El Mapa de España (siglos XV-XVIII)**
Autor: **Agustín Hernando**

Pesetas: 4.000. Ref. 014



Título: **Aplicaciones de la topografía en la documentación arquitectónica y monumental**
Autor: **José Manuel Lodeiro Pérez**

Pesetas: 1.500. Ref. 304



Título: **Topografía aplicada a la Ingeniería**
Autores: **Rafael Ferrer Toro, Benjamín Piña Patón**

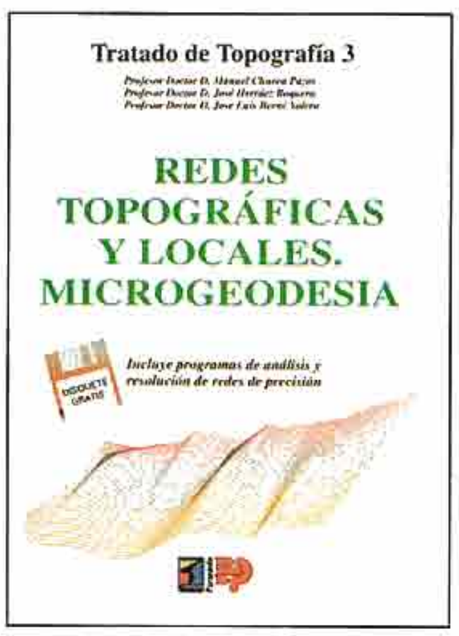
Pesetas: 3.500. Ref. 011

Título: **Tratado de Topografía 1**
Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**

Pesetas: 7.000 (6.000 coleg.). Ref. 2001

Título: **Tratado de Topografía 2**
Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**

Pesetas: 8.500 (7.000 coleg.). Ref. 2002



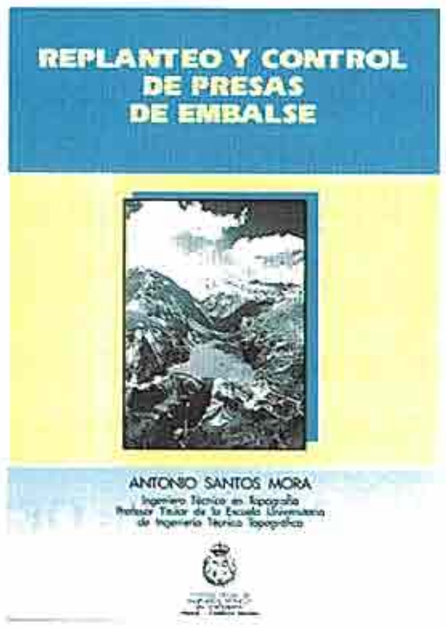
Título: **Tratado de Topografía 3**
Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**

Pesetas: 6.000 (5.000 coleg.). Ref. 2003

Los tres volúmenes: Pesetas 21.500 (15.000 colegiados)

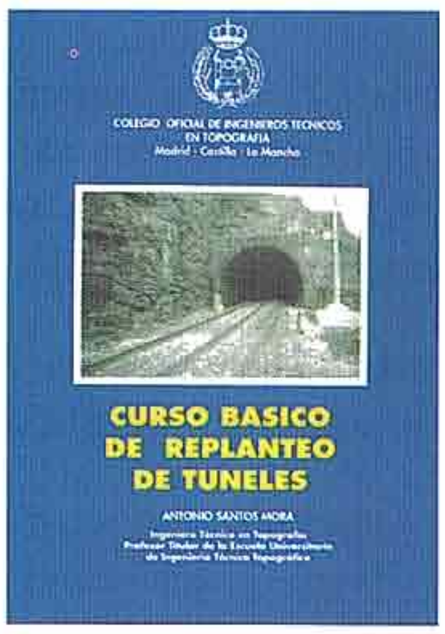
Título: **Topografía y Replanteo de Obras de Ingeniería**
Autore **Antonio Santos Mora**

Pesetas: 5.500. Ref. 301



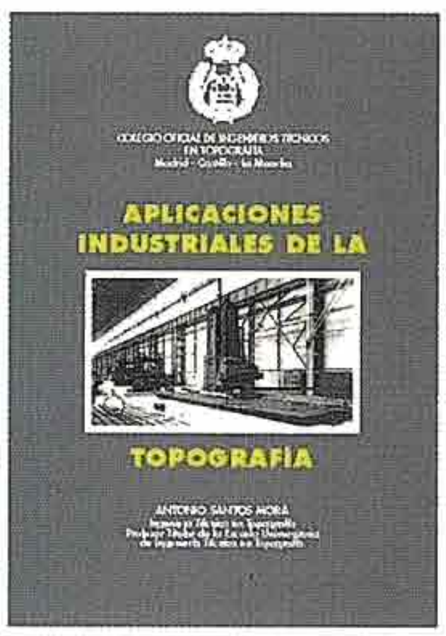
Título: **Replanteo y control de presas de embalse**
Autor: **Antonio Santos Mora**

Pesetas: 2.000. Ref. 302



Título: **Curso básico de replanteo de túneles**
Autor: **Antonio Santos Mora**

Pesetas: 1.500. Ref. 303



Título: **Aplicaciones Industriales de la Topografía**
Autor: **Antonio Santos Mora**

Pesetas: 3.200. Ref. 305

Boletín de Pedido a la Revista Topografía y Cartografía

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 (500 Ptas. Europa, 800 Ptas. otros países)		

Entrega de pedidos .....
Nombre .....
Empresa .....
Dirección .....
Ciudad ..... Provincia ..... C.P. .....

Forma de pago: ☐ **talón nominativo** ☐ **giro**

NOTA: Estos precios son con IVA incluido.

Novedades Técnicas

NUEVO RECEPTOR GPS ASHTECH G-12E-RTK

La división Ashtech de productos topográficos GPS de alta tecnología, como parte integrante de la corporación Magellan, acaba de sacar al mercado el primer receptor Ashtech monofrecuencia, con capacidad para operaciones en tiempo real. El receptor Ashtech GPS monofrecuencia de 12 canales, proporciona una precisión en tiempo real, que oscila entre 20 cm y 1cm en condiciones favorables, es decir, cielo despejado y suficiente disponibilidad de satélites.

El receptor, identificado como G-12E-RTK, incluye el módulo de inicialización al vuelo, facilitando la operación de recuperación de las ambigüedades. La operatividad que ofrece el receptor G-12E-RTK no debe ser confundida con la que ofrecen otros receptores de código englobados en el capítulo DGPS. Como quiera que el modo operativo cinemático en tiempo real RTK, requiere un radioenlace entre la base y los receptores remotos, el G-12E-RTK incluye, como opción especial, un receptor de radio de amplio espectro, residente en el propio receptor GPS. En las estaciones de referencia, también se dispone del transmisor de radio de amplio espectro igualmente residente en el propio receptor.

El G-12E-RTK permite al usuario su ampliación mediante la actualización del software residente, para incluir la capacidad de seguimiento de los satélites de la constelación GLONASS. Esta actualización, transforma al receptor G-12E-RTK en el ya conocido GG-RTK que, como muchos usarios han podido comprobar, ofrece un rendimiento comparable o superior a los receptores RTK de doble frecuencia.

El receptor G-12E-RTK está disponible en formato de módulo OEM, tamaño Eurocard o también presentado en un robusto alojamiento metálico para ser usado como sensor.

Según declaro el Dr. Van Diggelen, Director de la Sección de Módulos OEM, "*Ashtech es el primer fabricante del mundo de receptores GPS que puede ofrecer tres soluciones RTK; la que se basa en GPS y es monofrecuencia, la que emplea los satélites de las constelaciones GPS y GLONASS y finalmente, los receptores de doble frecuencia GPS. Este amplio abanico de soluciones, permite al usuario poder elegir la que mejor se adapte a su problema y a su bolsillo*".

NUEVA VERSIÓN DEL IMAGINEER TECHNICAL DE INTERGRAPH

Recientemente, la empresa INTERGRAPH ha lanzado al mercado la versión 2 de su programa IMAGINEER TECHNICAL

Imagineer Technical es un CAD en 2D inteligente, paramétrico, muy intuitivo, de fácil aprendizaje, diseñado para el entorno Windows 95 o Windows-NT, capaz de integrarse con las aplicaciones ofimáticas, al ser compatible con Office 97 y OLE 2.0, e integrable con Acces, Excel, dBASE, FoxPro, etc.

Imagineer Technical se integra con los procedimientos utilizados con AutoCAD y MicroStation, a los que viene a complementar, permitiendo utilizar datos ya existentes.

Estas cualidades de facilidad de trabajo y gran integración, hacen de Imagineer Technical un producto adecuado para su uso en cualquier puesto técnico, siendo una herramienta ideal para croquizar o acceder a dibujos realizados con AutoCAD o MicroStation.

Su precio de venta al público es de 89.000 Ptas. más IVA, siendo el de venta a **Ingenieros Técnicos en Topografía colegiados de 57.850 Ptas. más IVA** (35% de descuento sobre PVP).

Para más información, llamar en horario de oficina al teléfono 902 250 251

PRIMERA IMAGEN RECOGIDA POR EL NUEVO SATÉLITE SPOT 4

El pasado 24 de marzo fue puesto en órbita el nuevo satélite de la CNES (Centre National d'Etudes Spatiales), denominado SPOT 4.

Este satélite tiene una altitud de órbita de 832 km y está dotado de tres bandas espectrales y un banda de infrarrojo medio, con resoluciones de 10 m y 20 m. Su vida operativa se calcula que será de cinco años.

El SPOT 4 ha sido diseñado para proporcionar mayores posibilidades que sus predecesores. Su más destacadas novedades son un instrumento dedicado al estudio de la vegetación y una banda adicional en el infrarrojo medio (SWIR). Esta banda suplementaria permitirá realizar análisis más detallados del paisaje, ya que es capaz de "ver" mejor a traves de la atmósfera, lo que aumentará de forma notable la claridad de la textura de las imágenes. Las corrientes de agua y los lagos son visibles con mayor detalle gracias al mayor contraste proporcionado por la banda SWIR, así como la humedad del suelo y las plantas, lo que hace más facil la diferenciación de los tipos de suelo y el análisis del desarrollo de la vegetación.

La primera imagen del SPOT 4 fue tomada sobre la llanura del Danubio en Hungría y es una combinación de una imagen monoespectral (blanco y negro) de 10 m de resolución y otra multiespectral (color) de 20 m de resolución.

Los fragmentos de la imagen, los cuales están centrados en la reserva natural de Gemence y el pueblo de Baja, muestran claramente las ventajas de la banda SWIR. El de la izquierda está compuesta por las bandas del rojo, verde y azul, mientras que la de la derecha añade la banda del infrarrojo medio.

En las próximas semanas, podremos ver en las imágenes de esta zona cómo las manchas rosas y naranjas de las zonas de granja que rodean a Baja, contrastarán con las de color marrón rojizo de los bosques y las aguas negras del río atravesarán las tierras húmedas de color malva azulado. ■

"LA TIENDA VERDE"

C/. MAUDES, 23, TEL. 91 535 38 10 y MAUDES, 38, TELS. 91 534 32 57 - 91 533 07 91
FAX: 91 533 64 54
28003 MADRID

"LIBRERIA ESPECIALIZADA EN CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA"

- MAPAS TOPOGRAFICOS: S. G. E. I. G. N.
- MAPAS GEOLOGICOS.
- MAPAS DE CULTIVOS Y APROV.
- MAPAS AGROLOGICOS.
- MAPAS DE ROCAS INDUSTRIALES.
- MAPAS GEOTECNICOS.
- MAPAS METALOGENETICOS.
- MAPAS TEMATICOS.
- PLANOS DE CIUDADES.
- MAPAS DE CARRETERAS.
- MAPAS MUNDIS.
- MAPAS MURALES.
- MAPAS MONTADOS EN BASTIDORES.
- FOTOGRAFIAS AEREAS.
- CARTAS NAUTICAS.
- GUIAS EXCURSIONISTAS.
- GUIAS TURISTICAS.
- MAPAS MONTAÑEROS.

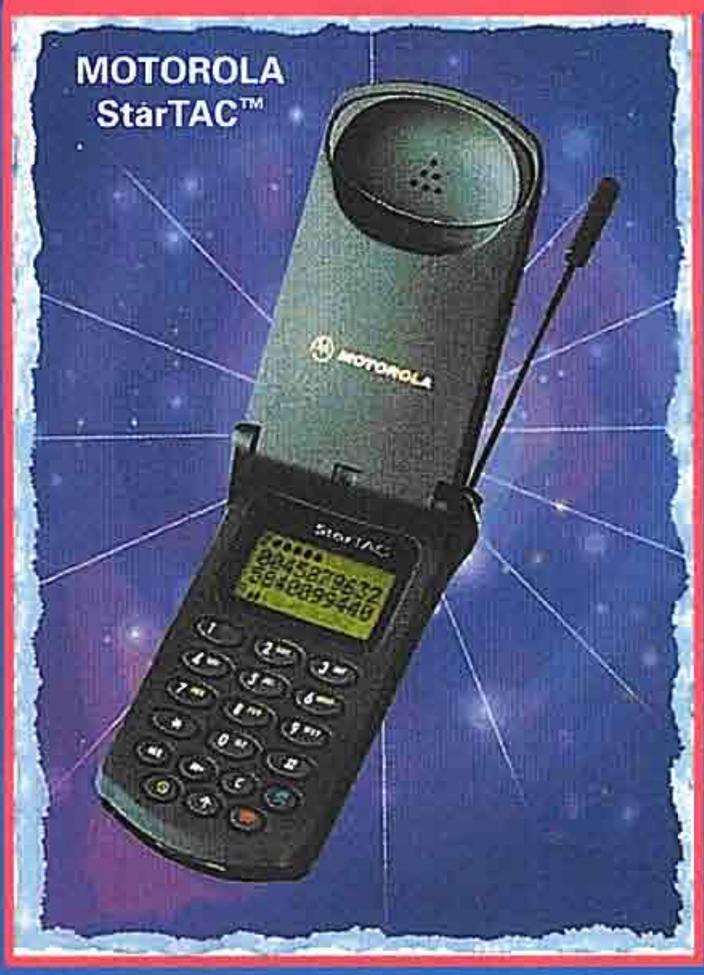
"VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA"
"SOLICITE CATALOGO"

ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIÓN

SIC
SISTEMAS INTEGRALES DE COMUNICACIÓN

SIC nació como la primera Empresa a nivel nacional dedicada exclusivamente a la venta y alquiler de Terminales Móviles Celulares y Radio Teléfonos profesionales, disponiendo de una amplia flota de equipos, tanto para la venta como para el alquiler de los mismos.

TELEFONÍA MÓVIL



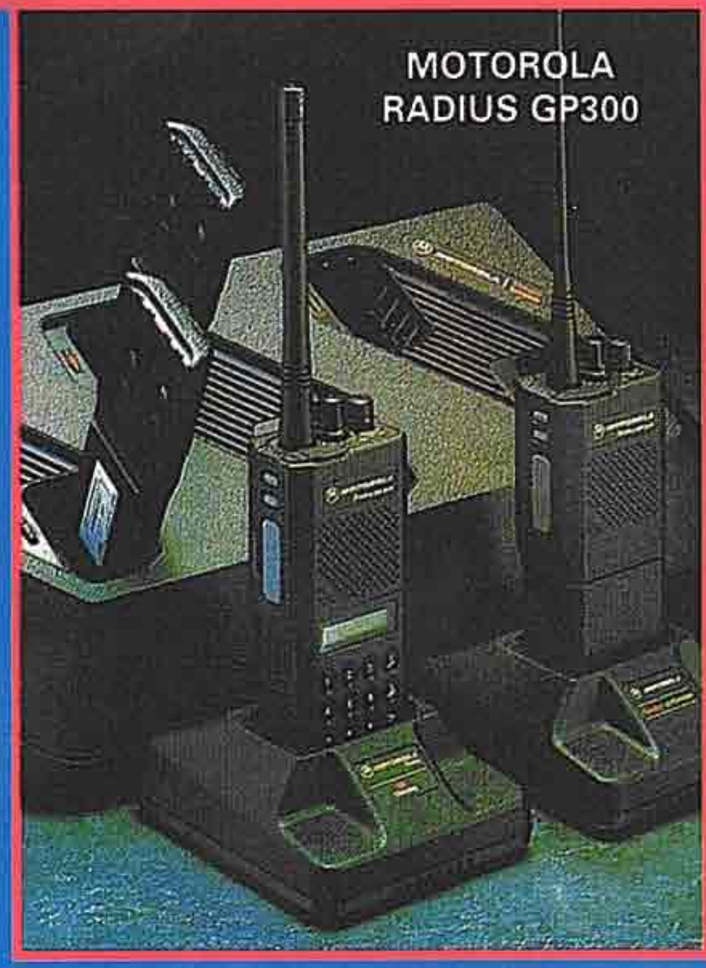
SIC cuenta con una flota de teléfonos móviles de bolsillo disponibles para su entrega en alquiler en menos de 24 h. en cualquier parte del territorio nacional, pudiendo elegir el cliente el tipo de tarifa que mejor se adapte a sus necesidades.

SIC pone a su disposición todos los terminales del mercado nacional MOTOROLA, NOKIA, SIEMENS, ERICSSON, etc. a un precio competitivo, y con el asesoramiento personalizado a cada cliente según su necesidad.

RADIO-TELEFONÍA

SIC pone a su disposición una flota de 65 equipos (Base, Móviles y Walkie-Talkies) profesionales de la marca MOTOROLA y KENWOOD, para cubrir desde un recinto cerrado, a una ciudad, con las máximas garantías de funcionamiento y privacidad de sus conversaciones.

Porque hay múltiples ocasiones en que se necesita estar comunicado, nosotros se lo solucionamos en menos de 24 horas.



Airtel DISTRIBUIDOR OFICIAL

SIC SISTEMAS INTEGRALES DE COMINICACIÓN, S.L.
Sociedad Unipersonal
Pastora Imperio, 3º B - 9º A - 28036 MADRID
TEL./FAX 91 767 11 39
C.I.F. B - 80 838311

Historia de la Tecnología GPS de *Leica*

¿Qué es *Leica*?

El nombre de Leica es ampliamente conocido como empresa fabricante de las famosas cámaras fotográficas. Leica inventó el formato fotográfico de 35 mm, y las cámaras Leica son aclamadas mundialmente por la mayoría de los fotógrafos profesionales.

La cámaras fotográficas son, sin embargo, una pequeña parte de toda la gama de productos Leica.

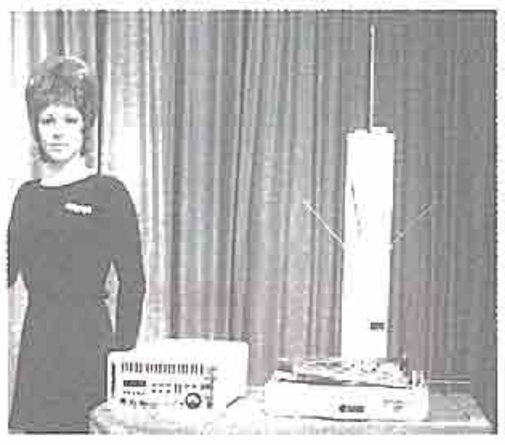
Leica es principalmente fabricante de instrumentos y sistemas sofisticados, tales como distanciómetros láser para aviación, industria del automóvil, sistemas innovadores de topografía de aplicación en la construcción e ingeniería, sistemas de cartografía digital y una amplia gama de microscopios. Sus innovaciones en el campo de la topografía son legendarios. Leica también fabrica otros productos, de alta calidad, en otras áreas de la técnica como la visualización, la medición y el análisis.

Hoy en día, Leica es una organización relativamente reciente, habiéndose consolidado en 1990. La compañía original fue fundada como Leica Camera, siguiendo a la invención de la cámara de 35 mm de Leitz en 1914 (Leitz Camera). La actual Corporación Leica, ha fusionado varias firmas, algunas de las cuáles están en el mercado desde 1800; en este caso se incluyen Kern (instrumentos ópticos, 1819), Leitz (microscopía, 1847), Reichert (microscopía, 1876), Cambrigde Instruments (litografía de barrido, 1881) y Wild (instrumentación topográfica, 1921). Además, alrededor de una docena de compañías, tales como Bausch&Lomb Instruments, Zett y American Optical, han sido unidas bajo el nombre de Leica, con sede en St. Gallen, Suiza, y con una red comercial y servicio posventa extendidos por todo el mundo.

Leica - La pionera en GPS

Durante décadas, Leica ha liderado tecnológicamente, a nivel mundial, la fabricación de instrumentos y sistemas Topográficos clásicos. A principios de 1987, Leica estableció una estrecha relación con la unidad de diseño y construcción de receptores GPS de Magnavox. Esta relación culminó con la adquisición de esta unidad de Magnavox por parte de Leica en 1994. Con esta acción, Leica continúa su vanguardista cadena incorporando ahora el campo de la tecnología de navegación y posicionamiento mediante satélites. Magnavox fue uno de los pioneros en este campo, asumiendo el papel de líder en el desarrollo del GPS y sus predecesores. La posterior adquisición de PHILIPS Ap Navigator en 1997, prolongó la oferta de Leica a una extensísima gama de productos.

Los siguientes son algunos de los más importantes acontecimientos en la historia de Leica.



1967 Consigue el contrato para conducir el primer estudio de la posibilidad del programa 621B, el cual fue el predecesor del Global Positioning System de la U.S. Air Force.

1968 Introduce el primer navegador comercial mediante Satélite Transit, el MX702CA, inmediatamente después, la U.S. Navy dispuso el Transit para utilización no militar.

1969 Redactó el informe 621B, el cual define la mayoría de los conceptos básicos del GPS.

1970 Comienza la fabricación del primer instrumento geodésico Doppler portátil del mundo para la Defense Mapping Agency, el AN/PRR-14 Geoceiver.

1970 Lanzamiento al mercado del primer Sistema de Navegación Integrado, combinando Transit, sonar Doppler, Gyrocompass y otras radio-asistencias para navegación de precisión con embarcaciones.

1971 Adjudicación del contrato para definir el Timation Satellite Navigation Modulation (Timation fue el predecesor del GPS de la Armada Norteamericana).

1971 Diseño y construcción del primer prototipo de receptor para el programa 621B, el cual demostró la efectividad del desarrollo de técnicas espectrales para GPS.

1971 Diseño y construcción de los primeros receptores prototipo para el programa de navegación por satélite Timation de la U.S. Navy. Esto ayudó a demostrar la validez de los osciladores de alta precisión, los cuales fueron adoptados para GPS.

1972 Introducción del MX902, el primer navegador monofrecuencia Transit, diseñado expresamente para navegación con embarcaciones mercantes.

1972 Adjudicación del contrato para la definición de la estructura de la señal del programa 621B.

1974 Adjudicación del contrato para el desarrollo de equipos GPS de la Fase I.

1976 Primer empresa en desarrollo y distribución de receptores GPS de la Fase I, incluyendo el X Set de 5 canales, el Y Set de 2 canales, el Z Set de un canal y el Manpack.

1976 Adjudicación del contrato para el desarrollo del GPSPAC, Spaceborne Receiver para el Satélite Landsat.

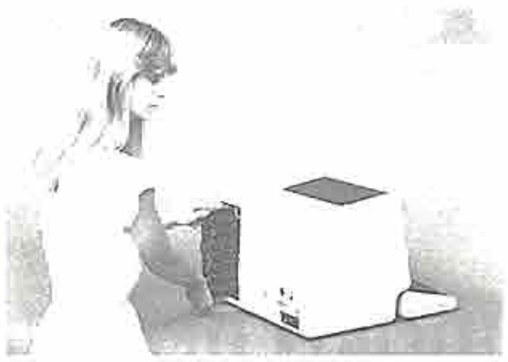
1976 Introducción del primer receptor en el mundo completamente integrado, navegador basado en microprocesador con satélite Transit, el MX 1102.

1977 El Magnavox X-set fue el primero en captar la señal GPS del espacio (Satélite experimental GPS NTS-2).

1978 Introducción del primer instrumento topográfico por satélite en el mundo, basado en microprocesador, el MX 1502 Geoceiver.

1978 Introducción del primer navegador integrado en el mundo con sistema Transit y Omega, el MX1105.

1980 Lanzamiento del primer equipo GPS cualificado (GPSPAC), utilizado para determinar órbitas de diferentes tipos de vehículos espaciales.



1981 Introducción del MX 4102, navegador marino por satélite, el cual llevó a la comunidad marina las ventajas de la navegación de alta calidad mediante Transit.

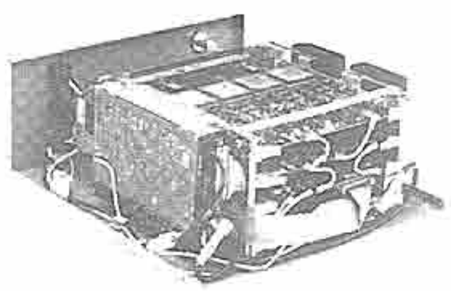
1984 Introducción del primer receptor GPS comercial de 5 canales, el T-Set.

1985 Introducción de la actualización, a receptor GPS, de la serie de navegadores por satélite MX 1100; como consecuencia, se amplió la vida de estos populares y duraderos productos

1985 Fue una de las dos únicas compañías, que desarrollaron los equipos militares GPS de la Fase II de rango completo.

1986 Introducción del robusto y compacto navegador GPS comercial MX 4400.

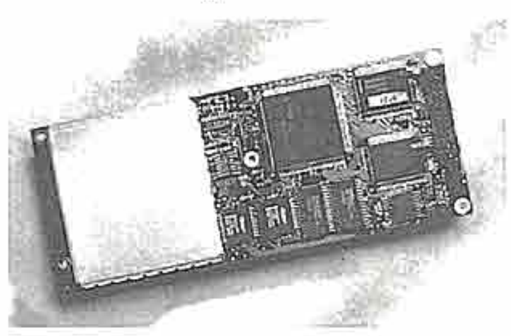
1986 Introducción del WM 101 GPS Surveyor, el primer receptor GPS realmente compacto y completamente hermético.



1987 Introducción del MX 4818, el primer GPS diferencial de 6 canales, navegador y estación de referencia.

1988 Introducción del receptor GPS topográfico de doble frecuencia MW 102, incorporando la tecnología patentada de Code Aided Squaring, la cual proporcionaba la ventaja de 13 dB en el seguimiento de la señal L2 encriptada.

1989 Desarrollo de FARA (Fast Ambiguity Resolution Approach) para resolución de ambigüedades con tiempos de observación cortos. FARA es la base del posicionamiento Estático Rápido de Leica, y se introdujo como estándar.



1990 Desarrollo y distribución del primer receptor en el mundo que combinó GPS + GLONASS.

1990 Introducción del primer receptor GPS de seis canales con tecnología Digital completa, el MX4200.

1991 Desarrollo de la primera tarjeta GPS Engine™. El GPS Engine todavía es altamente solicitado en el segmento de desarrollo de este mercado.

1991 Introducción del Sistema Topográfico más compacto y portátil hasta la fecha, el System 200, incluyendo el receptor SR299, también con la técnica patentada de Code Aided Squaring. El System 200 incluyó el primer receptor GPS con la capacidad de realizar Levantamientos en Estático-Rápido. Leica también fue el primero en introducir el concepto de Unidad de Control GPS como libreta externa.

1991 Desarrollo del primer sistema comercial DGPS utilizando radiobalizas marinas para la transmisión de correcciones, este sistema fue inicialmente desarrollado en Suecia y Finlandia.

1992 Introducción de SKI, el primer Software de Postproceso y Planificación GPS bajo el entorno Windows.

1992 El System 200 de Leica fue el primer sistema que pasó satisfactoriamente los test del FGCS (Federal Geodetic Control Sub-committee) de sus modos de observación Estático-Rápido, Cinemático y Stop&Go.

1992 El System 200 de Leica fue utilizado en la primera medición topográfica mediante técnicas GPS del Everest. La altura del Everest obtenida fue de 8846,10 m.

1993 Se anuncia como uno de los primeros ganadores del Technology Reinvestment Project (TRP) por el Gobierno Norteamericano, para el desarrollo de la aplicación del GPS a la tecnología de control de movimiento de tierras asistido por ordenador, en cooperación con Caterpillar y Spectra-Phisics Laserplane.

1993 Introducción del beacon DGPS MX41R, un pequeño, ligero y robusto instrumento para conexión a navegadores GPS.

1994 La unidad comercial GPS de Magnavox es adquirida por Leica, creándose la división Leica Navigation and Positionig (NAP) en Torrance, California.

1995 Se introduce un nuevo avance en el sistema de Topografía GPS, el System 300. Se introduce el receptor SR399 que cuenta con la nueva técnica patentada de correlación cruzada asistida por código, consiguiendo 13dB de ventaja en seguimiento de la señal y medidas de fase con longitud de onda entera.

1995 EL System 300 es el primero en completar satisfactoriamente el test FGCS de posicionamiento en Tiempo Real (RTK).

1995 Se introduce el receptor monofrecuencia más preciso en el mundo, el MX9400, incluyendo la técnica patentada de seguimiento de código, con correlación estrecha.

1996 Lanzamiento del navegador DGPS MX400. Un receptor GPS hermético para navegación marina. Contando con una pantalla amplia y clara con teclado integrado como novedades.

1996 Introducción del compacto y robusto receptor GPS SR9500. Se trata de un receptor topográfico con 12 canales, doble frecuencia y amplio rango de temperaturas de funcionamiento.

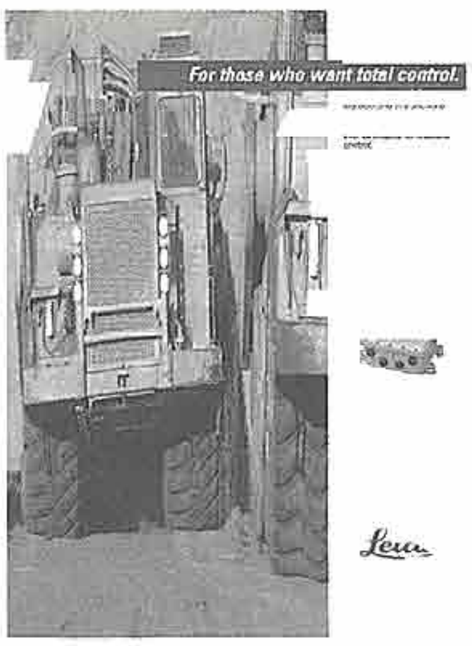
1996 La central a nivel mundial de GPS-Leica se establece en Torrance (California).

1996 Leica diseña e instala la primera estación mundial para la emisión de correcciones de alta precisión en tiempo real, formando parte del proyecto Oeresund entre Dinamarca y Suecia.
El sistema comprende 6 estaciones de referencia permanentes con monitorización íntegramente automatizada.

1997 Leica adquiere la sección Ap Navigator de Philips en Dinamarca.

1997 Introducción del MC1000, receptor GPS diseñado para monitorización y control de maquinaria. Es el primer receptor en el mundo capaz de generar posiciones en el rango del cm a 10Hz con una latencia de 0,03 segundos.

1997 Es introducido el MX9250 como complemento del navegador MX 400 proporcionando una estación de referencia DGPS.



1997 Introducción del MX9450L, el primer receptor GPS con un interface OLE (Active X), para integración fácil con interfaces de usuario ya existentes.

1998 Leica Geosystems Inc. GPS, recibe la Certificación **ISO9001** para su fábrica de Torrance en California. De esta manera, Heerbrugg (Suiza) y Torrance (USA) se rigen por el mismo patrón estándar de calidad.

Para más información, consulta o aclaración adicional, puede contactar con:

LEICA GEOSYSTEMS: C/ Basauri 17, Edificio Valrealty, 28023 MADRID, Tfno. 91 372 88 75, Fax. 91 372 89 06
C/ Nicaragua 46, 5ª, 08029 BARCELONA, Tfno. 93 494 94 41, Fax. 93 494 94 42
C/ Virgen de Monserrat 12, Planta Baja, 41011 SEVILLA, Tfno. 95 428 43 53, Fax. 95 428 01 06
C/ Tellagorri 14, 7º, 48012 BILBAO, Tfno. 94 427 65 85, Fax. 94 427 65 85

Vida Profesional

FESTIVIDAD DE SAN ISIDORO DE SEVILLA

El pasado 25 de abril se celebraron en Madrid los tradicionales actos conmemorativos de la festividad de San Isidoro de Sevilla, Patrón de los Ingenieros Técnicos en Topografía y del Instituto Geográfico Nacional, organizados por la Junta de Gobierno y la Delegación de Madrid-Castilla-La Mancha del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y la Asociación del Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía del Instituto Geográfico Nacional.

Tales actos comenzaron con la celebración de una misa en la iglesia de San Bruno, en recuerdo de los compañeros fallecidos. A continuación, los asistentes se trasladaron a los salones La Tropical, donde a las 12 horas se procedió a la entrega de una placa conmemorativa a los siguientes colegiados y asociados, jubilados durante este año: D. Basilio Lumbreras Giménez, D. Agustín del Pino Plaza, D. Juan María de Vidania y Olasagasti, D. Luis García Asenjo Bonet, D. Jesús Gutiérrez de la Cámara, D. Rafael Caturla Sánchez de Neira, D. Vicente Rosa Sierra, D. Pascual García Lanaspa, D. Juan Delgado Colodrón, D. Salustiano Sánchez Martín, D. Luis Rubalcaba Romo, D. Pedro González Lucas y D. Manuel Gómez Laguna.

También se hizo entrega de una placa a los alumnos de la E.U. de I.T.Topográfica de Madrid miembros del Comité Organizador del XI CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTUDIANTES DE GEODESIA, como reconocimiento a la labor por ellos desarrollada.

Acto seguido, los asistentes fueron obsequiados con un cocktail, amenizado musicalmente, como ya va siendo tradicional, por la tuna de la EUITT de Madrid.

LA DELEGACIÓN TERRITORIAL DE NAVARRA DEL COITT INAUGURA SU NUEVA SEDE

El día 9 de mayo tuvo lugar la inauguración de la nueva sede de la Delegación Territorial de Navarra del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. El Decano y el Tesorero General presidieron la reunión de colegiados celebrada con tal motivo, en la que se trataron temas que preocupan a los colegiados de esta Comunidad Autónoma. El acto finalizó con una cena de confraternización.

Desde esta fecha, los Ingenieros Técnicos en Topografía colegiados, disponen de su nueva sede en Pamplona en la siguiente dirección:

Delegación Territorial del C.O.I.T.T. en Navarra
C/ Leyre, 11, 3.°
31002 Pamplona (Navarra)
Tel./Fax 948 21 10 86

JUNTA DE GOBIERNO Y ASAMBLEA GENERAL DEL INITE

El Instituto Nacional de Ingenieros Técnicos de Espana (INITE), al que pertenece el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, convocó el 23 de abril pasado su Junta de Gobierno y Asamblea General, las cuales fueron unas de las más importantes de su historia.

La Asamblea, una de las más concurridas de los últimos años, reunió a más de trescientos representantes de los más de **trescientos mil Ingenieros Técnicos y Arquitectos Técnicos de España.**

Junta de Gobierno del INITE

Aparte de los temas profesionales nacionales y europeos discutidos, este año se trataron tres temas muy importantes:

1. Nueva estructura organizativa del INITE : Se aprobó la propuesta de crear cuatro Comisiones de Trabajo que apoyen las actuaciones de los órganos directivos, las cuales son:

- *Comisión de Competencias Profesionales. Presidente: D. Pedro Bello Berlín*
- *Comisión de Docencia. Presidente: D. Gregorio Tierraseca Palomo*
- *Comisión de Empleo. Presidente: D. José Javier Medina Muñoz*
- *Comisión de Comunicación e Imagen. Presidente: D. Francisco Cuervo Ania*

2. Anteproyecto de Ley del Estatuto Básico de la Función Pública Española : Se pretende desde el Gobierno, en contra de los existente en Europa y de lo refrendado en la Ley 12/1986 de Atribuciones de los Ingenieros Técnicos y Arquitectos Técnicos, crear dos tipos de funcionarios universitarios, cuando la Directiva Comunitaria (89/48/CEE), desarrollada por el Decreto correspondiente (1665/1991), ya reguló el Grado de Enseñanza Superior Universitaria a carreras de tres o más años.

Esta reforma, en lo referente a los Ingenieros Técnicos y Arquitectos Técnicos, y en opinión de Catedráticos de Derecho Constitucional de prestigio, es INCONSTITUCIONAL.

La Asamblea aprobó, por unanimidad, realizar las medidas de presión oportunas para evitar esta discriminación con el resto de los países europeos.

3. Reforma de los Planes de Estudio : Se viene hablando y negociando desde hace tiempo, sobre la Reforma de los Planes de Estudio de las carreras de Ingeniería Técnica y Arquitectura Técnica, pero a pesar de la insistencia del INITE, de las comparaciones con otros países europeos y, sobre todo, de las necesidades que demanda la sociedad, no se afronta con la suficiente valentía el conseguir carreras de **cuatro años**, incluyendo en sus Planes verdaderas prácticas tuteladas de calidad, así como otras áreas de conocimiento relativas a temas de gestión y de recursos huma-

nos que la sociedad demanda a los técnicos y directivos que gestionan empresas, como son los Ingenieros Técnicos y Arquitectos Técnicos.

Esta Asamblea, que fue la primera presidida por el nuevo Presidente del INITE, D. Avelino Suárez Álvarez, debe ser el inicio del cambio de rumbo de las Ingenierías Técnicas y la Arquitectura Técnica de cara al siglo XXI, rebasando **estructuras arcaicas y corporativas** ya obsoletas, y propiciando el carácter abierto, dinámico y flexible propios de la nueva economía y de la industria españolas.

MANIFESTACIONES EN TODA ESPAÑA DE LOS ALUMNOS DE INGENIERÍA TÉCNICA Y ARQUITECTURA TÉCNICA EN CONTRA DEL PROYECTO DE ESTATUTO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA

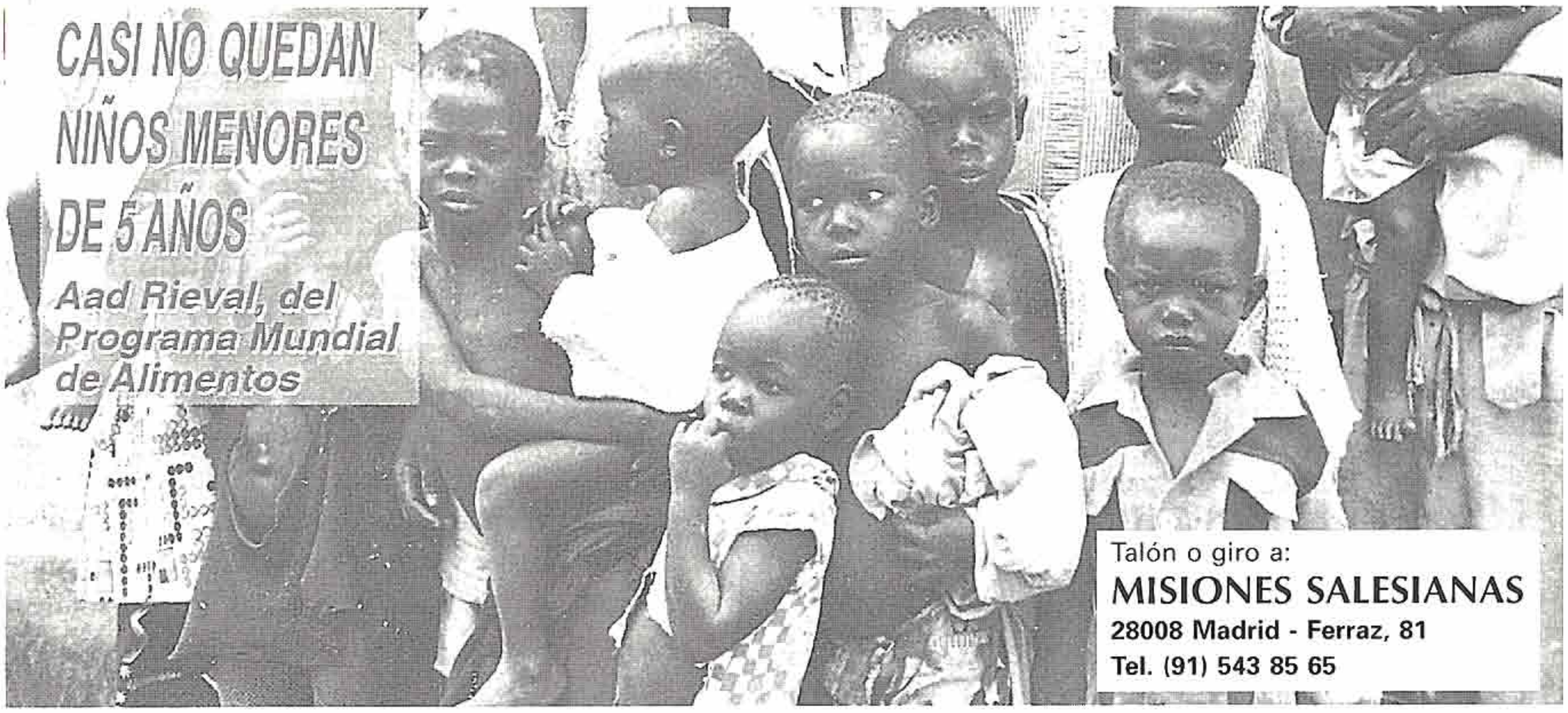
El pasado 5 de mayo, miles de estudiantes de Ingienierías Técnicas y Arquitectura Técnica se manifestaron en varias ciudades del país para protestar contra el anteproyecto de Estatuto de la Función Pública , que discrimina a los titulados españoles con respecto a los del resto de la Unión Europea.

En Valencia, Zaragoza, Barcelona y Madrid, se concentraron más de 5.000 personas, mientras que en otras nueve ciudades lo hicieron entre 500 y 2.000 en cada una. En Madrid, los alumnos de las Escuelas Universitarias de la Universidad Politécnica de Madrid, entregaron en la Delegación del Gobierno entre 10.000 y 15.000 firmas contra el anteproyecto.

"El Mundo", 25-6-1998

"El País", 6-5-1998

Estas manifestaciones tuvieron un amplio seguimiento por parte de toda la prensa nacional, con lo que, por fin, nuestros problemas y reivindicaciones son conocidos por la totalidad de la ciudadanía.



Indice Comercial de Firmas

AL-TOP
TOPOGRAFIA, S.A.
ALQUILER Y VENTA DE INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS. EQUIPOS Y SISTEMAS GPS PARA TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.
SERVICIO TECNICO OFICIAL PARA ESPAÑA DE:
Geotronics
C/ BOFARULL, 14, BAJOS 1ª
TEL. 93 340 05 73 - FAX 93 351 95 18
08027 BARCELONA

LEP, S. A.
Instrumentos Topográficos
Ciudad de Balaguer, 7-11
Tel. 93 417 54 00
Fax 93 417 47 41
08022 BARCELONA
Capitán Haya, 3 y 5
Tels. 91 555 97 96
91 555 97 45
28020 MADRID

BERDALA
ZEISS
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS Y GEODÉSICOS SERVICIO TÉCNICO
Balmes, 6 08007 BARCELONA
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89

SPECTRA PRECISION™
Instrumentos Topográficos
Casa Sueca: +46.8.622.1000
Distribuidores:
ALTOP-Barcelona: 93 340.05.73
CYT-Santiago: 981 581.678
DATUM-Madrid: 91 535.33.72

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/. Basauri, s/n. - Aravaca
28023 MADRID
Tel. (91) 372 88 75 - Fax 91 372 89 06
C/. Nicaragua, 46, 5ª planta - 08029 BARCELONA
Tel. 93 494 94 40 - Fax 93 494 94 42

ZEISS
Geo center
el centro de la topografía
Avda. Miguel Hernández, 118
28038 Madrid
Teléfonos **91 380 18 23 / 91 380 24 87**
Fax **91 380 24 87**

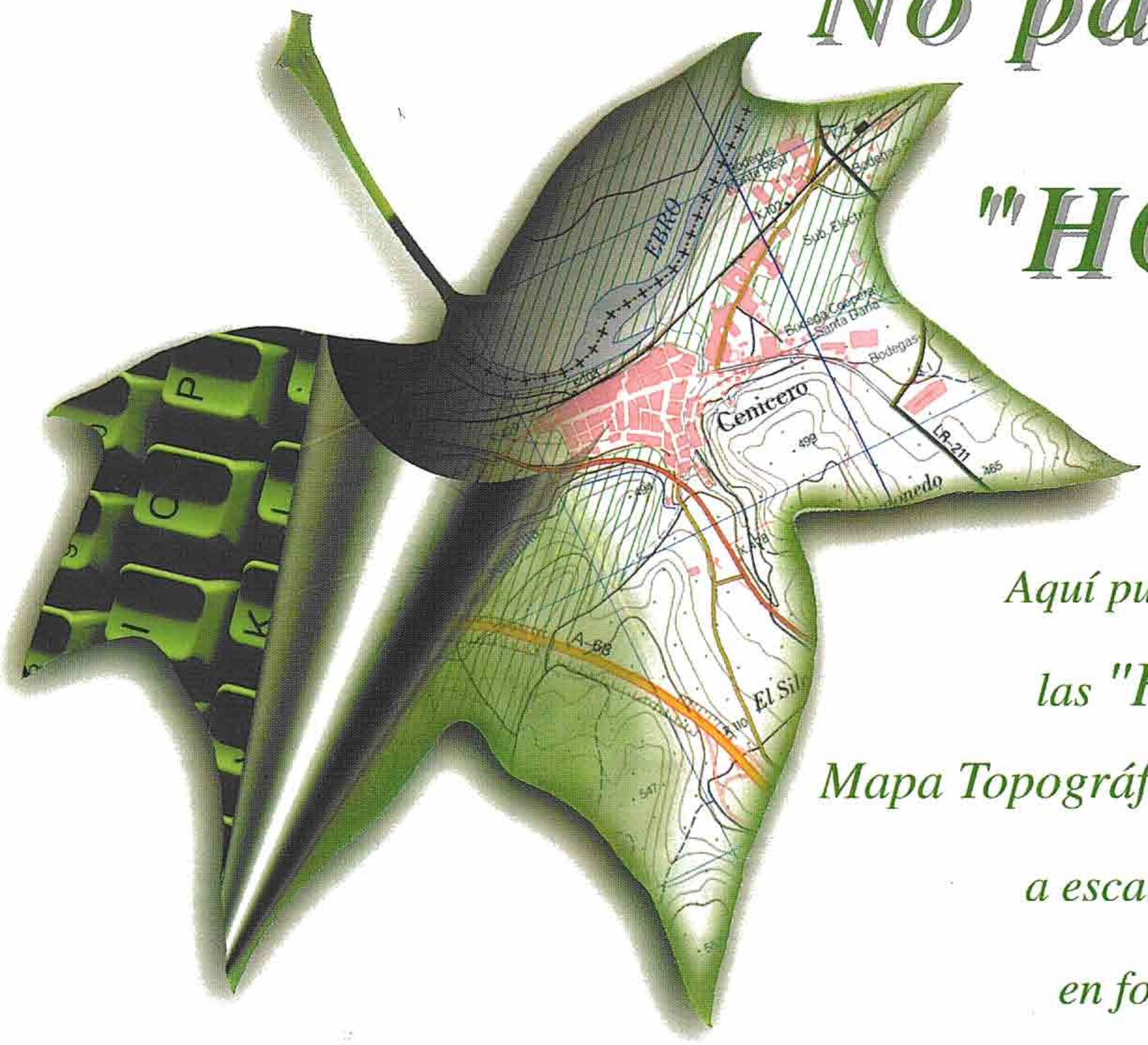
DATUM
TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA, S.L.
ALQUILER Y VENTA DE GPS
ESTACIONES TOTALES Y ACCESORIOS
Geodimeter®
SISTEMAS DE MEDIDA
Cristóbal Bordiú, 35
Tel. 91 535 33 72
Fax 91 535 33 84
28003 Madrid

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 Ciudad de Barcelona, 81
28007 MADRID
Tel. 91 552 41 60 - Fax 91 552 41 61

ATICSA
TOPOGRAFIA, CARTOGRAFIA, FOTOGRAMETRIA
VENTA Y ALQUILER DE MATERIAL TOPOGRAFICO
Plaza de las Américas, s/n. (Edificio Perú, Oficina F)
Tel. 924 23 13 11 - Fax 924 24 90 02
06011 BADAJOZ

GRAFINTA, S.A.
Topografía, Geodesia, Dibujo
Avda. Filipínas, 46 - 28003 MADRID
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82

No pase la "HOJA"



Aquí puede encontrar las "HOJAS" del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 en forma digital.

Imprescindible en proyectos de...

√ *Redes de distribución,* √ *Puntos de venta,* √ *Localización de mercados,* √ *Tendidos eléctricos,*
√ *Previsión de riesgos,* √ *Optimización de rutas,* √ *Obra civil,*
√ *Estudios medioambientales, demográficos, etc.*

Productos disponibles:

Base de Datos 1: 25.000 (BCN25), Base de Datos 1: 200.000 (BCN200), Base de Datos 1:1.000.000 (BCN1000),
Modelo Digital del Terreno (MDT25), (MDT200) y (MDT1000), Base de Datos Monotemáticos,
Mapa de Usos del Suelo (Corine-Land Cover), Datos Teledetección (Landsat TM)
(Spot Pancromático) , Líneas Límite (Varias escalas).

cnig
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

General Ibáñez de Ibero, 3 28003 Madrid (ESPAÑA)
Teléfono: 34 (9) 1 597 94 53 - Fax: 34 (9) 1 553 29 13
http://www.cnig.ign.es - E-mail: webmaster@cnig.ign.es - consulta@cnig.ign.es
Servicios Regionales y Centros Provinciales

Ministerio de Fomento

SET2100
SET3100
SET4100

NUEVO

ESTACIONES TOTALES SERIE 100

Isidoro Sánchez S. A.
TOPOGRAFIA

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO DE
SOKKIA
PARA ESPAÑA

ESTACIÓN TOTAL VERSÁTIL, CAPAZ DE MEDIR CON PLACAS REFLECTANTES Y CON 3000 PUNTOS DE MEMORIA INTERNA.

INFORMESE LLAMANDO
900 21 01 83
LINEA GRATUITA

Ronda de Atocha, 16. 28012 Madrid. Tel: (91) 467 53 63. Fax: (91) 539 22 16

ENAC
Entidad Nacional de Acreditación
CALIBRACION
Nº 66/LC117

AENOR
ER
Empresa Registrada
ER-006/2/94

EL MEJOR RECEPTOR, EN DOS FORMATOS

El más moderno receptor GPS, doble frecuencia, Ashtech, Z-Surveyor, con más de un año en el mercado, sigue aventajando a cualquier otro competitivo ofreciendo más rendimiento, menos peso, y menor consumo, es decir, mejor diseño electrónico, mejor procesado de las señales GPS, y para el usuario una más rápida recuperación de su propia inversión.

En un formato u otro, puede disponer de ventajas que sólo puede disfrutar con los receptores Ashtech. Efectivamente, esta estación combina la tecnología Ashtech patentada de **Seguimiento "Z"** en un alojamiento compacto, más pequeño, liviano, de menos consumo **y más asequible**. La Estación Super-Z ofrece una integración sin precedentes, es el primer sistema en el mundo que reúne receptor, batería y tarjeta PC de memoria intercambiable. Incluso radiomodem interno, si se desea usar esta unidad para operaciones en tiempo real con precisión centimétrica.

La "Estación Super-Z" es un instrumento de alta productividad que puede ser configurado para la mayoría de sus aplicaciones: levantamientos topográficos, trabajos geodésicos, actualización cartográfica, apoyo fotogramétrico y replanteo.

Los breves períodos de observación permiten que un solo hombre pueda visitar muchos más puntos al día que los que se pueden conseguir usando instrumentos topográficos tradicionales, u otros equipos GPS más anticuados, en muchas aplicaciones. La "Estación Super-Z" incluye en una compacta unidad de 1,7 kg. de peso, el más avanzado procesado de señal GPS de doble frecuencia en el mercado, memoria en tarjeta PCMCIA de hasta 80 M de capacidad, alimentación vía batería (incluida en el peso citado) y para aquellos que lo deseen, el transceptor modem utilizable en operaciones en tiempo real. Imposible superar.

Si desea información adicional sobre el Z-Surveyor de Ashtech, incluso una demostración sin compromiso, le rogamos nos lo indique. Srta. Charo, GRAFINTA, S.A.; Avda. Filipinas, 46, 28003 Madrid; Telf. 91 553 72 07; Fax 91 533 62 82, internet: grafinta@grafinta.com

Ashtech

Grafinta SOCIEDAD ANONIMA