



Nuestra portada:

*Observación de validación de antena paraboloidal (Fotografía de José Luis Valbuena Durán)*

**Vol. XXIII - N.º 132**

**Enero-Febrero**

**2006**

DIRECTOR

**Carlos Barrueso Gómez**

\*

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio  
Oficial de Ingenieros Técnicos  
en Topografía

\*

DIRECCION, REDACCION,  
ADMINISTRACION Y  
PUBLICIDAD

Avenida de la Reina

Victoria, 66, 2.º C

28003 Madrid

Teléfono 91 553 89 65

Fax: 91 533 46 32

topografiaycartografia@top-cart.com

Depósito Legal: M-12.002-1984

ISSN: 0212-9280

Título clave: TOPCART

Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:

ALBADALEJO, S.L.

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

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

Esta revista ha sido impresa en papel  
ecológico

# TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE  
INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

## Sumario

La Topografía como una importante herramienta para el trabajo científico en los ámbitos de la Geología y la Geofísica: Casos prácticos	3
Francisco Santana Sarmiento, Ángel Rodríguez Santana y Francisco Pérez Torrado	
Elaboración de la Documentación Geométrica de Estructuras afectadas por un Seismo	18
Evangelia Lambrou y George Pantazis	
La Calidad en el Sector Topográfico: Organismos Competentes y Situación Actual	23
Carmen Sevilla Antón y Javier Bisbal Martín	
Premio del Congreso de la FIG 2006	28
XXIII Congreso Internacional de la FIG	29
Criterios para la elaboración de Callejeros Digitales Georreferenciados	30
Carlos López Borra y Vicente García Núñez	
Métodos de determinación de las altitudes ortométricas empleando la tecnología GPS	43
Octavian Roman	
Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional	48
Modelos Geopotenciales en la Península Ibérica: IBERGEO95 y EGM96	54
Jorge Martín Gutiérrez y José María Lara Cabeza	
Vida Profesional	64
Índice Comercial	71

# TCP-MDT

## Nueva Versión

# 5

Levantamientos

Proyectos

Replanteos

Carreteras

Urbanizaciones

Canteras

Topografía

Construcción

Urbanismo

Ingeniería



autodesk  
authorized developer

## Aplicaciones para Dispositivos Móviles



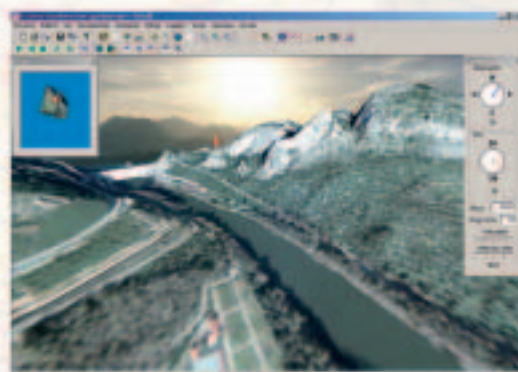
Replanteo y Toma de Datos  
con GPS y Estación Total

Gestión de Dibujos  
con potente CAD

Control de Obras de Túneles

## Orto3D

Presentaciones realistas de alta calidad  
Proyectos de carreteras y urbanización  
Estudios de impacto ambiental  
Incorporación de cartografía  
Animaciones y Videos



Nueva  
Denominación:



Aplicaciones de  
Topografía e Ingeniería Civil

C/ Sumatra nº 9, 29190 - Málaga

Tlf: 952-439771

Fax: 952-431371

www.aplitop.com

info@aplitop.com

# La Topografía como una importante herramienta para el trabajo científico en los ámbitos de la Geología y la Geofísica: Casos prácticos

Francisco Santana Sarmiento, Ángel Rodríguez Santana y Francisco Pérez Torrado  
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

## Resumen

*Con este artículo se pretende poner de manifiesto la importancia de los trabajos topográficos en estudios científicos, tanto en el área de la Geología como de la Geofísica.*

*Se expondrá cómo la Topografía realiza una serie de aportaciones importantes a la actividad investigadora, estableciendo unos cimientos muy firmes que sirven de base para que los científicos puedan realizar su trabajo investigador con las máximas garantías. Este hecho se ha podido comprobar a partir de distintos proyectos de fin de carrera realizados en la Escuela de Ingenieros Técnicos en Topografía de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, los cuales se enmarcaron dentro de proyectos de investigación a nivel nacional e internacional y que han permitido la realización de estudios pioneros en estas dos áreas para la isla de Gran Canaria.*

## I. INTRODUCCION

Todos estamos de acuerdo en que la labor investigadora es apasionante y de un alto interés académico, estratégico y económico para la sociedad. Los investigadores invierten una parte muy importante de su vida en la búsqueda de respuestas científicas al mundo donde vivimos en los campos de la física, la geología, la biología, etc., o en la búsqueda de soluciones a los grandes retos a los que nos enfrentamos, como en la medicina, en la tecnología, en la economía, etc.

Pero ¿Qué sucede cuándo el dato de partida, a partir del cual el científico establece sus hipótesis, no es lo suficientemente consistente? ¿Cómo queda el científico cuando comprueba que su labor impecable, a la cual ha dedicado muchas horas de su vida, queda desechada porque el dato de partida (que en muchas ocasiones lo obtiene a partir de otras fuentes, ya que su obtención escapa a su ámbito profesional) no era lo suficientemente riguroso?

Con este artículo se quiere poner de relieve la importancia que tiene la técnica topográfica en las áreas de la Geofísica y la Geología. La Topografía es una herramienta muy eficaz para que los investigadores dispongan de datos de una forma muy rigurosa y con un grado de precisión adecuado o superior a sus necesidades. Estos datos serán un punto de partida sólido desde el cual puedan realizar sus investigaciones con las máximas garantías.

Evidentemente, esto que se acaba de exponer es una evidencia que a nadie se le escapa. Sin embargo, con este artículo lo que se pretende es

examinar y validar lo dicho anteriormente a partir de la experiencia seguida con distintos proyectos de fin de carrera, en el ámbito de la geología y la geofísica, realizados en los estudios de Ingeniería Técnica en Topografía que se imparte en la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Los trabajos realizados en estos proyectos fin de carrera han formado parte de proyectos de investigación más amplios, a nivel nacional e internacional. Este hecho ha permitido la realización de estudios pioneros en estas dos áreas para la isla de Gran Canaria y permitirá la realización de trabajos más exhaustivos en el futuro.

Este artículo está estructurado en dos partes; en primer lugar se expondrá un resumen muy breve de cada uno de los proyectos realizados, con el objetivo de que el lector tenga una referencia básica para entender con claridad la segunda parte del mismo, donde se exponen cuáles son las aportaciones propias de la Topografía que los autores hemos valorado como importantes para este tipo de investigaciones.

## 2. PROYECTOS REALIZADOS

### I. Estimación de correcciones topográficas en la Caldera de Los Marteles, Gran Canaria (1996)

*Objetivo propuesto:*

En este proyecto el objetivo fue la estimación de las correcciones topográficas para una nube de puntos localizados en la Caldera de los Mar-

teles, Gran Canaria, calculándose, además, una estimación del error total asociada a éstas.

#### Trabajos topográficos:

Para poder realizar la estimación de la corrección se obtuvieron tres modelos digitales del terreno. Uno para la zona próxima, hasta un radio exterior de 170 m, utilizando la información de un levantamiento topográfico a una escala de 1/500 (fig. 1). Los otros dos modelos se obtuvieron a partir de la digitalización de cartografía a escala 1/5.000, para las zonas medias con un radio exterior de 895 m, y cartografía a escala 1/25.000 (fig. 2), para las zonas lejanas con un radio exterior de 21.944 m.

Además, se obtuvo una red de apoyo planialtimétrica, debidamente materializada en el terreno, que sirviera de apoyo a futuros trabajos de investigación en la zona.

#### Conclusiones:

Los resultados obtenidos, para una densidad de  $2 \text{ g/cm}^3$ , muestran correcciones de entre 8 y 12 mgal con errores entre 0,3 y 0,5 mgal. Esto implica que los trabajos gravimétricos que se quieran realizar en esta Caldera tendrán que tener en cuenta estos altos valores de corrección topográfica y errores asociados. Este trabajo, por lo tanto, representa el punto de partida para el estudio gravimétrico de la Caldera de los Mar-

teles que nos proporcione posibles modelos estructurales que den luz sobre las teorías de formación y evolución.

## 2. Aplicación de los métodos topográficos para el Control de los deslizamientos de la ladera de Rosiana (Gran Canaria) (1998)

#### Objetivo propuesto:

El deslizamiento de Rosiana de 1956 (Gran Canaria) ha sido el movimiento de ladera más importante de los conocidos en épocas históricas en el Archipiélago Canario. El lugar donde se halla es complejo desde el punto de vista topográfico, pues se trata del fondo de la depresión de Tirajana

El objetivo propuesto fue realizar un control periódico del posible deslizamiento, con una incertidumbre máxima de 3 cm, de una serie de puntos testigo materializados en la zona de estudio.

#### Trabajos topográficos:

En primer lugar se señaló adecuadamente en el terreno y posteriormente se observó una red de apoyo (fig. 3) planialtimétrica, teniendo en cuenta la visibilidad sobre la zona de estudio, garantizando (según los estudios geológicos realizados previamente) que estuviera fuera de la zona de acción del deslizamiento, y con un grado de precisión acorde con las incertidumbres máximas establecidas.

En segundo lugar, se materializaron en el terreno adecuadamente una serie de puntos testigo, para su posterior observación de forma periódica con el fin de calcular el posible vector desplazamiento.

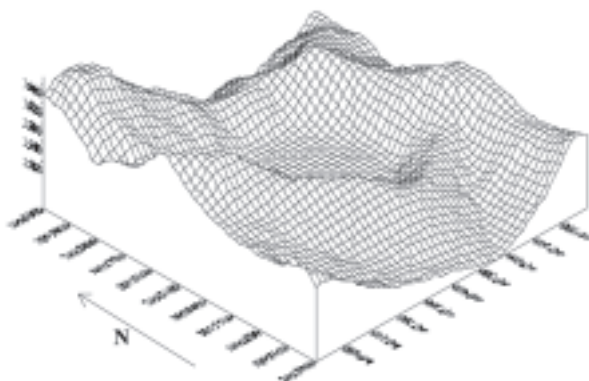


Figura 1.- MDT a partir del levantamiento a escala 1/500.

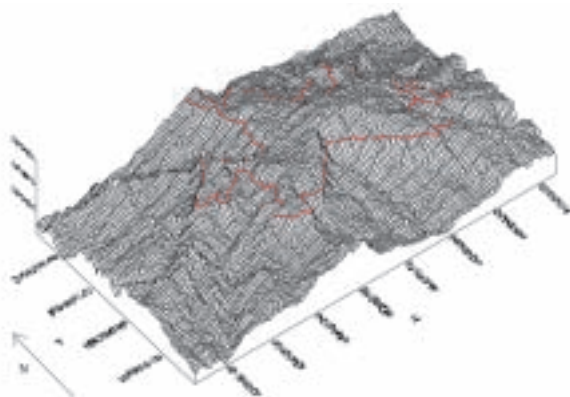


Figura 2.- MDT a partir de cartografía a escala 1/25.000.

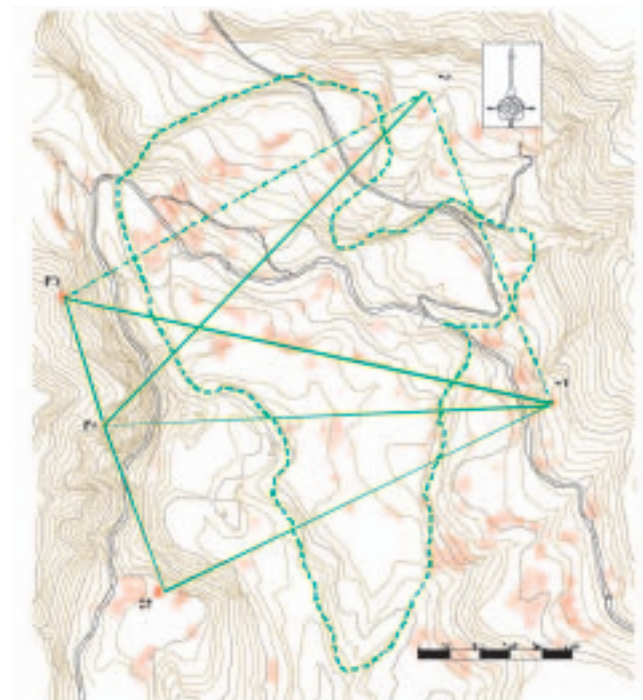


Figura 3.- Red de apoyo para el control del deslizamiento.

# Leica SmartRover Movimiento ligero

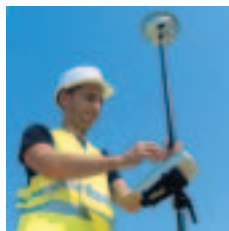


BLUETOOTH

WINDOWS CE

SMART TRACK

## El GPS RTK en bastón sin cables más ligero del mundo. La última innovación de Leica Geosystems



El nuevo **Leica SmartRover** es la solución GPS todo en el bastón más ligera del mundo y es totalmente compatible con el SmartStation, la primera estación total del mundo con el GPS integrado. Usa SmartStation para estacionar tu estación total y después cambia la SmartAntenna para continuar

el trabajo en GPS RTK con la solución todo en el bastón SmartRover. Disfrute de las excepcionales prestaciones del GPS todo en el bastón más ligera del mundo. Reduce la fatiga del operador y maximiza la productividad, el nuevo SmartRover de **Leica Geosystems**, el especialista en topografía.

### Leica SmartRover

- Todo en el bastón
- Pesa sólo 2,8 kg
- Totalmente compatible con el Leica System 1200 y el SmartStation
- Windows CE y tecnología sin cables Bluetooth™ con tres puertos
- Los mejores resultados GPS con SmartTrack y SmartCheck
- Tu compañero perfecto para las tareas más exigentes

El nuevo GPS SmartRover se lanza como la solución completa sin cables, proporcionando la máxima flexibilidad con menos componentes. Es totalmente compatible con el SmartStation y está diseñado para crecer con sus necesidades. Quítese un peso de encima y de sus espaldas y llámemos para pedir una demostración del nuevo SmartRover. No se arrepentirá de haberlo probado.



**Figura 4.- Esquema del deslizamiento.**

Estos puntos testigos se establecieron en función de una serie de cicatrices del terreno, que limitan una sucesión de cuerpos deslizados (rellanos), y cuyo grosor disminuye en sentido descendente (fig. 4).

Para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos, estos puntos se materializaron a partir de unos perfiles previamente proyectados sobre una cartografía de la zona, a escala 1/5.000, y posteriormente replanteados en el terreno (fig. 5).

#### Conclusiones:

Aunque normalmente este tipo de control de deslizamientos se realiza con tecnología GPS, con este trabajo se pudo comprobar cómo la aplicación de metodologías clásicas en zonas con grandes dificultades para la observación con GPS, da excelentes resultados desde el punto de vis-



**Figura 5.- Red de puntos testigo.**

ta de la precisión y también del rendimiento en las observaciones de campo.

Este trabajo formó parte de un Proyecto Europeo titulado "Major risk from rapid, large-volume landslides in Europe: the design and testing of new techniques for hazard assessment and mitigation" (RUNOUT) (Contrato nº ENV4-CT97-0527 DGXII Comisión Europea para la Ciencia, la Investigación y el Desarrollo).

En la actualidad se continúa realizando observaciones en la zona y los trabajos realizados hasta el momento, además de servir de base para el proyecto europeo, resultaron determinantes para la tesis doctoral titulada "Los depósitos de deslizamiento de las Cuencas de Tirajana y de Tente-niguada, Gran Canaria" defendida por D. Aitor Quintana Uribe en julio del 2003.

### 3. Estudio magnético de la cabecera del barranco de Los Cernícalos, Reserva Natural Especial de Los Marteles, Gran Canaria (1999)

#### Objetivo propuesto:

El objetivo de este trabajo fue el realizar un estudio de las anomalías magnéticas en la Reserva Natural Especial de Los Marteles, que permitiera analizar la estructura geológica de esta área volcánica, debido a la alta imanación natural que presentan los materiales que la constituyen.

#### Trabajos topográficos:

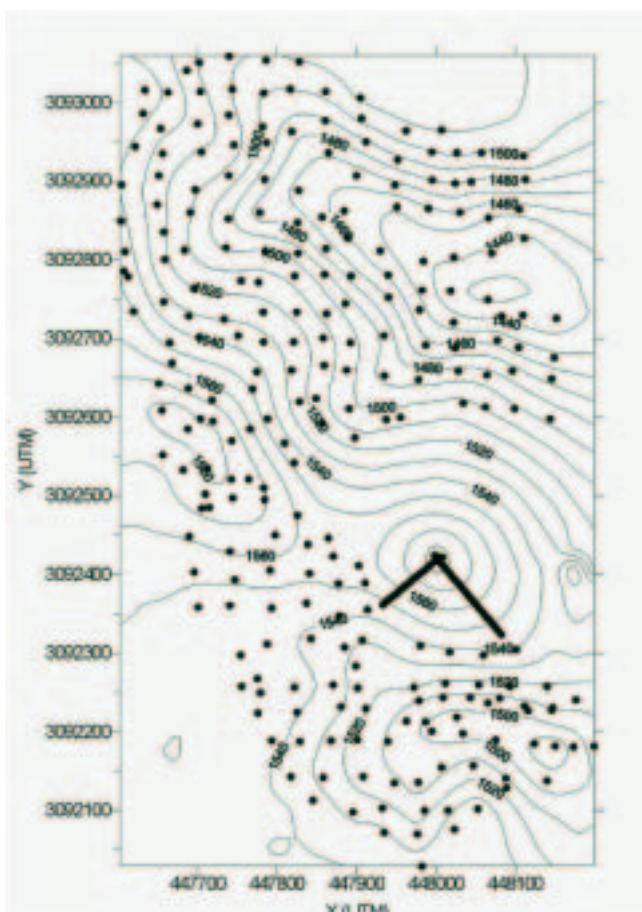
La primera fase de este trabajo consistió en la observación de una red de apoyo planialtimétrica, teniendo en cuenta la visibilidad sobre la zona de estudio.

Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico, a escala 1/500, con el objeto de obtener un modelo digital del terreno de alta calidad métrica. Sobre este modelo digital se diseñaron la distribución de puntos donde se deberían tomar las medidas magnéticas (fig. 6), replanteándose posteriormente en el terreno dichos puntos. La técnica topográfica permitió materializar en el terreno los puntos con una precisión superior a un centímetro, pudiendo llevar a cabo observaciones en mallas de puntos con una alta resolución espacial. Esto fue determinante, sobre todo en el estudio de pequeños diques volcánicos existentes en la zona de trabajo.

#### Conclusiones:

La utilización de una metodología topográfica precisa y un reconocimiento geológico exhaustivo de los diferentes materiales volcánicos permitieron un análisis de anomalías magnéticas en regiones de pequeña extensión, como fue esta zona de estudio (1 km x 0,6 km).

Estos trabajos formaron parte del proyecto de investigación "Prospección magnética en la Reserva Natural Especial de Los Marteles. Interpretación Geológica y Geofísica" (UNI2000/14) concedido por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



**Figura 6.- Distribución de puntos donde se realizaron las medidas magnéticas.**

**4. Estudio topográfico de la disposición espacial de depósitos volcano-sedimentarios pliocenos aflorantes en sectores costeros del norte y nordeste de Gran Canaria. Análisis geológico y modelado geofísico (2000-2002)**

*Objetivo propuesto:*

El objetivo de este proyecto fue la obtención, por métodos topográficos, de la disposición espacial de dos niveles costeros antiguos al N-NE de Gran Canaria. Uno es un nivel sedimentario formado por la actividad marina y otro en la transformación de lavas submarinas (*pillow-lavas*) (fig. 7) a subaéreas (*pahoehoe*).

Para entender un poco este proyecto, habría que decir que en el Plioceno (hace aproximadamente unos 4 millones de años) al estratovolcán Roque Nublo estaba en plena actividad en la isla de Gran Canaria y las lavas basálticas que de él manaban corrían por los barrancos hasta la costa, fundamentalmente hacia los sectores del N y NE. Cuando estas lavas penetraban en el mar desarrollaban unas estructuras características denominadas *pillow lavas* o lavas almohadilladas, las cuales se iban superponiendo a los depósitos sedimentarios marinos que se estaban formando en esos sectores costeros. Al irse acumulando estas lavas almohadilladas iban ganando terreno al mar, de forma que a partir de un momento las siguientes lavas ya se enfriaban en condiciones subaéreas (lavas *pahoehoe* de tipo cordadas) (fig. 8).



**Figura 7.- Fotografía de las pillow-lavas sobre una antigua playa.**

De esta forma, el contacto entre las lavas almohadilladas y los depósitos sedimentarios marinos marcan la paleotopografía del fondo marino de esa época, mientras que la transición *pillow-lavas* a *pahoehoe* la del nivel del mar (fig. 9).

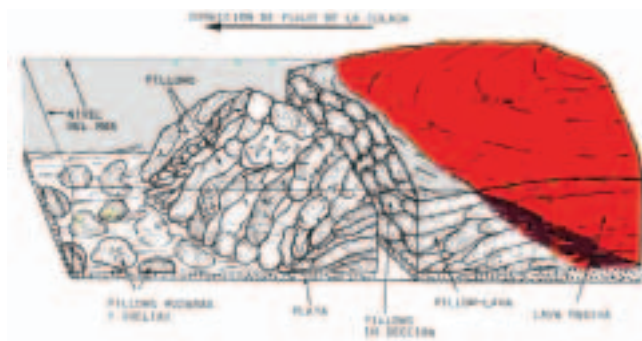
Este estudio consta de dos fases; una primera fase se realizó con un proyecto en el año 2000, pero al observar las interesantes conclusiones que se obtuvieron a partir de este trabajo topográfico, se amplió la zona de estudio con otro proyecto, apoyado en el anterior, en el año 2002.

*Trabajos topográficos:*

La primera fase de este trabajo consistió en la observación de una red de apoyo planialtimétrica. Esta red de apoyo debía tener una ubicación muy condicionada por la disposición de los afloramientos geológicos, que estaban muy alejados entre sí

Posteriormente se realizó el levantamiento topográfico de cada uno de los afloramientos. Estos levantamientos consistieron en la determinación espacial de cada uno de los niveles antes señalados.

Aunque todos los puntos se obtuvieron tridimensionalmente, el dato más importante era la altura de cada uno de ellos con respecto al nivel medio del mar actual. Para ello se realizaron múltiples poligonales altimétricas desde la red de nivelación de precisión hasta las zonas de estudio. En las zonas donde no estaba establecida la red de precisión, se obtuvieron los datos directamente del mar.



**Figura 8.- Esquema de formación de las pillow-lavas.**



**Figura 9.** El nivel sedimentario se depositó por encima de los conglomerados de cantos fonolíticos del Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas (a). Por encima, aparecen lavas basálticas del Ciclo Roque Nublo. En un primer tramo, estas lavas son submarinas (b) tipo “pillow-lavas”, y en el tramo superior son subaéreas (c) tipo “pahoehoe”.

El otro aspecto a tener en cuenta es que los niveles geológicos a observar estaban en paredes verticales y a una altura que no permitía la observación directa con prisma. En los casos en los que la distancia de observación y las características de la roca lo permitieron, estas observaciones se realizaron con instrumentos topográficos que permiten la obtención de distancias sin prismas. En el resto de los casos se realizó mediante intersección directa múltiple.

#### Conclusiones:

Estos trabajos topográficos permitieron cuantificar tres aspectos destacados:

- la reconstrucción paleogeográfica de detalle del fondo marino que se encontraba próximo a la línea de costa en el Plioceno Inferior (hace unos 4 millones de años)
- la superficie ganada a ese mar Plioceno por las erupciones del estratovolcán Roque Nublo y
- la delimitación precisa de un nivel del mar fósil y su comparación con el actual.

A partir de estos datos se elaboraron modelos geológicos y geofísicos para caracterizar los movimientos eustáticos e isostáticos que ha sufrido la isla desde aquella época geológica hasta la actualidad.

Ambos proyectos topográficos apoyaron a los proyectos de investigación titulados “Interrelación entre depósitos volcánicos y sedimentarios en un am-

biente litoral del Plioceno: Formación Detrítica de Las Palmas (Gran Canaria)”, concedido por la Fundación Universitaria de Las Palmas (Programa Innova, nº 016/01, periodo 2001-02) y “Evolución geomorfológica y sedimentaria de una isla oceánica en estadio post-erosivo: la Formación Detrítica de Las Palmas (Gran Canaria, Islas Canarias)”, concedido por la DGES (Acción integrada Hispano-Francesa nº HF2001-0037)

## 5. Levantamiento topográfico y magnético de La Calderilla (Gran Canaria). Análisis Geofísico y Geológico (2003)

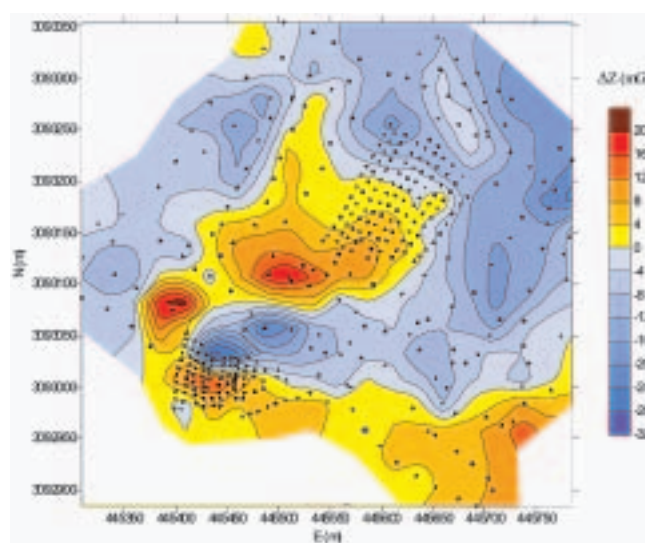
### Objetivo propuesto:

Con la realización de este proyecto se consiguieron dos objetivos: Por un lado, calcular el volumen aproximado de substrato desalojado y colapsado en la generación de la caldera de La Calderilla, el volumen de material propio emitido en sus diferentes erupciones y la reconstrucción de la morfología inicial del edificio volcánico de La Calderilla previo a la formación de su caldera. Estos datos permiten realizar una simulación de los diferentes mecanismos eruptivos y eventos geológicos ocurridos durante la formación del conjunto volcánico de La Calderilla. Por otro lado, se realizó un levantamiento magnético en la zona de estudio.

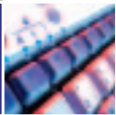
### Trabajos topográficos:

Para realizar el primer objetivo se realizaron levantamientos topográficos a escala 1/1.000 de los perímetros superior e inferior de La Calderilla, del contacto entre el substrato Roque Nublo y los depósitos volcánicos propios de la erupción de este volcán y, en estos depósitos, del contacto entre los de origen freatomagmático y los estrombolianos.

El levantamiento magnético consistió en la observación de dos mallas de puntos. Una primera, con puntos aproximadamente equidistantes 25 metros, que cubría la mayor parte de la región y otra malla, con puntos



**Figura 10:** Distribución de puntos donde se realizaron las medidas magnéticas y mapa de anomalías magnéticas global para la componente vertical del campo geomagnético,  $OZ$ .



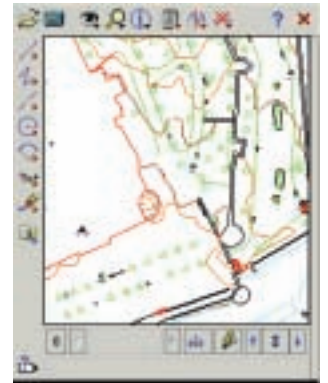
## POCKET & CARTOMAP 5.5

*Pocket CARTOMAP* facilita el trabajo en obra con diversos aparatos GPS, estaciones totales manuales, motorizadas y robotizadas en modo remoto, distanciómetros... de diferentes fabricantes (Leica, Topcon, Trimble...) y con diferentes equipos Pocket PC (Itronix, Topcon FC100, Trimble Recon y ACU Leica Allegro...). La rapidez, calidad y funcionalidad de *Pocket CARTOMAP 5.5* establecen un nuevo hito en la operativa diaria del trabajo en obra y proporciona una plataforma de trabajo homogénea para todo su parque de instrumentos.

*CARTOMAP* facilita la intercomunicación entre campo y oficina técnica para la mayor eficacia en la elaboración de proyectos y ejecución de Obras de Ingeniería Civil, Urbanismo, Minería, Hidrología, Aeropuertos, Catastro, Agrimensura...

**Puede solicitarnos una demostración adecuada a su problemática, sin ningún compromiso.**

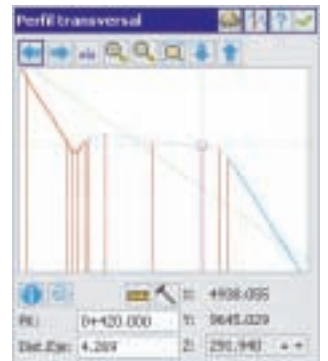
Captura de datos · Topografía analítica de campo · Modelo del Terreno · Curvado · Completo CAD 2D/3D · Croquis automático asociativo · Perfiles longitudinales · Perfiles transversales · Rasantes · Replanteo · Control de calidad · Secciones tipo · Ficheros shapefiles · y mucho más...



El autocroquis realiza el dibujo en tiempo real, según la codificación.



Se pueden incorporar ortofotos junto con cartografía en formato DXF.



Se puede replantear cualquier punto y en cualquier PK, con funciones específicas y control de calidad.

# POCKET & CARTOMAP

## ¡Desde 600€!

aproximadamente equidistantes 10 metros, que cubría el fondo de La Calderilla (fig. 10).

Estas mallas fueron proyectadas sobre el levantamiento topográfico obtenido previamente y, una vez definidos los puntos a observar, se replantearon en campo al mismo tiempo que se realizaron las observaciones magnéticas.

Los objetivos de estas mallas son el estudio regional de La Calderilla con la primera malla, y un estudio local buscando diques alimentadores con la segunda malla.

#### Conclusiones:

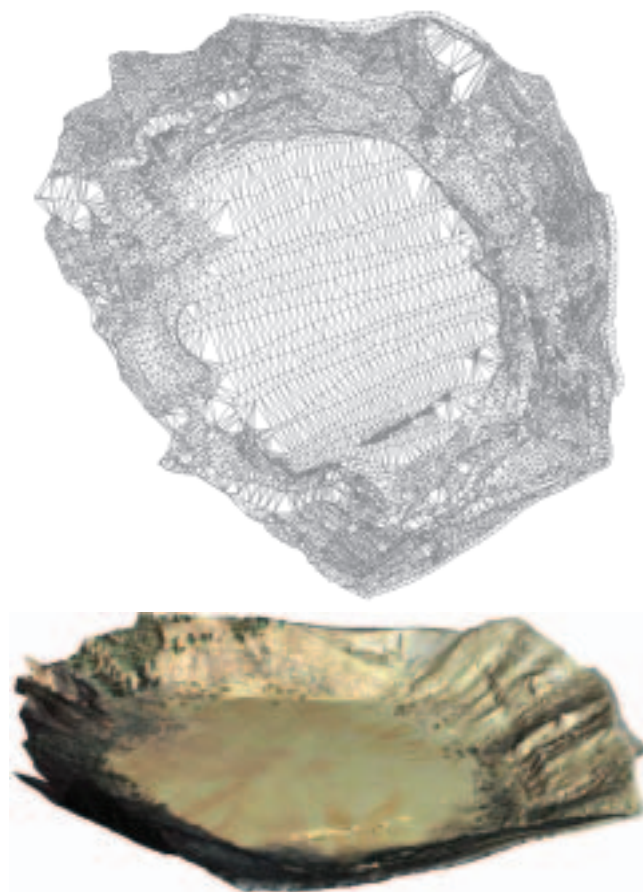
A partir de los resultados obtenidos de los levantamientos topográficos se llegó a la conclusión de que en La Calderilla se produjo un colapso vertical. Estos colapsos verticales se producen como una respuesta gravitatoria a varios factores: vaciado brusco del magma en el subsuelo, acumulación de material ejerciendo carga en la superficie, conductos debilitados a causa de los mecanismos explosivos.

El levantamiento magnético permitió detectar la estructura profunda de este conjunto volcánico, evidenciando la existencia de diques alimentadores. Según los parámetros del modelo calculado, este dique se encontraría a una profundidad que oscilaría entre 30 y 35 metros respecto de la superficie siguiendo el eje vertical del dique. Futuros trabajos completarán este estudio inicial de interpretación que se ha realizado en este proyecto. Hay que destacar, sin embargo, que el trabajo técnico de medición y posicionamiento de los puntos, así como el levantamiento topográfico realizado, son los que permitirán que estos trabajos sean rigurosos.

## 6. Levantamiento topográfico y magnético de la Caldera de Los Marteles (Gran Canaria). Delimitación topográfica de depósitos volcánicos y control geodinámico. Análisis Geofísico y Geológico (2003)

#### Objetivo propuesto:

El objetivo de este proyecto fue la realización de trabajos geológicos y geofísicos encaminados a la obtención de información acerca de la estructura volcánica de la Caldera de Los Marteles, que, junto a la anterior de La Calderilla, representan unos de los eventos volcánicos más jóvenes de Gran Canaria (datados en unos 90.000 años). Los trabajos geofísicos consistieron en la realización de medidas magnéticas que permitieran realizar hipótesis sobre la estructura interna de la Caldera a partir de la aplicación de modelos adecuados. Estos trabajos, conjuntamente con los trabajos geológicos, permitieron la identificación y delimitación de depósitos volcánicos así como la realización de medidas paleomagnéticas, ayudando a establecer la evolución de las distintas estructuras volcánicas que constituyen la zona de estudio. Como punto de partida para los trabajos geofísicos y geológicos se realizó un levantamiento topográfico de detalle a escala 1/500 (fig. 11).



**Figura 11: MDT de la caldera de Los Marteles a partir del levantamiento topográfico a escala 1/500.**

Al mismo tiempo, se estableció una red de control topográfico sobre el conjunto de fracturas geológicas localizadas en el fondo de la Caldera. Esta red de control permitirá la toma de medidas periódicas para el establecimiento de su actividad, si la tuviera. El análisis de estas medidas, conjuntamente con medidas magnéticas, llevaría a establecer la causa de su formación y sus relaciones con la estructura de la Caldera. No obstante, dado que estos movimientos, si existieran, serían inapreciables en un corto período de tiempo, en este proyecto sólo se llevó a cabo la primera fase de toma de medidas.

#### Trabajos topográficos:

La primera fase de este trabajo consistió en la observación de una red de apoyo planialtimétrica, teniendo en cuenta la visibilidad sobre la zona de estudio. A partir de esta red de apoyo se realizó un levantamiento topográfico a escala 1/500 de la Caldera de los Marteles.

También se estableció una red de control para las fracturas existentes en los bordes NE y S del fondo de la Caldera y unos levantamientos de detalle de dichas fracturas a escala 1/100. A partir de estos levantamientos se realizaron una serie de perfiles longitudinales y transversales de las fracturas.

A partir de los datos obtenidos en campo se realizó una delimitación topográfica de los materiales volcánicos más importantes aflorantes en los

bordes de la Caldera y se confeccionó un plano temático a escala 1/2.000.

Finalmente, se realizó un levantamiento magnético y se confeccionaron los distintos mapas de isodinámicas.

*Conclusiones:*

Gracias a los resultados obtenidos en este proyecto se ha empezado a entender cómo ha podido ser la génesis y evolución de tal edificio. Se ha podido constatar cómo la interrelación de medidas topográficas precisas con medidas geofísicas y análisis geológicos permite desarrollar modelos estructurales del subsuelo. Esto se ha puesto de manifiesto en la disposición espacial del sustrato en el interior de la base de la Caldera, así como en el seguimiento en el subsuelo de un dique aflorante en las paredes de la caldera.

Algunos de los resultados más relevantes de este proyecto fueron:

- Presentación de un posible modelo estructural del subsuelo de la Caldera en la zona de la base coherente con las anomalías magnéticas observadas. Este modelo se basa en un grosor de sedimentos medio de 3,75 m y un sustrato con una potencia media de 77 m. Esto ha permitido calcular el volumen de sedimentos con un valor de 283.037,9 m<sup>3</sup> y un ritmo de sedimentación medio anual de 3,33 m<sup>3</sup>/año.
- Levantamiento topográfico de detalle a escala 1/100 de la zona de fracturas para el control geodinámico de tal estructura en trabajos futuros. Así mismo se realizó un levantamiento magnético de alta resolución que ha puesto de manifiesto una posible zona de inestabilidad, responsable de la aparición de tales fracturas.
- Análisis estructural de un dique, encontrando su posición en el subsuelo a través de anomalías magnéticas y un modelo bidimensional adecuado a tales anomalías.
- Análisis geológico de los materiales del subsuelo de la Caldera en la zona de la base y en la zona de diques con la ayuda del modelo geofísico y el estudio paleomagnético.



Figura 12: Disposición de los distintos afloramientos.

**7. Estudio topográfico y geológico de los depósitos de tsunami de Agaete, Gran Canaria. Modelización numérica del tsunami (2004)**

*Objetivo propuesto:*

En el Valle de Agaete (NO de Gran Canaria) afloran una serie de depósitos sedimentarios con fósiles marinos de edad Pleistocena a diferentes cotas (fig. 12). A pesar de que estos depósitos han sido objeto de numerosos estudios desde principios del siglo XX, existía una profunda controversia en su interpretación. Mientras que para unos autores eran representativos de la normal progradación del mar por ascensos eustáticos, otros autores los interpretaban como fruto de un evento catastrófico e instantáneo de tipo tsunami, provocado por un deslizamiento gigante en el Valle de Güimar en la vecina isla de Tenerife.

Para resolver este dilema se consideró la necesidad de una serie de estudios detallados, entre los que destacan los topográficos y geomorfológicos.

*Trabajos topográficos:*

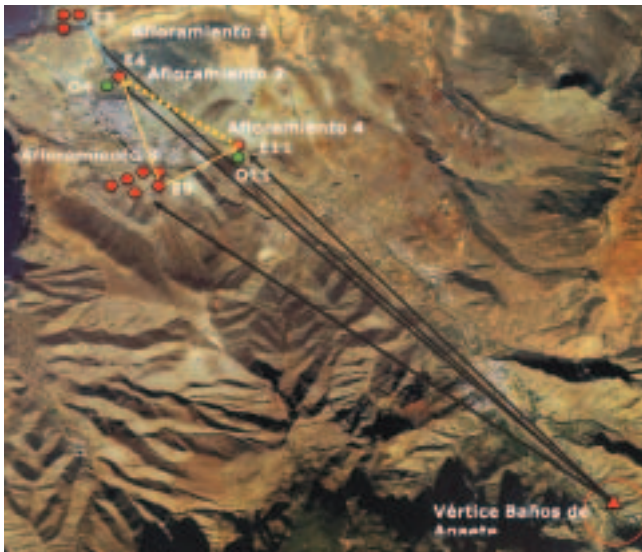
El trabajo estrictamente topográfico consistió en la realización de los levantamientos topográficos de las distintas zonas de estudio, con el objetivo de obtener posteriormente una cartografía geológica de alta precisión. Para ello se realizó, en primer lugar, una red de apoyo planialtimétrica que enlazara las distintas zonas de estudio, ya que éstas estaban muy alejadas entre sí. A partir de esta red de apoyo se realizaron levantamientos a escala 1/500 ó 1/200 de las zonas de estudio, donde se identificarán los distintos contactos geológicos y todos los datos necesarios para una buena interpretación geológica y geofísica.

*Conclusiones:*

La aportación topográfica más importante de este proyecto fue el facilitar con gran precisión una cartografía detallada de las zonas objeto de estudio como base a los estudios geológicos y geofísicos y, sobre todo, el determinar las alturas y las pendientes exactas de los diferentes afloramientos de esos depósitos marinos (fig. 13). Gracias a esos datos se pudo demostrar que los depósitos marinos del Valle de Agaete tenían su origen en un deslizamiento en el sur de Tenerife, que generó una ola



Figura 13: Gráfico con las distintas alturas y pendientes de los distintos afloramientos.



**Figura 14: Red de apoyo que relaciona geográficamente los distintos depósitos marinos del tsunami de Agaete.**

gigante que se dirigió hacia Gran Canaria, ocasionando un tsunami que llegó hasta unos 90 metros por encima del nivel del mar actual. Esto ocurrió hace unos 800.000 años.

Tanto este trabajo, como los anteriores de las calderas de Los Marteles y Calderilla, formaron parte del proyecto de investigación titulado “Estudio del volcanismo reciente de carácter básico en la isla de Gran Canaria” (PI 2002/148), concedido por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno Autónomo de Canarias para el periodo 2003-2005.

### 3. ¿QUÉ APORTACIONES OFRECE LA TOPOGRAFÍA A ESTE TIPO DE INVESTIGACIONES?

Con los trabajos reseñados anteriormente se ha podido comprobar que el disponer de un estudio topográfico, adecuado a las necesidades de la investigación a realizar; aporta un valor añadido y distintivo muy importante que ofrece seguridad y continuidad a los científicos en sus investigaciones.

En este apartado lo que se pretende es clasificar las aportaciones más significativas que la técnica topográfica ofrece a este tipo de investigaciones.

Aunque la mayor parte de las aportaciones que se expondrán seguidamente son aplicables a cualquier proyecto de investigación, se destacará en cada uno de ellos dónde han sido especialmente importantes y han supuesto un valor significativo a la investigación.

#### 3.1. Georreferenciación de distintas áreas geográficas de investigación

Esta aportación ofrece la posibilidad de relacionar geográficamente distintos lugares, donde se realizan investigaciones relacionadas entre sí, en

un mismo sistema de referencia. Este sistema de referencia es, normalmente, el Sistema de Referencia Oficial.

Como sabemos, la técnica topográfica permite relacionar distintas áreas geográficas muy alejadas entre sí. Esto es especialmente importante en altimetría, ya que la cartografía existente puede dar, en algunos casos, una precisión suficiente para estos estudios en planimetría, pero no en altimetría.

El establecimiento de una red topográfica específica en cada caso posibilita también que se pueda proyectar el grado de precisión de las observaciones en función de las necesidades del estudio.

Esta aportación fue decisiva para relacionar entre sí los distintos depósitos volcano-sedimentarios pliocenos aflorantes en sectores costeros del norte y nordeste de Gran Canaria (4), esto fue especialmente significativo en su aspecto altimétrico. Con el establecimiento de redes de apoyo específicas se consiguió relacionar los distintos niveles sedimentarios conocidos muy distantes entre sí, aspecto fundamental para los objetivos de la investigación.

Como muestra de la necesidad de relacionar entre sí las distintas zonas de estudio, destacar que el análisis de los datos obtenidos posibilitó la medición de un salto de falla que no había sido constatado con tanta precisión.

Por otro lado, el establecimiento de un sistema de referencia común ha permitido relacionar proyectos de investigación que inicialmente eran proyectos totalmente independientes, pero que luego se han podido relacionar entre sí. Es el caso de los trabajos realizados en la Reserva Natural Especial de Los Marteles, que son los proyectos (1), (3), (5) y (6).

Por último, esta aportación fue muy importante para relacionar entre sí, sobre todo altimétricamente, los distintos depósitos marinos del tsunami de Agaete (7) (fig. 14), que fue uno de los puntos más importantes para apoyar la segunda hipótesis expuesta en esta investigación.

#### 3.2. Creación de cartografía de precisión y modelos gráficos tridimensionales

Esta aportación permite que el científico disponga de una cartografía de la zona de trabajo que esté actualizada, sea fiable y que esté realizada a una escala adecuada para los objetivos de la investigación (fig. 15).

La realización de modelos tridimensionales a partir de levantamientos topográficos de alta calidad son una herramienta indiscutible para los trabajos geomorfológicos y, por extensión, vulcanológicos. Por ejemplo, para discernir entre una hipótesis de desalojo explosivo o colapso gravitatorio de un sustrato en una caldera volcánica, el mejor parámetro es el cálculo tridimensional de los volúmenes de los depósitos piroclásticos generados en las erupciones explosivas y del volumen del hueco de sustrato observado en las calderas (fig. 16). Si el primero es igual o superior al segundo, la hipótesis de caldera explosiva toma cuerpo; por el contrario, si el primer volumen es muy inferior al segundo (como ocurrió en la caldera de La Calderilla), se debe asumir una génesis de colapso gravitatorio.

Un pequeño "bulto" en la tecnología,  
y un gigantesco salto para los topógrafos.



### **Sistema Trimble R8 GNSS**

Optimizado. Avanzado. Perfecto...

Diseñado para maximizar la flexibilidad y minimizar el tiempo de inicialización, el sistema Trimble R8 GNSS le mantiene al día con los últimos avances en señales para brindar mayor precisión y productividad en el campo de trabajo. Combinando un diseño de sistema con una probada trayectoria y que brinda una avanzada tecnología, el Trimble R8 GNSS es un importante paso hacia adelante en la industria de la topografía. En otras palabras, lo mejor acaba de mejorarse.

### **Soporte GNSS**

La tecnología Trimble *R-Track* le permite utilizar ambas señales GPS modernizadas: L2C y L5 y GLONASS L1/L2. Más capacidad de seguimiento de satélites se traduce en un incremento en la productividad tanto ahora como en el futuro.

### **Sistema de probado diseño**

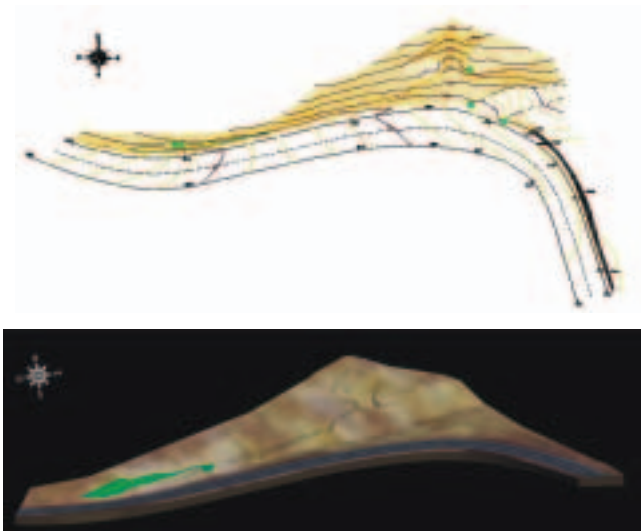
Es de Trimble, así que usted siempre tendrá la última tecnología – peso liviano, comunicaciones flexibles y construcción robusta. Pudiendo ser utilizada como una base o como una unidad móvil, ofrece un funcionamiento simple e inalámbrico.

### **Conéctese**

Puede crear una solución completa Trimble I.S. Móvil, agregando un prisma al bastón de su móvil GPS. Y, como todo producto Trimble, el sistema R8 GNSS se adapta sin problemas al "Trimble Connected Survey Site".

Para descubrir lo lejos que hemos llegado y lo lejos que usted puede llegar, visite: [www.trimble.com/gnss](http://www.trimble.com/gnss)

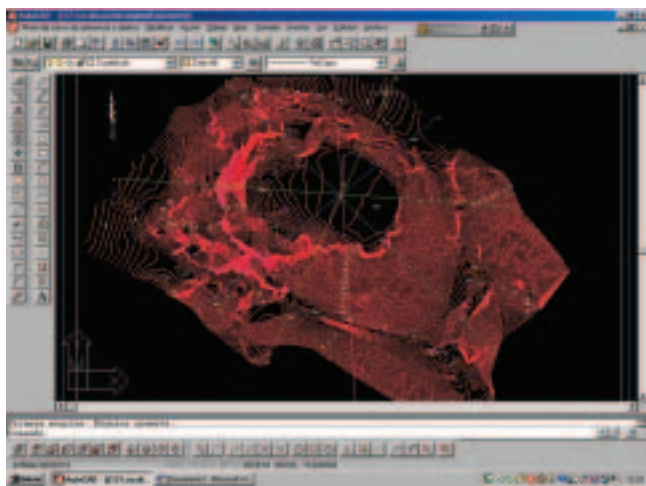




**Figura 15: Levantamiento topográfico y modelado tridimensional de uno de los depósitos marinos del tsunami de Agate.**

Con respecto al área de investigación geomagnética, los modelos tridimensionales permiten localizar en el contexto apropiado las diferentes masas anómalas magnéticas que dan lugar a las anomalías magnéticas observadas en superficie. De esta forma se puede caracterizar la estructura subterránea del edificio volcánico estudiado, proyectos (3), (5) y (6).

Para los trabajos conducentes a la obtención de correcciones topográficas, proyecto (1), es de vital importancia un modelo tridimensional de la superficie topográfica con alta precisión. El cálculo de la corrección topográfica es muy sensible al modelo digital del terreno utilizado para su cálculo, principalmente en el área cercana al punto de estudio. Aquí es donde un levantamiento topográfico preciso se hace imprescindible para poder analizar las anomalías gravimétricas que se pudieran observar en un trabajo posterior. Errores y falta de precisión en este levantamiento, en zonas con relieves tan irregulares como los de la isla de Gran Canaria, pudieran llevar a conclusiones falsas en estudios gravimétricos posteriores.



### 3.3. Posibilidad de obtención de información muy específica en función de la investigación que se está desarrollando

La técnica topográfica permite obtener información específica que difícilmente se puede conseguir por otras vías. Este es el caso, por ejemplo, de la determinación espacial de los distintos depósitos marinos en los proyectos (4) y (7), que de otra forma hubiera sido imposible de obtener debido a la configuración espacial e inaccesibilidad de los mismos (fig. 17).

También ha posibilitado la determinación con gran precisión de los contactos entre los distintos sustratos geológicos inaccesibles y distantes entre sí, aspecto muy interesante en cualquiera de los estudios geológicos realizados, sobre todo en los proyectos (5) y (6).

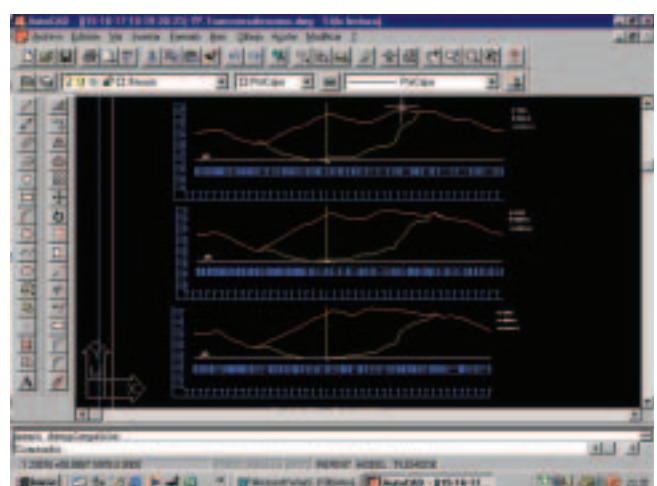
Es necesario comentar también cómo la combinación de distintas técnicas topográficas posibilitó el estudio del deslizamiento de laderas en una zona complicada como Rosiana (2).

### 3.4. Posibilidad de continuidad de la investigación a lo largo del tiempo

El poder relacionar medidas realizadas a lo largo del tiempo y referidas siempre a los mismos puntos de observación, es una característica importantísima que aporta la topografía en este ámbito de estudio.

Esta es una de las aportaciones fundamentales de la topografía en el control de los deslizamientos de Rosiana (2), donde se han seguido realizando mediciones semestrales desde el comienzo del proyecto hasta la actualidad.

También ha sido un recurso que se ha tenido en cuenta para realizar el control topográfico sobre el conjunto de fracturas geológicas localizadas en el fondo de la Caldera de Los Marteles (6), donde se piensa realizar medidas periódicas.



**Figura 16: Levantamiento de La Calderilla y perfiles para su posterior cubicación.**



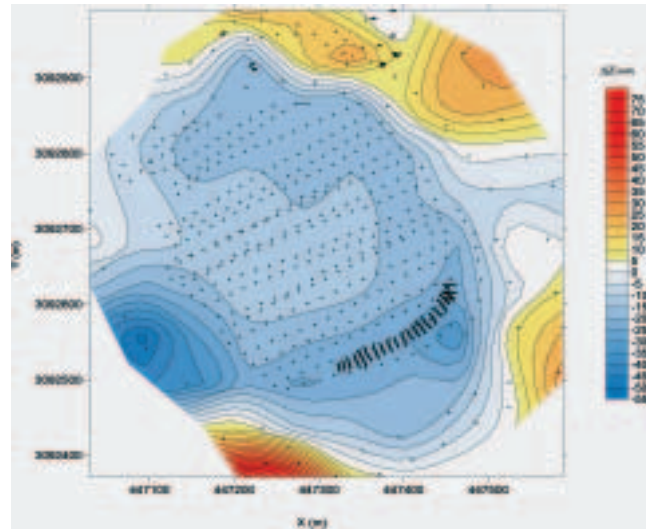
**Figura 17:** Disposición espacial de los depósitos volcánicos sedimentarios aflorantes en sectores costeros de Gran Canaria.

### 3.5. Posibilidad de proyectar sobre cartografía de máxima calidad las observaciones que el científico necesita y luego replantearlas en el terreno con un grado de precisión adecuado

Esta es una aportación fundamental en aquellos proyectos donde se requiera de un levantamiento magnético, sobre todo si la zona de estudio tiene una superficie pequeña. Es especialmente útil para realizar estudios magnéticos de detalles geológicos que tienen una determinación espacial muy concreta.

Sobre la cartografía realizada específicamente de la zona de trabajo, se podrá proyectar la distribución más adecuada (normalmente una malla con una equidistancia preestablecida) de los puntos que definirán el levantamiento magnético. Al disponer de las coordenadas de estos puntos, se podrán replantear posteriormente en el terreno con una precisión determinada y realizar simultáneamente las observaciones magnéticas. Esto permite disponer de un levantamiento magnético que se corresponda perfectamente con lo proyectado por el científico que va a utilizar estos datos (fig. 18).

Para la realización simultánea del replanteo y la medida magnética, se construyó una plataforma de aluminio que se adaptaba perfectamente al jalón del prisma. Sobre esta plataforma se instala el magnetómetro para



**Figura 18:** Posición de las medidas magnéticas replanteadas en la caldera de Los Marteles. Se puede observar la diferencia entre la densidad y disposición espacial de las observaciones realizadas en el fondo de la caldera y las realizadas en las fracturas.

realizar las medidas magnéticas de la componente vertical del campo geomagnético, y una brújula magnética para orientar el jalón y así poder reducir los pequeños errores cometidos al no tener una verticalidad perfecta para la medición de la componente vertical.

Como ejemplo de la utilidad de esta aportación se puede reseñar el levantamiento magnético realizado en el barranco de Los Cernícalos (3), donde se realizó una malla homogénea con una equidistancia de 25 metros a lo largo de toda la zona de estudio, pero en una serie de diques volcánicos con una determinada disposición espacial, que eran muy interesantes para el investigador, se proyectó una distribución de puntos específicos con una equidistancia de 1 metro entre los puntos de observación, inferior al resto de la zona.

También aportó muchas ventajas este sistema de trabajo en los levantamientos magnéticos de La Calderilla (5) y de Los Marteles (6), donde se proyectaron, en ambos casos, diferentes mallas de observación en función del objetivo que se pretendía estudiar.

**Tabla 1**

	<b>APORTACIONES</b>
<b>Georeferenciación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de relacionar geográficamente distintos puntos de estudio.</li> <li>• Red de apoyo con un grado precisión acorde con las necesidades de estudio.</li> </ul>
<b>Cartografía de precisión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de una cartografía actualizada, fiable, y a una escala adecuada como documento básico de interpretación de datos.</li> <li>• Documento necesario para el cálculo de superficies y volúmenes con una cierta precisión</li> <li>• Documento facilitador de una visión tridimensional del terreno.</li> </ul>
<b>Información específica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de información específica en función de las necesidades de la investigación difícilmente obtenidas por otros medios.</li> </ul>
<b>Continuidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de realizar medidas y relacionarlas entre sí a lo largo del tiempo</li> </ul>
<b>Proyección y replanteo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de proyectar las observaciones necesarias en función de las necesidades de estudio.</li> <li>• Posibilidad de materializar en campo la posición exacta de la observación previamente proyectada.</li> </ul>



**Figura 19: Prisma con una plataforma de aluminio con el aparato registrador digital y la brújula para realizar la orientación.**

En el caso de La Calderilla se realizó una malla con puntos aproximadamente equidistantes 25 metros que cubrían la mayor parte de la región, y otra malla con puntos aproximadamente equidistantes 10 metros, que cubrían el fondo de la caldera.

En el caso de la caldera de los Marteles se realizó una malla de puntos que abarcara el conjunto del área a estudiar y otra malla de puntos más densificada en aquellas zonas donde existían depósitos volcánicos que el científico consideraba más interesantes.

En la tabla I se resumen las distintas aportaciones de la topografía en el ámbito de la Geofísica y la Geología comentadas anteriormente.

#### 4. CONCLUSIONES

- La Topografía es una potente herramienta capaz de facilitar importantes recursos, entre los que se han destacado cinco, para la realización de proyectos de investigación de alta calidad en el ámbito de la Geología y la Geofísica.
- La realización de trabajos de investigación con una actitud de cooperación multidisciplinar aporta una visión mucho más amplia y real del objeto investigado. Al mismo tiempo, implementa, frente a un mismo objetivo, distintas sensibilidades que le dan un valor añadido al trabajo realizado.
- En el contexto donde se ha realizado esta experiencia, se puede señalar que el realizar proyectos fin de carrera en esta línea de trabajo ha posibilitado un proceso de enseñanza-aprendizaje de muy alta calidad para los alumnos y tutores que hemos tenido la satisfacción de trabajar juntos.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

En este apartado quisiéramos agradecer a los Ingenieros Técnicos en Topografía D. Juan Francisco Domínguez, D. Juan Manuel Hamad Campos, D. Javier Martín, D. Alberto Galiana, D<sup>a</sup> María del Carmen Báez Gonzá-

lez, D<sup>a</sup> Antonia María Melián Hernández, D. Claudio Moreno Bolaños, D<sup>a</sup> Anacua González Tapias, D. Jesús Marcos Monzón, D<sup>a</sup> Cristina Rodríguez Díaz, D<sup>a</sup> Josefa Estupiñán Sánchez, D<sup>a</sup> María del Mar Mesa Moreno, D<sup>a</sup> Yaiza Lorenzo Carmona, D<sup>a</sup> Carmen Gloria Morales Perera, su esfuerzo y dedicación en la realización de sus respectivos proyectos de fin de carrera, ya que hicieron posible lo que anteriormente se ha expuesto.

#### 6. REFERENCIAS

- Proyecto fin de carrera titulado: "Estimación de correcciones topográficas en la Caldera de Los Marteles, Gran Canaria" (1996). Juan Francisco Domínguez. Juan Manuel Hamad Campos.
- Proyecto fin de carrera titulado: "Aplicación de los métodos topográficos para el Control de los deslizamientos de la ladera de Rosiana (Gran Canaria)." (1998) Javier Martín..
- Proyecto fin de carrera titulado: "Estudio magnético de la cabecera del barranco de Los Cernícalos, reserva natural especial de Los Marteles, Gran Canaria." (1999). Alberto Galiana.
- Proyecto fin de carrera titulado: "Obtención por métodos topográficos de la disposición espacial de un nivel sedimentario costero antiguo al N.E. de Gran Canaria. Interpretación Geológica y Geofísica" (2000). María del Carmen Báez González. Antonia María Melián Hernández.
- Proyecto fin de carrera titulado: "Estudio topográfico de la disposición espacial de depósitos volcano-sedimentarios pliocenos aflorantes en sectores costeros del norte y nordeste de Gran Canaria. Análisis geológico y modelado geofísico" (2002). Anacua González Tapias. Claudio Moreno Bolaños.
- Proyecto fin de carrera titulado: "Levantamiento topográfico y magnético de La Calderilla (Gran Canaria). Análisis Geofísico y Geológico." (2003). Jesús Marcos Monzón. Cristina Rodríguez Díaz.
- Proyecto fin de carrera titulado: "Levantamiento topográfico y magnético de la Caldera de Los Marteles (Gran Canaria). Delimitación topográfica de depósitos volcánicos y control geodinámico. Análisis Geofísico y Geológico." (2003). Josefa Estupiñán Sánchez. María del Mar Mesa Moreno.
- Proyecto fin de carrera titulado: "Estudio topográfico y geológico de los depósitos de tsunami de Agaete, Gran Canaria. Modelización numérica del tsunami." (2004). Yaiza Lorenzo Carmona. Carmen Gloria Morales Perera. ■

# PROTOPO 6.0

## DINAMISMO EN AUTOCAD

TOPOGRAFIA

EDIFICACION

URBANIZACIONES

CANTERAS

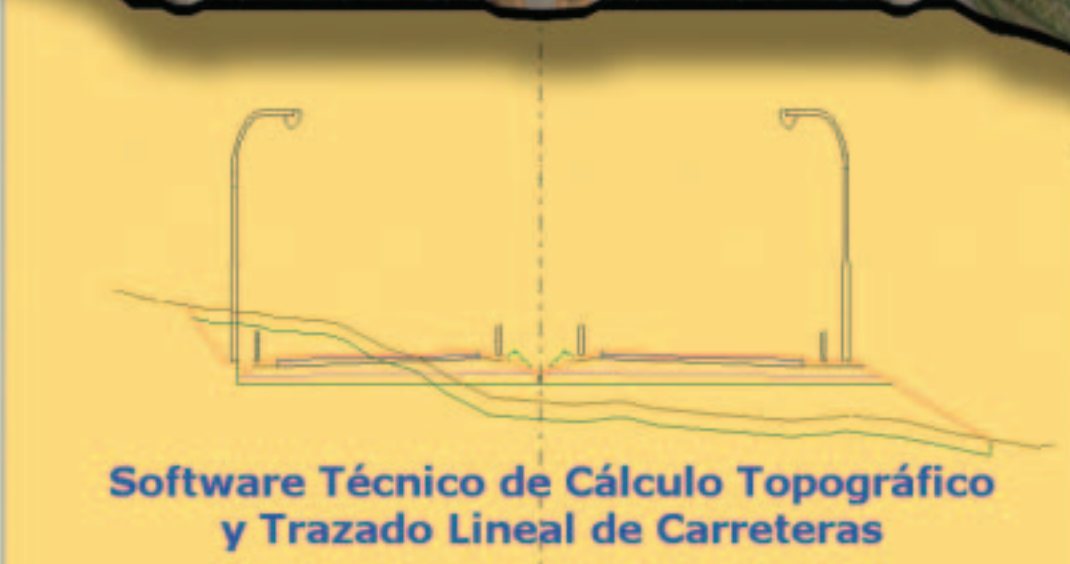
CARRETERAS

APLICACIONES AGRICOLAS

MODELOS DIGITALES DEL TERRENO

Config. Transv. Val. Bases

- Transversales
- 11600.000
- 11610.000
- 11620.000
- 11630.000
- 11640.000
- 11650.000
- 11660.000
- 11670.000
- 11680.000
- 11690.000
- 11700.000
- 11710.000
- 11720.000
- 11730.000
- 11740.000
- 11750.000
- 11760.000
- 11770.000
- PROYECTO
- TERRENO
- VEGETAL
- BASE
- SUB-BASE
- EN-PLANACION
- FIRME
- Barras
- Mobiliario
- Adornos
- 11790.000
- 11790.000
- 11800.000
- 11810.000
- 11820.000
- 11830.000
- 11840.000
- 11850.000
- 11860.000
- 11870.000
- 11880.000



Software Técnico de Cálculo Topográfico y Trazado Lineal de Carreteras

Vértices | Transversales |

ID	Dist.	Cota	Perd.	C.Rise	Ver	Código	Capa
1	02.563	619.970	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	Sin código	TERRENO
2	18.833	619.970	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	Sin código	TERRENO
3	18.833	618.770	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	Sin código	VEGETAL
4	18.833	619.970	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	Talud de desmor.	PROYECTO
5	15.700	618.917	6.865732		<input checked="" type="checkbox"/>	Sin código	VEGETAL
6	15.763	619.217	4.772501		<input checked="" type="checkbox"/>	Sin código	TERRENO
7	15.763	618.957	0.000000		<input checked="" type="checkbox"/>	Sin código	VEGETAL

DISPONIBLE PARA  
AUTOCAD  
2005

# Elaboración de la Documentación Geométrica de Estructuras Afectadas por un Seísmo

Evangelia Lambrou y George Pantazis  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE ATENAS

## Resumen

*Este artículo trata de una metodología para elaborar una documentación geométrica precisa de las edificaciones tras un fenómeno dinámico, como puede ser un terremoto.*

*Se da en él un análisis de la metodología para obtener esta documentación, empleando unas modernas y precisas estaciones totales que puedan funcionar sin señales reflectoras y permitan un rápido y preciso posicionamiento de los puntos, siempre que sea imposible utilizar prismas o señales geodésicas debido a la inaccesibilidad y, a menudo, la natural peligrosidad del entorno. Se calcula también la precisión alcanzada. Se pueden obtener los siguientes diseños o trazados gráficos: planos a distintas alturas, secciones verticales y fachadas. En estos planos quedan registradas las dimensiones de todos los elementos estructurales de la construcción, así como los daños, tales como las grietas, torceduras o colapsos que aparezcan y también los fallos estructurales resultantes del suceso.*

*Toda esta documentación es de gran utilidad, pues permite que tanto los ingenieros como otro personal científico, tengan acceso y puedan hallar los motivos y causas que originaron la destrucción de la estructura. Además, esta documentación será muy útil para reparar sin peligro, si ello fuese posible, la edificación y para establecer unas conclusiones finales lo más completas posibles.*

*Finalmente, se presenta una aplicación de esta metodología sobre una construcción específica que sufrió múltiples daños durante el terremoto del año 1999 en Atenas. Los planos horizontales y las secciones transversales ilustran claramente todas las deformaciones de los elementos estructurales y dan, además, una información detallada acerca de cómo se construyó la edificación.*

## Abstract

*This paper deals with a methodology for the precise geometric documentation of constructions after a dynamic phenomenon such as an earthquake.*

*An analysis of the documentation methodology is given, by using modern accurate total stations which can function without reflectors and allow for fast and accurate positioning of points where it is impossible to use geodetic targets or prisms due to inaccessibility and most often of hazardous nature. The achieved accuracy is calculated. Designs that can be produced are: ground plans at different heights, vertical sections and façades. In those plans the dimensions of all the structural elements of the construction, the damages such as cracks, turns or collapses that appear and the structural failure after the occurrence are all registered.*

*This is a very useful presentation in order to allow engineers or other scientists easy access in order to find the reasons to what caused the structures' destruction. Additionally, this documentation will be useful for the safe repairing of the construction, if possible and for the derivation of the total conclusions.*

*Finally, an application of the methodology is presented, for a specific construction, which had suffered a lot of damages during the 1999 earthquake in Athens. The ground plans and sections illustrate clearly all the deformations in the structural elements and also give detailed information about the way the building was constructed.*

## I. INTRODUCCION

Las deformaciones de las estructuras, originadas por fenómenos naturales violentos, tales como los desplazamientos de la corteza terrestre, terremotos y otro tipo de interferencias y fracturas, son materia de estudio e investigación por parte de muchos geocientíficos. La documentación geométrica de una estructura

es el registro de su forma, tamaño y situación en el espacio tridimensional y en un momento dado.

La geometría de una estructura varía a lo largo del tiempo, debido a múltiples motivos, tales como daños, seísmos y envejecimiento. Cualquier registro viene referido al tiempo de las mediciones.

La documentación geométrica de una estructura es indispensable para hacer un registro completo de su deformación en un momento dado y puede realizarse, para hacerlo con credibilidad, empleando métodos geodésicos y modernas estaciones totales. La aplicación de estos métodos depende de los siguientes parámetros:

- La precisión final requerida de la documentación geométrica
- La elección de una instrumentación adecuada
- El diseño de las mediciones
- La medición de los puntos de detalle con esa misma precisión
- El método de cálculo
- El procedimiento digital de las mediciones y el diseño de los elementos de la estructura
- El procedimiento del control estadístico de los resultados.

Los dibujos que normalmente se obtienen para la documentación geométrica de una estructura, son:

- *El plano general:* Es el plano de la proyección de la estructura y del área colindante sobre el plano horizontal.
- *Secciones horizontales:* Son los planos de la proyección de la estructura sobre diferentes planos horizontales, que seccionan a la misma a diferentes alturas.
- *Secciones verticales (transversales y longitudinales) y fachadas:* Son los planos de la proyección de los elementos verticales de la estructura sobre diferentes planos verticales, que seccionan a la estructura en posiciones seleccionadas específicamente y definidas previamente.

El número total de planos y las posiciones de las secciones horizontales y verticales se definen de acuerdo con la complejidad de la estructura y según las peculiaridades de los elementos que deben figurar, de forma aparente, en los planos de la documentación geométrica.

## 2. ESCALAS Y PRECISIÓN

El procedimiento de documentación geométrica comienza con la definición de la precisión requerida. La precisión requerida en los puntos de detalle es determinada por el usuario de los planos y depende de los estudios en que se vayan a emplear. Dado que, hoy en día, la mayoría de los planos se emplean en forma digital, éste será el criterio básico para la determinación de la precisión del levantamiento topográfico y del procedimiento técnico (métodos e instrumentos). Hoy día es posible alcanzar una precisión de  $\pm 5$  milímetros en la determinación final de las coordenadas **X, Y, Z**. También es muy importante la elección de la escala de trazado de los planos. Esto se suele hacer teniendo en cuenta el tamaño de la estructura, la precisión requerida en los puntos de detalle y el coste total del trabajo.

Las escalas más comunes para la documentación de una estructura son las de 1:100, 1:50, 1:25 y 1:20. La tabla 1 ilustra el máximo permitido de

Escala	Precisión ( $\uparrow_x, \uparrow_y, \uparrow_H$ ) (mm)
1:100	$\pm 25$
1:50	$\pm 13$
1:25	$\pm 6$
1:20	$\pm 5$

**Tabla 1. Precisión relativa a las escalas del trazado**

incertidumbre en las coordenada **X, Y, Z** de cada punto de detalle, de acuerdo con la escala de trazado empleada.

## 3. PROCEDIMIENTO

Para poder obtener la documentación geométrica completa de una estructura se establece una red tridimensional local arbitraria, dentro y fuera de la estructura. La complejidad de la red está determinada en función de la escala definida para el plano y de las particularidades que deben figurar en él. Se miden todas las distancias indispensables, así como los ángulos verticales y horizontales entre los puntos de la red. Los instrumentos y equipos empleados aseguran que se alcanzará la precisión deseada. La resolución de la red tridimensional se efectúa por el método de los mínimos cuadrados. Se determinan los siguientes parámetros, que certifican la precisión y la credibilidad del levantamiento:

- Coordenadas **X, Y, Z** de los puntos de la red
- Errores en el valor de las coordenadas, para cualquier nivel de confianza deseado
- Elipses del error absoluto en cada punto, para cualquier nivel de confianza deseado
- Elipses del error relativo para cada par de puntos, para cualquier nivel de confianza deseado
- Valores finales corregidos de las distancias medidas, y los acimutes de los lados de la red y su correspondiente precisión, para cualquier nivel de confianza deseado.

Los puntos de detalle de la estructura pueden ser levantados topográficamente, empleando sobre todo los dos métodos siguientes:

- *Método de las coordenadas polares:* Este método presupone la medición directa de las distancias desde el punto de estacionamiento de la estación total hasta cualquiera de los puntos de detalle. Hoy día puede aplicarse este método mediante el uso de una estación total digital moderna, para medir las distancias aplicando un haz de láser sobre cualquier superficie dada, sin necesidad de emplear un reflector: La evolución de la tecnología de estos instrumentos ha hecho que mejoren notablemente en lo que respecta al rango y a la precisión de la medición, que es de unos  $\pm 3$  milímetros.

Las ventajas del empleo de estos instrumentos son:

- la precisión con la que se marca cada punto de detalle empleando el haz de láser

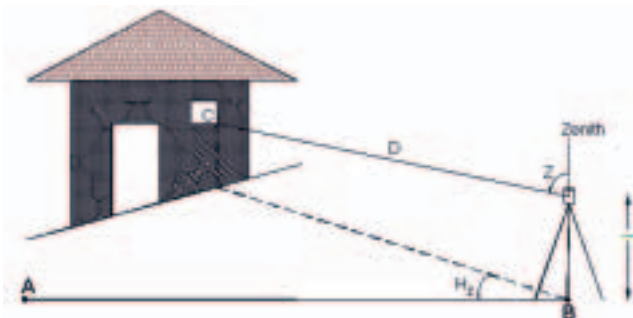


Figura 1. El método polar

- la medición de puntos inaccesibles
- no es necesario para efectuar las mediciones emplear un operador que sea el portador de los prismas
- el rango de estos instrumentos alcanza hoy día los 600 metros y, a veces, cuando se emplea un reflector en la medición, alcanza los 5 km (Balodimos y al. 2004).

Todo esto mejora la precisión final alcanzada en el levantamiento topográfico de los puntos de detalle, que puede alcanzar los  $\pm 4$  milímetros.

- *Método de las intersecciones:* Con este método, las coordenadas  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  se determinan mediante mediciones de los ángulos verticales y horizontales de puntos accesibles e inaccesibles (figura 2). Se presupone que cada punto puede visualizarse desde dos estaciones. Los puntos se marcan empleando un puntero de láser especial.

Las desventajas de este método son las siguientes:

- la necesidad de emplear dos instrumentos
- es preciso que cada punto de detalle sea visible al menos desde dos estaciones, con intervisibilidad entre ambas, dado que los dos teodolitos se tienen que apuntar entre sí para la orientación relativa
- la complejidad de los trabajos necesarios
- lo complicado de los cálculos

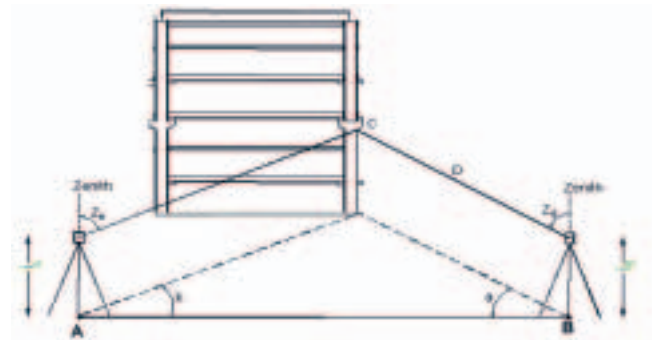


Figura 2. El método de las intersecciones

La elección del método más adecuado depende de la precisión a alcanzar, de las particularidades de la estructura de los puntos de detalle, de la disponibilidad de equipos y, además, de los costes finales y del tiempo disponible.

#### 4. CASO PRÁCTICO

El caso que se presenta a continuación trata de la producción de los adecuados planos de un edificio industrial prefabricado que experimentó serios daños durante el terremoto de 1999 de Atenas (foto 1) (Proyecto de Investigación NTUA, 1999-2000). La finalidad de este proyecto es la determinación de las causas que llevaron al colapso del edificio en cuestión y calcular con precisión las deformaciones de la estructura del edificio.

El edificio tenía una cubierta doble. Sus dimensiones eran de 80 metros de longitud, unos 20 metros de anchura y 10 metros de altura. Constaba de dos pisos separados, de los que el principal se empleaba con asiduidad y el otro se utilizaba únicamente como almacén.

Inicialmente, se estableció una red geodésica tridimensional, consistente en 8 estaciones, dentro y fuera del edificio. Las mediciones de los elementos de la red se efectuaron mediante un método modificado de los tres trípodes (Balodimos, 1966), con el fin de eliminar todos los errores



Fotografía 1. Vista de las condiciones internas en que quedó el edificio tras el terremoto de 1999

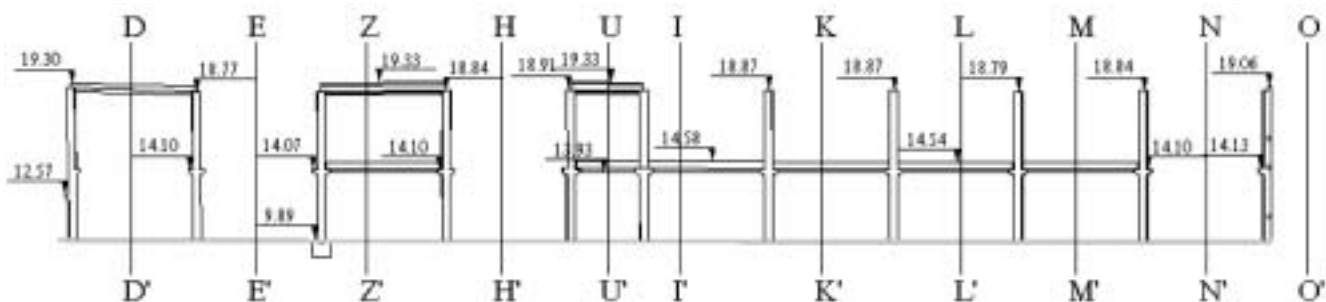


Figura 4. Una sección vertical longitudinal de la estructura



Fotografía 2. Una parte de la sección vertical longitudinal de la estructura

El levantamiento incluyó las mediciones de los elementos básicos del edificio y específicamente las bases de hormigón que soportan el peso de la estructura completa, tales como los pilares, las vigas de apoyo, los soportes donde apoyaban las vigas y las zapatas de apoyo de los pilares.

Además, se levantaron y registraron todas las características internas y externas del edificio.

de nivelación y de centrado del instrumento. Se midieron los ángulos horizontales y verticales, así como las distancias entre los puntos. Se ajustó la red a un sistema de referencia arbitrario. Se calcularon las coordenadas de las estaciones de la red con una precisión de  $\pm 5$  milímetros.

En todas las mediciones se empleó un equipo de medición electrónica de distancias Leica DIOR 3002. Aunque este sistema no es homoaxial y precisa, por tanto, de una reducción geométrica, funciona muy adecuadamente, ya que el Leica DIOR 3002 dispone de un intenso haz de láser de escaso diámetro, con el cual se señalan y marcan, clara y precisamente, los puntos de detalle a medir. Esta estación total mide distancias de hasta 60 metros sin usar reflector y con una precisión de  $\pm 3$  milímetros, o  $\pm 2$  ppm, y también es capaz de medir los ángulos con una precisión de  $\pm 10$  cc (Leica Heerbrugg AG, 1993).

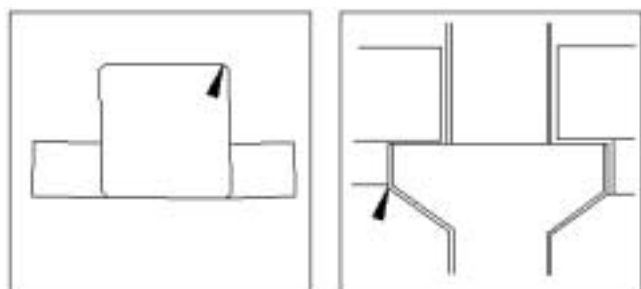


Figura 3. Ampliación de los puntos de detalle en los planos horizontal y vertical

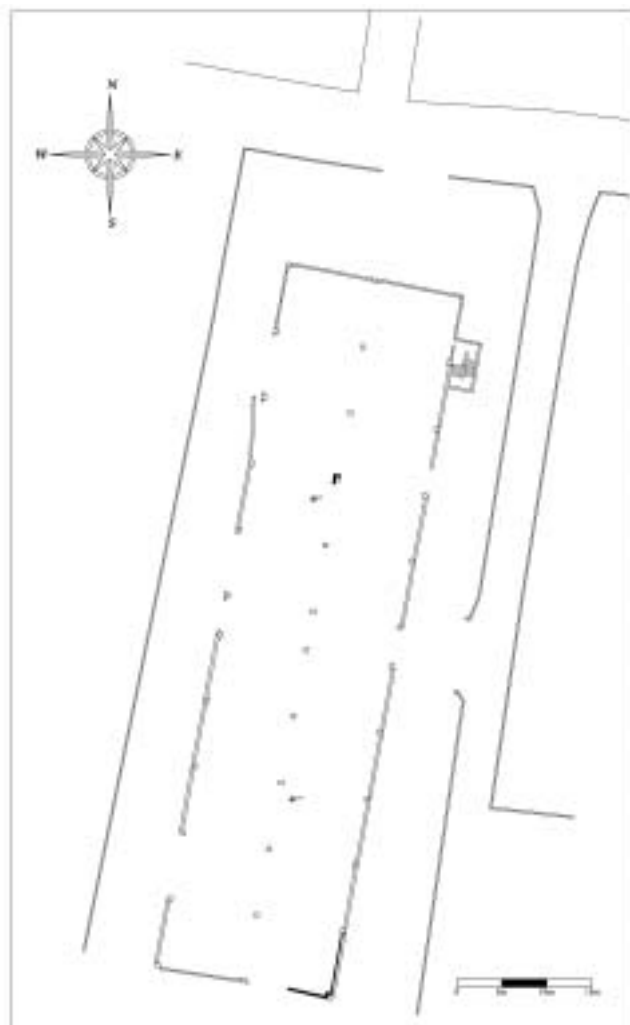


Figura 5. Trazado de la sección horizontal de la estructura, a una altura de 1,50 metros desde el nivel del suelo

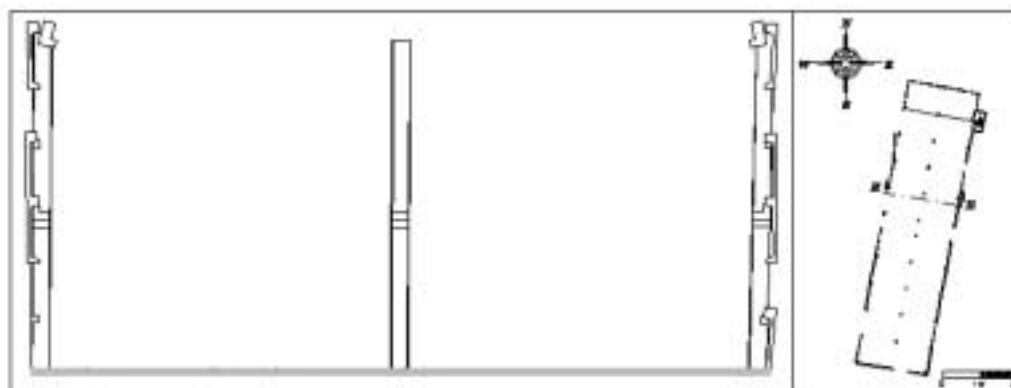


Figura 6. El perfil vertical H-H'

Para efectuar los cálculos y obtener los dibujos se emplearon los programas informáticos adecuados

Los planos obtenidos fueron los siguientes:

- Dos planos a escala 1:100 de las secciones horizontales del edificio, a unos niveles de 1,50 metros y 6,50 metros desde el suelo.
- Tres secciones verticales longitudinales, a escala 1:100, de las fachadas de la estructura
- Once perfiles transversales, a posiciones específicas, incluyendo las fachadas, a escala 1:100.

El dibujo de las secciones verticales longitudinales de las fachadas de la estructura y de los perfiles transversales se efectuó sobre los planos verticales adecuados, mediante un procedimiento apropiado de rotación de coordenadas. Esto permite el cálculo de las coordenadas de los puntos sobre un sistema de referencia en el que dos de los ejes definen el plano de la sección.

Las figuras 4, 5 y 6 son unos ejemplos de los planos obtenidos.

Los planos obtenidos de las secciones horizontales y verticales permiten calcular la desviación de cada elemento estructural con respecto a su posición inicial. La desviación de todos los pilares se calculó a partir de sus posiciones verticales verdaderas.

Los resultados se muestran en la tabla 2. Esta tabla puede ser de gran ayuda para los ingenieros en estructuras y geotécnicos a la hora de extraer unas conclusiones de seguridad útiles acerca de las deformaciones y para la construcción de nuevas estructuras.

El primer nivel para la determinación de la desviación de la posición vertical se estableció en cada pilar a una altura de 9 metros, en tanto que el segundo nivel se situó a 4,20 metros desde el nivel del suelo.

## 5. CONCLUSIONES

El método geodésico utilizado empleando estaciones digitales totales sin señales reflectoras, demostró ser eficaz a la hora de recoger una documentación fiable de una estructura. Los planos generales y los planos ob-

Sección	Left pillar		Central pillar		Right pillar	
	1 <sup>st</sup> level	2 <sup>nd</sup> level	1 <sup>st</sup> level	2 <sup>nd</sup> level	1 <sup>st</sup> level	2 <sup>nd</sup> level
D – D	11	5	0	0	5	2,5
E – E	17	8	5	2	19	9,5
Z – Z	11	5	0	0	52	25
H – H	5	3	4	2	19	9
U – U	0	0	0	0	14	6,5
I – I	7,5	3,5	2	1	14	7
K – K	18,5	9	2	1	14,5	5
L – L	10	5	2	1	18	8
M – M	10	5	2	1	0	0
N – N	0	0	16	7	0	0
O – O	0	0	5	2,5	2,5	1,2

Tabla 2. Desviación de la posición vertical en centímetros

tenidos de las secciones horizontales y verticales y de las fachadas, aportan una información geométrica precisa y completa de todos los elementos que integran cada detalle de la estructura.

Las características principales del método geodésico, tal como se aplicó en este proyecto, fueron la rapidez y la conveniencia de las mediciones y la precisión –de escasos milímetros– que se alcanzó en el posicionamiento de los puntos de la estructura, incluso en los más inaccesibles.

Esta precisión y la fiable documentación elaborada por los ingenieros topógrafos, ofrecen una enorme ayuda a los demás ingenieros de estructuras y a los científicos geofísicos, con el fin de llegar al fondo de las causas que originaron los fallos y el colapso de la estructura.

## REFERENCIAS

- Balodimos D.- D, Lambrou E., Pantazis G., 2004, *Lecture notes on Engineering Geodesy*, NTUA, School of Rural and Surveying Engineering (In Greek), Athens.
- Leica Heerbrugg AG, 1992, *Users manual for T1610 and Dior 3002* ■

# La Calidad en el Sector Topográfico: Organismos Competentes y Situación Actual

Carmen Sevilla Antón y Javier Bisbal Martín  
CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

## Resumen

*A la progresiva implantación de la calidad en la industria española, colaboran tres Organismos que, debidamente coordinados, conducen a la mejora de la calidad de los productos y servicios. La infraestructura de la calidad en España está soportada por las tres instituciones responsables de las actividades de normalización, acreditación y metrología: AENOR (Asociación Española de Normalización), ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) y CEM (Centro Español de Metrología).*

*Las empresas del sector de la topografía y la cartografía no son ajenas a esta situación y solicitan de estos Organismos sus servicios para el aseguramiento de su calidad.*

## I. INTRODUCCIÓN

La Calidad, como instrumento estratégico de la gestión global de las empresas, es hoy identificada como uno de los elementos determinantes de la competitividad de las mismas.

La noción de Calidad ha sufrido una importante evolución en el transcurso de los últimos años. En la actualidad, la palabra Calidad está asociada a un nuevo concepto, aceptado internacionalmente, que contempla una forma integral de organización de las empresas o entidades, dónde se incluyen actividades relacionadas con gestión, mercadotecnia, política de proveedores, servicio postventa, control de los procesos industriales o diseño. Todas estas actividades están dirigidas a dar confianza y asegurar un mercado más transparente, mediante la certificación, la acreditación, la normalización y la metrología. La implantación de un Sistema de Calidad es, por tanto, un factor prioritario en la gestión de cualquier empresa o entidad.

Las ventajas de la calidad para la competitividad de una empresa o de un país son ya conocidas y demostradas en un cierto número de estudios de ámbito mundial. El estudio realizado por la Comisión Europea sobre los aspectos económicos de la calidad hace que, en efecto, aparezca la implantación de políticas de la calidad del producto/servicio como uno de los componentes comúnmente aceptados que tienen una influencia significativa en la rentabilidad de la empresa y en su posición competitiva.

En España fue necesario el desarrollo de una política de calidad por par-

te de las Administraciones Públicas, por medio de dos líneas de actuación: la puesta en marcha de Planes Generales de Calidad Industrial y la creación de una infraestructura de apoyo necesaria para la realización de estas actividades.

Hasta la fecha se han conseguido grandes logros, pues España está presente en las instituciones representativas de la calidad, nuestras instituciones que constituyen la infraestructura de la calidad están plenamente integradas y reconocidas en el ámbito internacional, nuestros certificados son aceptados en los mercados europeos y nuestros productos pueden circular libremente en el seno de la Unión Europea.

Aun así, hay algunos campos que fortalecer, entre los que se encuentra el nivel tecnológico, las infraestructuras, la organización social y los recursos humanos, pues cada día aumenta la necesidad de mejorar la competitividad empresarial y se hace imprescindible mejorar estos factores externos. Para ello, las Administraciones Públicas mantienen programas de ayuda y fomento de la calidad en las empresas, dirigidos a mejorar las condiciones de su entorno, creando así un marco que favorezca la iniciativa empresarial.

La infraestructura de la Calidad en España está soportada por tres instituciones responsables de las iniciativas de normalización, acreditación y metrología, que son: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) y Centro Español de Metrología (CEM).



Figura 1. Infraestructura de la calidad

## 2. ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACIÓN (AENOR)

Es una entidad privada, sin ánimo de lucro, designada por Orden de 26 de febrero de 1986 del Ministerio de Industria y Energía y reconocida posteriormente por Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, como responsable de las actividades de normalización.

Desarrolla igualmente actividades de certificación, para lo que ha sido debidamente acreditada, en competencia con otras entidades certificadoras, nacionales y extranjeras.

La actividad de normalización comprende la elaboración, difusión y aplicación de normas, que se preparan en los Comités Técnicos de Normalización (CTN), en los que participan los sectores interesados (fabricantes, usuarios, Administración Pública, laboratorios, etc.).

El proceso de elaboración de una norma consta de las siguientes fases:

- Trabajos previos
- Discusión en el CTN
- Información Pública en el BOE
- Elaboración Propuesta de norma
- Aprobación Junta Directiva
- Publicación en BOE

Las normas pueden ser:

- Nacionales: UNE
- Regionales: EN
- Internacionales: ISO, CEI

En el campo de la certificación, AENOR está acreditada para certificar productos, empresas y servicios en el sector voluntario y ha sido designada por las Administraciones Públicas competentes para certificar en algunas directivas "Nuevo Enfoque".

En el Centro Español de Metrología recae la responsabilidad del AEN/CTN 82 sobre Metrología y Calibración, Comité Técnico Nacional donde se elaboran, transcriben y editan las normas en particular relacionadas con estos aspectos.

Este comité está formado por cinco subcomités técnicos dentro de las diferentes magnitudes, en particular el SC 2 de Metrología Dimensional tiene un grupo donde se trabaja sobre las normas relacionadas con la topografía. Actualmente se está terminando de traducir la serie de normas ISO 17123.

Entre los trabajos del SC2 está la realización de un glosario de términos metroológicos en inglés y español.



**PLAN RENOVE**  
CAMBIA CUALQUIER TOPCAL  
DE MS-DOS, CON O SIN  
LLAVE, POR EL NUEVO  
TOPCAL21 PARA WINDOWS,  
LLENO DE NOVEDADES,  
POR SÓLO 600 €

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



**digi**

## Nuevo OrtoBatch

Generación en grupo de ortofotos,  
ajustes radiométricos automáticos,  
mosaicos y corte por hojas en un  
único programa y en sencillos pasos.  
Más info en  
<http://www.digi21.net/ob/>

[www.digi21.net](http://www.digi21.net)

902 21 51 21

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

### 3. ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN (ENAC)

Es una entidad privada, auspiciada y tutelada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, dedicada exclusivamente a las actividades de acreditación. Fue reconocida por el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

Como órganos técnicos asesores de la entidad figuran los siguientes Comités Técnicos Asesores:

- Medio Ambiente
- Ensayos (Comisiones Sectoriales)
- Certificación
- Calibración Inspección

El proceso de acreditación consta de las siguientes etapas:

- Solicitud de acreditación
- Designación equipo auditor
- Auditoría
- Informe Auditores
- Examen por la Comisión de Acreditación
- Concesión de la Acreditación
- Visitas de seguimiento

Algunas empresas del sector de los instrumentos topográficos ya han acometido el proceso de acreditación de sus laboratorios de calibración, garantizando la trazabilidad de sus medidas y la idoneidad de sus procedimientos técnicos.

### 4. CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA (CEM)

En cumplimiento de lo establecido en la Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología, se creó, por Real Decreto 415/1985, el Centro Español de Metrología, al que se le atribuyó el desempeño de todas las competencias recogidas en la mencionada ley.

Posteriormente, la Ley 31/1990, de 27 de diciembre, transforma el Centro Español de Metrología en Organismo Autónomo de carácter comercial e industrial y le atribuye las siguientes competencias:

- Custodia y conservación de los patrones nacionales de medida.
- Establecimiento y desarrollo de las cadenas oficiales de calibración.
- Ejercicio de las funciones de la Administración del Estado en el control metrológico del Estado y de la CE.
- Habilitación oficial de laboratorios de verificación metrológica.
- Mantenimiento del Registro de Control Metrológico.
- Ejecución de proyectos de investigación y desarrollo en materia metrológica.
- Formación de especialistas en metrología.

En lo referente a su estructura orgánica, el Centro Español de Metrología dispone de siete Áreas o Departamentos Técnicos, de los que dependen los laboratorios específicos encargados de distintas magnitudes físicas.

Las actividades que lleva a cabo el Centro Español de Metrología se pueden agrupar en los siguientes apartados:

- Metrología científica
- Metrología aplicada
- Metrología legal
- Cooperación internacional
- Formación
- Actividades de carácter comercial
- Proyectos especiales

#### Metrología científica

En este campo y en virtud de lo dispuesto en el Real Decreto 648/1994, de 15 de abril, el Centro Español de Metrología es depositario de los patrones nacionales de las unidades básicas de Masa, Longitud, Intensidad de Corriente Eléctrica y Temperatura Termodinámica. Para llegar a esta situación, se ha tomado parte previamente en un gran número de intercomparaciones con resultados satisfactorios.

Dada la imposibilidad material de disponer de todos los patrones nacionales en el Centro Español de Metrología, se ha iniciado la creación de una red limitada de Laboratorios Asociados que, una vez cumplidos los requisitos técnicos que se establecen para cada caso, son declarados oficialmente depositarios de algún patrón nacional y Laboratorio Asociado al Centro Español de Metrología.

#### Metrología aplicada

El Centro Español de Metrología, como ya se ha indicado anteriormente, tiene la responsabilidad legal de establecer y desarrollar las cadenas oficiales de calibración, al objeto de garantizar la trazabilidad de los laboratorios de calibración industrial que han sido o están en fase de acreditación por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). Como consecuencia de ello, el Centro Español de Metrología y la Entidad Nacional de Acreditación han suscrito un Convenio mediante el cual se establece el marco general de actuación de ambas instituciones.

Todos los años se establece, de mutuo acuerdo, un programa común de trabajos, en el que se incluyen las intercomparaciones nacionales que, coordinadas por el Centro Español de Metrología, se consideran necesarias para comprobar la capacidad técnica de los laboratorios de calibración acreditados.

En el Área de Longitud del Centro Español de Metrología, existe un Laboratorio de Instrumentos Topográficos que realiza calibraciones de estos instrumentos. Además de teodolitos, niveles ópticos, miras de invar, etc., se realizan calibraciones de los colimadores ópticos que utilizan las empresas del sector topográfico como patrones. De esta forma se garantiza la trazabilidad de estos laboratorios a la unidad de longitud.

## Metrología legal

En este sector, y de acuerdo con la estructura política actual de España, el Centro Español de Metrología mantiene la capacidad legislativa y la representación de nuestro país ante las instituciones comunitarias e internacionales, mientras que la ejecución del control metrológico ha sido transferida a las distintas Comunidades Autónomas.

No obstante, y puesto que la mayoría de estas Comunidades no disponen de laboratorios adecuados para efectuar los ensayos correspondientes, el Centro Español de Metrología efectúa, a petición de dichas Comunidades, todos los ensayos reglamentarios necesarios, es decir, viene actuando como laboratorio técnico soporte de los distintos Gobiernos Autonómicos.

En el sector de la topografía, la Orden de 30 de diciembre de 1988 regula las medidas materializadas de longitud (cintas métricas, flexómetros, etc.), fijando las prescripciones técnicas que deben cumplir estos instrumentos para su comercialización.

## Cooperación Internacional

Ante el nuevo planteamiento que se está dando en los países desarrollados a la metrología, motivado fundamentalmente por los acuerdos comerciales de ámbito mundial, así como la necesidad, cada vez más evidente, de demostrar la capacidad técnica por parte de los distintos Institutos Nacionales de Metrología, a fin de garantizar la trazabilidad horizontal de los respectivos patrones nacionales de medida, el Centro Español de Metrología ha potenciado esta línea de trabajo y mantiene una postura activa en todas y cada una de las organizaciones en que está presente.

El Centro Español de Metrología ostenta la representación de España ante las siguientes organizaciones:

- Convención del Metro
- Organización Internacional de Metrología Legal
- Euromet
- Welmec
- Comisión Europea
- Imeko

Igualmente, tiene firmados acuerdos bilaterales de cooperación con varios Institutos Nacionales de Metrología.

## Formación

Otra actividad que desarrolla el Centro Español de Metrología es la de formación en materia de metrología, para lo cual, y dentro de sus posibilidades, viene programando la realización de varios cursos por año, de una semana de duración y sobre temas específicos, como son: Incertidumbres de medida, Técnicas de calibración, Metrología en las PYMES, etc. El objetivo de estos cursos es acercar la metrología a las distintas

empresas y agentes económicos que en la actualidad y debido a la implantación de normas que como la UNE-EN 17025, requieren unos conocimientos básicos en materias metrológicas.

El Centro Español de Metrología, atendiendo las demandas reiteradamente planteadas por las empresas, centros de investigación y otras instituciones relacionadas con la metrología, sobre la existencia de documentos que sirvieran de guía para llevar a cabo la calibración de sus equipos de medida, ha iniciado la publicación de una serie denominada "Procedimientos de calibración", en la que se incluirán todos los procedimientos que se vayan elaborando con arreglo a unas normas preparadas al efecto. Dentro de esta serie se van a publicar en breve dos procedimientos relacionados con la topografía: *Calibración y manual de uso de teodolitos*.

## Actividades comerciales

Dado que el Centro Español de Metrología es un organismo de carácter comercial, habitualmente se realizan distintas actividades que podrán considerarse como puramente comerciales, si bien están muy relacionadas con las descritas anteriormente.

Entre estas actividades destacan:

- La calibración de instrumentos de medida en general.
- La emisión de Certificados de conformidad a norma, de ensayos y OIML.
- La ejecución de los contratos de aseguramiento de medida suscritos con diferentes entidades comerciales.
- Proyectos especiales.

## 5. CONCLUSIONES

Las empresas del sector de la topografía y la cartografía, plenamente conocedoras de la necesidad de la implantación de la calidad en sus sistemas, cada vez requieren más los servicios de las instituciones responsables de la normalización, acreditación y metrología, conocedoras de la necesidad de estas actividades para el mantenimiento de su competitividad empresarial.

## 6. REFERENCIAS

- Centro Español de Metrología (2002). *Curso de Infraestructura de la Calidad en Metrología*.
- Sevilla Antón, Carmen (2004). *Ponencia Infraestructura de la Calidad. Programa Calidad. Comunidad Europea - Comunidad Andina*.
- Fernández Pareja, Teresa; Bisbal Martín, Javier (2001): *Aseguramiento de la calidad en Topografía: Control Metrológico de Instrumental Topográfico*. Revista Topografía y Cartografía, nº 104. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, pág. 4-10. ■



## SHAPING THE CHANGE

XXIII International FIG Congress 8 – 13 October 2006

---

### Invitation to compete for the 2006 FIG Congress Prize

---

The Council of the International Federation of Surveyors (FIG) has decided to offer a FIG Congress Prize to young members of FIG member associations at the XXIII International FIG Congress in Munich. The value of the prize will be 1,500 Euro, together with complimentary registration and accommodation at the congress hotel from 8 to 13 October 2006 and a return airfare to and from Munich (economy class up to costs of at most 750 Euro).

Eligible to compete for the prize are members of FIG member associations who have not reached the age of 36 by 31 December 2006.

The world is witnessing an increasing rate of change. The Congress theme is "Shaping the Change". The congress will gather experts from around the globe to discuss the challenges posed by these changes and to consider how surveyors can help to mitigate the impacts on society and the general public. Any paper submitted must relate to a surveying subject consistent with that theme. For more details please have a look at our web site under "Themes and Topics" (<http://www.fig2006.de/e/themes.htm>). It must be an original work that has not been previously published. It has to be submitted in English, using 12 pt typeface (Times New Roman) and be of no more than 15 A-4 pages in length (inclusive of illustrations and diagrams) with clear margins of 25 mm (top and sides) and 38 mm (bottom) on each page. The papers should be submitted in electronic format.

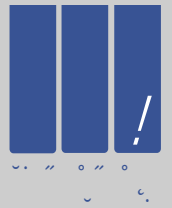
Papers must be submitted through the authors' member association, which should send submissions on to the FIG office to arrive not later than **15 July 2006**. Personal data about the author should be presented with the paper and certified by the member association in accordance with the attached application. Selection of the successful paper will be made by a committee appointed by the FIG Council.

The successful candidate will be invited by the President of FIG to attend the Congress. The prize will be presented during the opening ceremony.

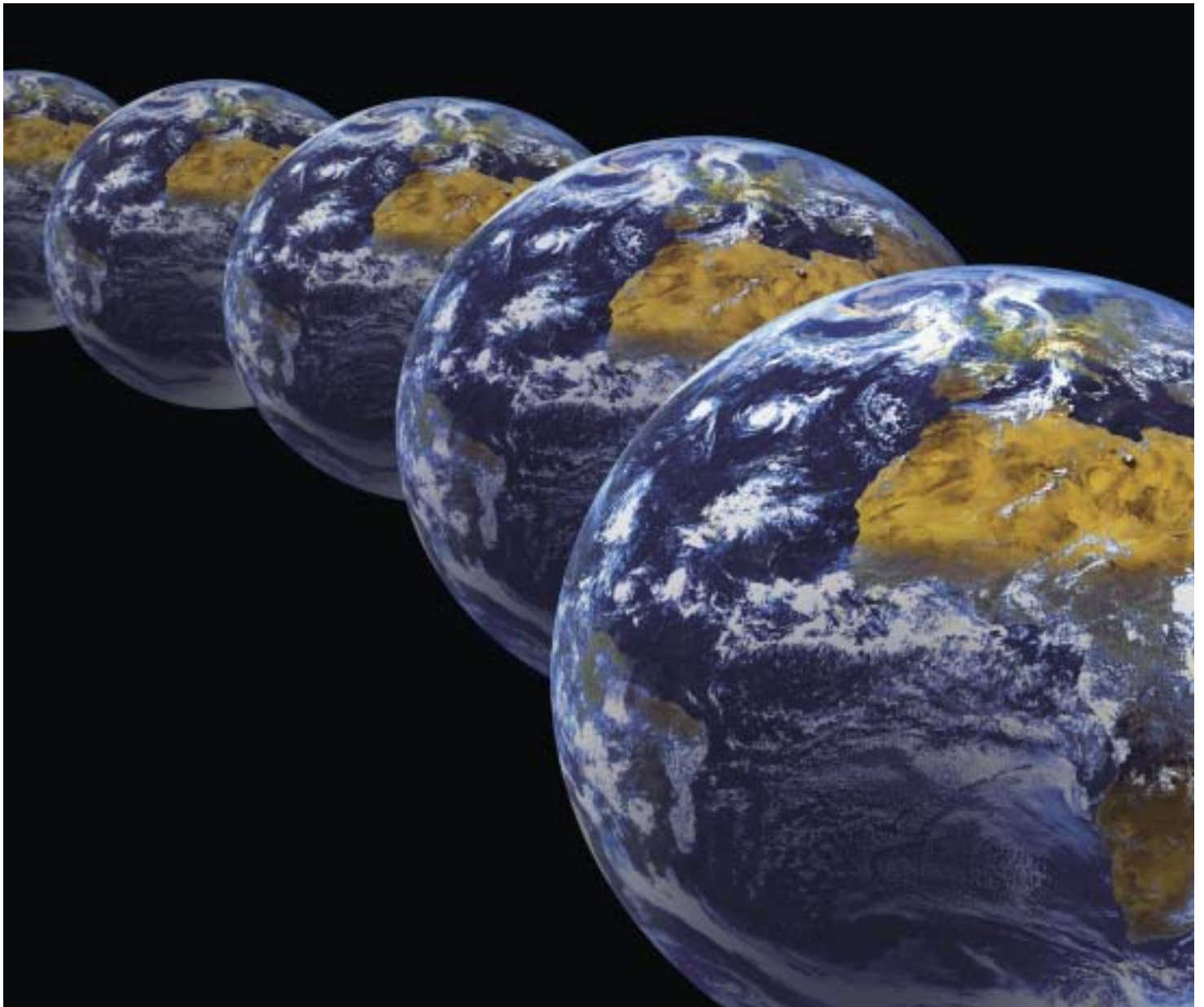
For further information please visit the FIG web site <http://www.fig.net> or the Congress web site <http://www.fig2006.de>.



I I :: : \_eVc\_ReZ \_R] 7:8 4` \_XcVdd  
.....8 Vc^ R\_ **INTERGEO**®



) €" \$ @Tè SVc#!!' „ > f\_ZYL8 Vc^ R\_j



# Shaping the Change

hhh ž X#!!' žV

8 Vc^ R\_ 2dd` TZReZ \_` Wdf cgVj ZX€D` TZ/gj Wc8V UVdj L8V f: Wc^ ReZ \_R\_U=R\_U> R\_RXV^ V\_ei5GH/  
:\_eVc\_ReZ\_Rj 7VUVcReZ \_` Wdf cgVj ` cd„ 7eUecReZ \_:\_eVc\_ReZ\_RjVUVd8e` ^ i acVd„:\_eVc\_ReZ\_RjVGvcVZ\_Zxf\_XUVcGvc^ Vddf\_XdZ\_XV\_Z/f cV

# Criterios para la elaboración de Callejeros Digitales Georreferenciados

Carlos López Borra  
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

Vicente García Núñez  
INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA  
AYUNTAMIENTO DE MADRID

## Resumen

*La proliferación de productos y servicios especializados en información de toponimia urbana, más comúnmente conocida como callejero, ha sobrepasado el ámbito de los canales de comunicación tradicionales, implantándose con fuerza, como aplicaciones informáticas de propósito general, en entornos propios (Cliente, Cliente-Servidor) y en Internet.*

*Al valor creciente de la georreferenciación de la información urbana se suma las capacidades que los sistemas digitales de información ofrecen en el acceso, la consulta y el mantenimiento de datos específicos de callejero y, especialmente, los diversos y abundantes subconjuntos de actividades en los que la localización es un factor crítico.*

*En este contexto, y considerando que es éste un campo de actividad eminentemente práctico, de crecimiento rápido y, en cierta manera, de un desarrollo teórico poco difundido, se ha estimado pertinente incluir en este artículo las reflexiones y experiencias que pueden contribuir a mejorar el diseño y la implementación de sistemas de información especializados en la información de callejero.*

## INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La necesidad de ubicar precisa y unívocamente los puntos de referencia individual o colectiva que se integran en el espacio urbanizado, ha fomentado la creación de un sistema de identificación de los ámbitos y lugares puntuales que componen la ciudad.

La Real Academia Española de la lengua define el término callejero como “Lista de las calles de una ciudad populosa que traen las guías descriptivas de ella”. Por lo tanto, los callejeros se pueden considerar como el producto resultante de una metodología de recopilación de topónimos en la que se codifican estructuradamente las entidades urbanas (viales, edificios, topónimos) de un determinado espacio.

El crecimiento generalizado de los espacios urbanizados y el correlativo incremento de complejidad de sus estructuras han puesto de manifiesto la necesidad de centralizar bajo un sistema único de referenciación el compendio de entidades que conforman un ámbito territorial claramente definido, con el principal objetivo de garantizar la coherencia registral de sus miembros.

Dentro del proceso de evolución de la sociedad de la información, el acceso a datos georreferenciados se ha convertido en una demanda creciente y en un requisito imprescindible para muchos sistemas que procesan y analizan características sociales, económicas, demográficas, etc., teniendo en cuenta su componente y comportamiento geográfico, para los cuales el callejero es un elemento fundamental de integración.

En el contexto de las directrices políticas en materia de información y tecnología, se ha venido reconociendo la deficiente situación actual y la necesidad, desde el ámbito de la Unión Europea y a través de la directiva INSPIRE<sup>1</sup>, de impulsar “políticas que reduzcan las duplicaciones en la recopilación de datos y promuevan y respalden la armonización, la difusión y la utilización de los datos de una forma lo más amplia posible ... la presente propuesta, destinada a garantizar la interoperabilidad de la información espacial disponible en beneficio de las política nacional y comunitaria, así como del público que podrá acceder a ella”.

<sup>1</sup> Propuesta de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece una infraestructura de información espacial en la comunidad (INSPIRE). <http://www.es-ue.org/Default.asp?section=221&new=yes&lg=2>

El desarrollo tecnológico y el abaratamiento de los costes de generación y difusión de información georreferenciada (cartografía digital) han promovido la creación y uso de los callejeros digitales como una herramienta de enorme potencial sobre aspectos puramente registrales (localización de ciudadanos, instituciones, servicios, etc.) y en el ámbito del transporte, el comercio, el marketing, el turismo u otros servicios relacionados con el consumo, dando soporte y siendo una capa de información fundamental en lo que se conoce como Sistemas de Apoyo en la toma de Decisiones Espaciales (SADE/SDSS) en los espacios urbanos (Moreno, 2001).

Sin embargo, esta demanda, no siempre se ve correspondida con un producto de calidad que satisfaga requisitos de mediana o alta exigencia. En este sentido, los ayuntamientos cobran un doble protagonismo, en cuanto que grandes demandantes de un callejero que cubra la totalidad de su municipio y responsables últimos de la recopilación y mantenimiento de esta información, al igual que ocurre con el padrón.

Dentro de este contexto es desde el que nos proponemos reflexionar y aportar los que consideramos deben ser los puntos destacados en la conformación de un callejero digital georreferenciado.

Teniendo en cuenta que la información de callejero refleja realidades de dimensiones muy distintas, tanto en lo que se refiere al volumen de datos como a los recursos y servicios que se pueden dar, se ha diferenciado entre características estructurales de callejero, que son abordadas en el primer apartado, y aquellos otros aspectos que permiten implementar lo que podríamos definir como sistemas-servicios avanzados de callejero.

## DEFINICIÓN Y ASPECTOS FUNDAMENTALES

En este capítulo se pretende abordar una definición de los elementos básicos que componen un callejero digital y describir algunas de sus características fundamentales.

### La dirección

Con el objetivo de recopilar la localización de las personas, como un bien de interés público, se han establecido diferentes métodos y sistemas, a partir de los cuales se realiza la asociación entre el espacio y el ciudadano. En el ámbito de la administración local española, el padrón municipal de habitantes es la expresión máxima de este objetivo, al exigir como atributo imprescindible del mismo la asociación entre la persona y una localización que se incluya dentro del ayuntamiento en el que se solicita el empadronamiento.

Los aspectos que se van a considerar en este apartado no llegan al detalle del domicilio, propio del Padrón de habitantes, sino que se centran en el compendio, algo más general, que conforma la identificación de los diferentes puntos de la ciudad en lo relativo a su acceso.

Partiendo de la visión simplificada más común, los callejeros georreferenciados son una recopilación de direcciones de un determinado ámbito urbano que cuentan con un atributo específico que permite su ubicación en un espacio geográficamente definido. Como dirección entendemos el conjunto de palabras y números que identifican unívocamente, en un mismo momento temporal, el territorio de la ciudad, con el objetivo de facilitar la localización de las edificaciones.

La manera en que se ha resuelto la codificación de dichas unidades urbanas se encuentra estrechamente relacionada con la morfología de la ciudad, de tal forma que se ha construido un sistema relativamente intuitivo que permite la localización de un determinado punto sin necesidad de conocer su ubicación geográfica.

Dicha codificación se compone de varias partes. En primer lugar, encontramos una agrupación del conjunto de direcciones en los diferentes viales que conforman el espacio urbanizado. Se considera, por lo tanto, que la mayoría de los puntos susceptibles de requerir una dirección van a estar vinculados físicamente con un vial que, sin entrar en definiciones complejas, desde el punto de vista de callejero va a ser el espacio urbano que permite la comunicación y el acceso de las personas al resto de territorio urbanizado.

Es, por tanto, el vial una entidad básica del callejero. Su codificación se compone de los siguientes elementos<sup>2</sup>: clase de vial, partícula y nombre de la vía.

La clase de vial es un término que caracteriza de forma relativa la morfología del vial, diferenciando por su tamaño o forma, pero desde un punto de vista cualitativo y poco preciso. Algunas de las clases más comúnmente utilizadas son fácilmente reconocibles (Calle, Avenida, Camino, Plaza, Vereda, Autopista, Pasaje, Callejón, Travesía, etc.).

La partícula, no siempre presente en todos los callejeros, es el nexo sintáctico que vincula la clase y el nombre. El 'de', 'de la', 'de los', 'las', etc., son ejemplos de las partículas que se utilizan.

En tercer lugar se encuentra el nombre de la vía, que es la palabra o conjunto de palabras, nombre propio de personas, lugares o cosas, que se asigna a cada uno de los viales.

Con el objetivo de evitar ambigüedades registrales, se considera que la combinación de clase y denominación debe ser única, en un mismo momento temporal, por lo que será posible que convivan viales con una

<sup>2</sup> Esta descomposición de elementos del vial se base en el sistema más común de nomenclatura, tanto de España como en los países europeos. Sin embargo, como es conocido, existen otros sistemas de referencia, que, generalmente apoyados en una morfología urbana basada en la cuadrícula, discriminan entre viales paralelos, perpendiculares y transversales, en función de una determinada línea de referencia (río, valle, alineación montañosa, etc.) y asignan las direcciones a partir del cruce entre los tipos de vial y la distancia del acceso de la edificación con respecto a dicho cruce. Un ejemplo de este tipo de codificación sería, Carrera 36A-13C 30, para referirnos a un edificio que se encuentra sobre la carrera 36A, en el cruce con la 13C, aproximadamente a 30 metros del mismo y en la acera derecha, también con respecto a la orientación del cruce.

misma denominación pero que se diferencian por su clase, de la misma forma que es posible que una misma combinación de clase y denominación se repita en el tiempo.

Una vez definida la forma de codificar los viales, se puede considerar la parte correspondiente a la numeración de los edificios. Dicha numeración se realiza siguiendo un orden numérico, a partir de dos criterios fundamentales: separación del orden de numeración para cada uno de los lados del vial y secuencia ascendente de un extremo al otro del vial, manteniendo la correlatividad de la numeración, considerando que dicha numeración está compuesta por un identificador numérico y opcionalmente por uno alfabético y de orden relativo al número que le precede.

La separación de orden entre un lado y otro del vial se resuelve con la asignación de numeración par o impar<sup>3</sup>. La secuenciación del orden numérico se efectúa estableciendo un extremo inicial y asignando numeración incrementalmente, atendiendo a los criterios establecidos en el Anexo de la Resolución de 9 de Abril de 1997 de la Subsecretaría del Ministerio de la Presidencia<sup>4</sup>, según la cual, "...a) En las vías urbanas deberá estar numerada toda entrada principal e independientemente que dé acceso a viviendas y/o locales, cualquiera que sea su uso. No se numerarán las entradas accesorias o bajos como tiendas, garajes, dependencias agrícolas, bodegas y otras, las cuales se entiende que tienen el mismo número que la entrada principal que le corresponde... c) Cuando por la construcción de nuevos edificios u otras causas existan duplicados se añadirá una letra A, B, C..., al número común."

Por lo tanto, la numeración se hace por edificios, sea cual sea su uso, y se utiliza el carácter alfabético complementario para evitar duplicidades de numeración y también, en la práctica, por razones administrativas y sociales, para reducir al mínimo imprescindible los procesos de renumeración.

Esta metodología se ve alterada al considerar la numeración que debe ser asignada en las zonas de poblamiento diseminado<sup>5</sup>, ya que en el caso de que el espacio no se estructure con claridad en viales, las direcciones deberán codificarse en función del nombre del ámbito en el que se encuentran las edificaciones y un número de orden.

## Georreferenciación

Cuando hablamos de callejeros digitales georreferenciados es porque se considera como un valor fundamental, en la captura de la información, el registro de su referencia espacial precisada cartográficamente.

<sup>3</sup> Resolución de 9 de Abril de 1997, BOE (11/04/1997), pág. 11456, Numeración de edificios, criterio b)

<sup>4</sup> Resolución de 9 de Abril de 1997, BOE (11/04/1997), pág. 11456, Numeración de edificios, criterios a) y c)

<sup>5</sup> Resolución de 9 de Abril de 1997, BOE (11/04/1997), pág. 11456, Numeración de edificios, criterios d)



Sea cual sea el formato de esta referencia, la proyección, la forma de almacenamiento, el tipo de dato, etc., lo relevante es que se establezca la relación directa entre el código de la dirección y su ubicación en el plano.

La suma de las localizaciones debe ofrecer, gráficamente, una nube de puntos con la distribución de las direcciones en el ámbito geográfico al que nos estemos refiriendo y con ello la posibilidad de utilizar dicha información con la lógica de las relaciones espaciales y sus interacciones con otras entidades geográficamente definidas.

La precisión con la que se debe acometer esta labor es relativa, si bien, en el contexto del geoposicionamiento de entidades urbanas, la georreferenciación de direcciones precisa de cartografías a gran escala, superiores en la mayoría de los casos al 1:5.000, siendo muchas veces recomendable las de 1:500.

Existen en la actualidad complementos muy útiles en la captura de dicha información ágilmente y garantizando la calidad de los datos. Desde el punto de vista de la información de referencia, tanto la cartografía digital como las imágenes digitales (ortofoto e imagen de satélite de alta resolución) son de gran utilidad en la localización precisa de la dirección. Por otro lado, herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de posicionamiento global (GPS) facilitan los procesos de disponibilidad de la información y georreferenciación.

Al considerar la posición como atributo indispensable de toda dirección, se está forzando a que los procesos de alta, mantenimiento, baja y consulta consideren la peculiaridad que tiene el tratamiento de la información geográfica para que sean diseñados coherentemente, con todos los requisitos técnicos que implican.

La complejidad del sistema y de los procesos de mantenimiento puede verse incrementados si conjuntamente a la información geoméricamente puntual que representa la localización de direcciones se incorporan atributos espaciales de otras entidades de callejero. Aunque prescindible en una estructura básica o primaria de callejero, la representación geográfica del trazado de viales incrementa cualitativamente las capacidades, en cuanto a precisión de datos y posibilidades de integración en análisis geográfico de la entidad vial con la entidad numeración. Al mismo tiempo, otras entidades con dimensión geográfica pueden tener su reflejo gráfico y su relación con el callejero, como son los edificios, las parcelas, las manzanas o los topónimos.



# Narváez

Topografía, S.L.

Servicio Técnico Oficial



de Leica en Valencia

## SELECCIÓN DE PRODUCTOS

NUEVO GPS LEICA TODO EN BASTÓN SIN CABLES



ALQUILER ECOSONDA CON GPS PARA BATIMETRÍAS



Realizamos sesiones prácticas de GPS totalmente gratuitas

**ALQUILER**  
Ecosonda para batimetrías

NUEVOS MEDIDORES DISTO



Leica DISTO A3



Leica DISTO A5

Nuevas instalaciones en calle Campoamor, 65-67 B

Alquiler y venta de material topográfico

RUEDAS MEDIDAS



CLAVOS



NIVELES LÁSER PARA LA CONSTRUCCIÓN



RUGBY 100

SONDAS LUMINOSAS



TELÉMETRO LÁSER (Novedad)



NA2/NAK2



NIVEL DIGITAL



CONSULTAR PRECIOS



963 711 698

Móvil: 608 067 396  
Campoamor, 65 y 67  
46022 VALENCIA

Como ya se ha indicado, en la medida en que se incorporen más entidades a nuestro esquema digital-geográfico, se enriquece y potencia el alcance del sistema, si bien la inclusión y mantenimiento de muchas de estas entidades incrementa considerablemente el coste del sistema y en muchos casos puede llegar a cuestionar la rentabilidad del mismo, a no ser que se involucren otras actividades interesadas en una base cartográfica urbana de esa magnitud. En esta línea maximalista de integración cartográfica, puede aspirarse a modelizaciones espaciales orientadas a callejero e implementadas siguiendo reglas topológicas que garanticen la integridad geográfica de la cartografía digital.

Aunque es complejo y excede los objetivos de este artículo cuantificar la proporción coste/beneficio de la implementación de la dimensión espacial de los callejeros digitales, un breve análisis de su potencialidad permite valorar muy positivamente la capacidad de integración de esta capa de información geográfica con otras muchas de las que componen la información territorial, al tiempo que dicha expresión espacial se puede considerar como unas de las informaciones geográficas estratégicas para diferentes organismos, instituciones y empresas, entre los que destacan las corporaciones municipales, pero sin despreciar al resto de demandantes que, con un interés creciente, utilizan técnicas específicamente geográficas en el registro, el análisis, y la proyección técnica y comercial de sus estructuras y reglas de negocio.

Responder a preguntas como ¿Cuántas direcciones hay en un determinado ámbito? ¿Qué direcciones han sido dadas de alta en un determinado lugar del municipio en el último año? ¿Qué dirección es la más próxima en un determinado punto?, etc. sólo puede hacerse de forma eficiente, ágil y precisa a partir de un georreferenciación integral del callejero.

## Implementación informática

Una vez establecida la definición de los elementos fundamentales de callejero y abordados la definición y las líneas maestras a considerar en la georreferenciación, se pretende esbozar en este apartado algunos de los aspectos relevantes que plantea la implementación del sistema de información de callejero en una arquitectura de datos y procesos informatizados.

No creemos necesario justificar la necesidad de que los sistemas de información de consulta y mantenimiento de callejero se encuentren parcial o totalmente informatizados. Consideramos, dentro de un grado de consenso general sobre la gestión y distribución de la información, que cualquier conjunto de datos, numeroso, alterable en el tiempo y consultado frecuentemente, sólo puede suministrarse en los niveles de exigencia y calidad que se demandan mediante procesos y sistemas informáticos.

Dentro de una arquitectura genérica para la informatización de callejero, hay que destacar, como pieza nuclear, una base de datos en la que

se almacenen estructuradamente las diferentes entidades y los atributos asociados a cada una de ellas de los que se tenga capacidad, conocimiento y competencia para su captura, mantenimiento y consulta.

Alrededor de este banco de datos es necesario integrar las herramientas adecuadas que permitan ejecutar las actividades de entrada, mantenimiento, consulta, difusión de datos, control de calidad y relación con otros sistemas y fuentes de información asociadas.

Uno de los rasgos fundamentales que deberá primarse en el diseño de la base de datos es su optimización para la consulta de información, sin que por ello se pueda renunciar al aseguramiento de la integridad referencial de los datos.

Por otro lado, si se implementa un callejero georreferenciado, dentro del apartado de base de datos será necesario plantearse la conveniencia de que la información gráfica se gestione a partir de una base de datos geográfica.

Independientemente de la dimensión del sistema ante el que nos encontremos, de forma genérica, será necesario acometer la integración informática de los siguientes subsistemas:

- Subsistema de acceso al sistema
- Subsistema de seguridad
- Subsistema de entrada y mantenimiento de los datos, gráficos y alfanuméricos
- Subsistema de difusión: impresión, transferencias de datos, productos gráficos y alfanuméricos, etc.
- Subsistema de estadísticas e informes
- Subsistema de calidad.

Una definición más precisa de esta estructura excede el propósito de este artículo, si bien queremos dejar constancia que, pese a la relativa complejidad de sus procedimientos y estructuras, hoy en día es posible un sistema basado en arquitecturas de software y hardware que cuenten con una relativamente alta capacidad de adaptación (escalabilidad) a necesidades y recursos de distinto nivel y propósito y, por lo tanto, asequibles para la mayoría de las organizaciones que se propongan abordar el tratamiento de su información de callejero informativamente.

## Normalización

Según la definición del diccionario de la Real Academia, normalizar es “Regularizar o poner en orden lo que no lo estaba”.

El concepto de Normalización es una actividad colectiva relacionada con la estandarización de productos, medidas, dimensiones y todo aquello que potencie los intercambios entre diferentes componentes de una línea productiva. Este concepto, originario de entornos industriales, se está convirtiendo en un requisito en la implementación de los sistemas que tengan como objetivo el tratamiento estandarizado de la información y la difusión de sus datos.

Uno de los principales estímulos que tienen los callejeros municipales para su normalización es el mandato que, desde el Instituto Nacional de Estadística (INE)<sup>6</sup>, obliga a estructurar la información de una determinada manera, para que anualmente ésta, al igual que otra referente a los datos del Padrón, pueda ser facilitada a dicho organismo en formatos digitales legibles para sus sistemas, homogéneos para todos los ayuntamientos y estables en el tiempo (comparaciones interanuales).

Algunas de las principales normas que se han establecido desde este organismo son las siguientes:

- Una vía está definida por su tipo y denominación.
- No puede existir una combinación tipo-denominación igual para dos vías del mismo municipio.
- Se deberán asignar códigos de vía distintos a cada una de las vías físicas detectadas.
- Los tipos de vial serán recopilados por el INE y sólo este organismo podrá modificar dicho conjunto de tipos.
- Deberá numerarse toda entrada principal e independiente que dé acceso a viviendas y locales, cualquiera que sea su uso.
- Los números pares estarán de forma continuada en la mano derecha de la vía y los impares en la izquierda.
- Para evitar los duplicados se añadirá una letra (A, B, C, ...) al número común.
- Los solares por construir se tendrán en cuenta por su anchura, posición o futuro destino, reservando los números que se juzguen convenientes, con el fin de evitar en lo venidero modificaciones de numeración en la calle o vía a que pertenezcan<sup>7</sup>.

Estos principios reguladores básicos deben complementarse con un catálogo extenso de normas que establezcan la forma en la que se debe estructurar la información y expresar el conjunto de datos para que podamos hablar de un sistema normalizado en detalle.

Una relación de los aspectos que pueden ser incluidos en el proceso de normalización es la siguiente:

- *Datos:*
  - Extensión máxima/mínima y tipo de dato (numérico, carácter, fecha, etc.) de todas las informaciones.
  - Establecimiento de los conjuntos de valores admisibles, de todas aquellas informaciones que cuenten con un umbral de respuestas preestablecidas (tipos de vía, partículas).
  - Definición del juego de caracteres admitido en función del idioma.
  - Consideración del formato de fecha válido y los umbrales de fechas admisibles.
  - Definición de formatos de difusión, gráficos y alfanuméricos.
  - Establecimiento de indicadores de calidad de los datos.

<sup>6</sup> Resolución de 9 de Abril de 1997, BOE (11/04/1997), págs. 11455 y 11456, Revisión de los callejeros de sección.

<sup>7</sup> BOE (08/04/1995), págs. 10561, ANEXO III, Identificación de edificios y viviendas.

- Estandarización de estadísticas de los datos y de los procesos de actualización.

- *Entidades:*

- Definición precisa de las entidades básicas y de sus atributos esenciales.
- Definición y establecimiento de las relaciones de integridad referencial entre los diferentes elementos de una entidad y entre las diversas entidades.

- *Procesos:*

- Acciones desencadenadas por los procesos de Alta, Baja o Modificación, de cada una de las entidades.
- Definición de métodos de consulta.
- Definición de métodos de difusión.
- Establecimiento de indicadores de calidad de los procesos.

Debe ser esta labor de normalización una tarea rigurosa y precisa que, aunque incrementa el coste inicial de los sistemas, redundará en la calidad y el rendimiento tanto del sistema en sí como, y sobre todo, de los datos y la información gestionada.

## Calidad

Resulta fundamental, tanto para el proveedor como para el destinatario de un producto o servicio, conocer la calidad del mismo. La rotundidad de esta afirmación se pierde cuando intentamos concretar y medir dicha prestación, aspecto que complica sustancialmente la implantación de iniciativas y sistemas de calidad.

El concepto de calidad ha tenido diversos enfoques en el tiempo. Se ha dirigido hacia el cliente, como *adecuación para el objetivo* (Deming), *adecuación para el uso* (Juran); o también hacia el proveedor, como *conformidad con las especificaciones* (Crosby) o *satisfacción del cliente al más bajo coste* (Feigenbaum).

Aquí se adoptará la combinación de todas ellas bajo el concepto de calidad total que, de forma simplificada, se expresa como la *satisfacción de las expectativas del cliente externo e interno al menor coste posible*<sup>8</sup>.

En este contexto, debemos preguntarnos si existe un Plan de Calidad en la organización que ofrece el servicio, en concreto, si el servicio de callejero dispone de un plan propio, si al menos existen iniciativas en este aspecto conforme a algún modelo (EFQM, CAF, son los más empleados en las administraciones públicas), tales como cartas de servicios que informen de los compromisos de calidad en su prestación, así como de los derechos de los usuarios en relación con estos servicios<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Dirección General de Inspección, Simplificación y Calidad de los Servicios (INSCAL), consultar en [www.igsap.map.es](http://www.igsap.map.es)

<sup>9</sup> Real Decreto 1259/1999, de 16 de julio, por el que se regulan las cartas de servicios y los premios a la calidad en la Administración General del Estado consultar en <http://www.mir.es/sites/mir/derecho/rd/rd1259-1999.html>

La normalización, la informatización, la georreferenciación, pueden ser consideradas herramientas imprescindibles para generar productos y servicios de calidad, sin embargo, por sí solas no garantizan la misma y deben, por lo tanto, integrarse en un contexto de calidad acorde con los recursos aportados para el sostenimiento del sistema.

Como planteamiento inicial nos vamos a limitar a proponer algunas de las cuestiones que podrían tratarse para hacer un primer diagnóstico:

- *Situación con respecto a los criterios de normalización propuestos por el INE:*
  - Ausencia de clases de vial no normalizadas: Sí, No (porcentaje)
  - Ausencia de partículas de vial no normalizadas: Sí, No (porcentaje)
  - Ausencia de numeraciones no normalizadas: Sí, No (porcentaje)
  - Ausencia de combinaciones de Clase-Denominación de vial repetidas: Sí, No (porcentaje)
  - Ausencia de direcciones repetidas: Sí, No (porcentaje)
- *Amplitud de los datos:*
  - Inclusión de Puntos Kilométricos (Pks): Sí, No
  - Generación de fonos a partir de las denominaciones de vial: Sí, No.
  - Inclusión de Topónimos: Sí, No
  - Gestión de históricos: Sí, No
  - Inclusión y mantenimiento de atributos complementarios (Código Postal, Datos administrativos, Otros): Sí (cuáles), No.
- *Informatización del sistema:*
  - Gestión digital del callejero: Sí, No
  - Almacenamiento de la información basado en Sistema de Gestión de Base de Datos (SGDB): Sí, No
  - Implementación de integridad referencial entre entidades y atributos: Sí, No
  - Implementación de herramientas de captura y gestión digital de los datos: Sí, No.
  - Implementación de herramientas de consulta de callejero: Sí, No.
  - Implementación de herramientas de consulta avanzada de callejero (consulta por códigos, consulta aproximada, consulta por fonos, consulta separada por elementos de una dirección, consulta por fechas de alta, baja, etc., consulta por atributos complementarios, etc.): Sí, No.
- *Georreferenciación y cartografía digital:*
  - Direcciones georreferenciadas: Sí, No (porcentaje).
  - Direcciones históricas georreferenciadas: Sí, No (porcentaje).
  - Viales georreferenciados: Sí, No (porcentaje).
  - Puntos kilométricos georreferenciados: Sí, No (porcentaje).
  - Topónimos georreferenciados: Sí, No (porcentaje).
  - Implementación de sistema de cartografía digital para la captura y mantenimiento de la información gráfica: Sí, No.

– Implementación de un sistema de consulta e información basado en métodos de búsqueda gráficos (selección en el plano, navegación cartográfica, etc.): Sí, No.

- *Difusión de los datos:*

- Difusión digital de la información: Sí, No
- Existencia de productos específicos de difusión digital de callejero: Sí, No
- Difusión en formatos de cartografía digital: Sí, No
- Implementación de sistema de consulta digital pública: Sí, No.
- Implementación de sistema avanzado de consulta digital pública: Sí, No.
- Implementación de sistema de consulta pública vía web: Sí, No.
- Implementación de sistema de consulta avanzada pública vía web: Sí, No.
- Implementación de sistema de adquisición, con o sin coste, de datos en formato digital, vía web: Sí, No.
- Implementación de Servicios Web para la difusión de datos: Sí, No.
- Implementación GeoServicios Web para la difusión de datos: Sí, No.
- Implementación de otros sistemas digitales de transferencia de datos: Sí, No.

La evaluación del sistema a partir de preguntas como las que se acaban de indicar, nos da la oportunidad de reflexionar sobre las características del callejero que estamos analizando y puede servir para hacer un primer diagnóstico, sobre el cual articular el consiguiente plan de acción y plan de calidad, en función de las prioridades de evolución hacia las que nos orientemos.

## **CALLEJERO AVANZANDO: ASPECTOS COMPLEMENTARIOS**

Los callejeros municipales tienen la función principal de registrar; ajustándose a la normativa, el conjunto de direcciones existentes en la ciudad.

Adicionalmente, y en la medida en que se aspira a dar un servicio más completo, pueden implementarse diferentes aspectos que implican una mayor complejidad del sistema, pero que, al mismo tiempo, permiten establecer diferencias cualitativas entre unos y otros callejeros.

Comentamos a continuación algunos de estos aspectos:

### **Búsqueda avanzada**

Independientemente de su valor registral y administrativo, el principal uso que se realiza de los callejeros es la solicitud de información a partir de alguno de los atributos de la dirección, generalmente la denominación del vial y el número.

El record de velocidad para este tramo de carretera  
no lo fijó un deportivo, fue un topógrafo.

Es sorprendente la velocidad a la que se puede viajar por una carretera como esta. Especialmente cuando un topógrafo tiene la ventaja de trabajar con las soluciones topográficas Trimble. Nuestros productos no sólo son robustos y ligeros, además están diseñados con un interface de trabajo y datos común. Esto simplifica el flujo de tareas, incrementando la productividad y minimizando la curva de aprendizaje. Adicionalmente los equipos Trimble ya están preparados para el nuevo código L2C. Si desea conocer porqué Trimble debería ser su solución topográfica visítenos en [www.trimble.com](http://www.trimble.com)



 **Trimble.**  
[www.trimble.es](http://www.trimble.es)

Distribuidor en España

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

[www.santiagoocintra.es](http://www.santiagoocintra.es)  
Tel +34 902 12 08 70

Las posibilidades de implementación de algoritmos de búsqueda sobre el conjunto de datos que componen una dirección son variadas. A continuación se comentan algunos de los más comunes y aquellos otros a considerar en la elaboración de consultas que persigan un mayor éxito en la generación de resultados.

Los aspectos a considerar por orden de complejidad son los siguientes:

- Búsqueda exacta
- Búsqueda aproximada por los extremos de la cadena
- Búsqueda aproximada acortando el extremo final de la cadena
- Búsqueda aproximada ortográfica.

La forma de estructurar digitalmente los datos resulta crítica en este punto.

En aquellos callejeros en los que se simplifica la dirección, al extremo de agrupar todos sus componentes, descritos en anteriores apartados (ver La dirección), en un solo campo o columna de base de datos, la existencia de cualquier ambigüedad, inexactitud o carencia en el texto de búsqueda aportado al realizar la consulta, puede impedir que, a pesar de utilizar métodos de búsqueda aproximada, no se obtenga un buen índice de éxitos.

Es, por lo tanto, aconsejable en este proceso de consulta de la información, separar en tablas y campos diferentes cada una de las partes de la dirección, de forma que en el caso de no obtener una búsqueda exacta en relación al valor aportado, poder buscar resultados aproximados, considerando combinaciones de partes de la dirección, hasta localizar aquella que sea errónea o ausente.

Para hacer este punto más comprensible, se va a explicar el funcionamiento de los diferentes métodos con un ejemplo. Partiendo de una dirección relativamente compleja como:

**AVENIDA DEL RINCÓN DEL BARCO DE AVILA 32 B**

podríamos encontrarlos con algunos de los siguientes casos:

- *Búsqueda exacta sobre dirección NO almacenada estructuradamente*  
Sólo obtendría resultados si se incluyesen todos los caracteres que componen la dirección en el mismo orden.

- *Búsqueda exacta sobre dirección almacenada estructuradamente*

Al poderse buscar separadamente por las diferentes partes de la dirección, casos como los siguientes sí podrían obtener respuesta:

calle	DEL	RINCÓN DEL BARCO DE AVILA	32	B
AVENIDA		RINCÓN DEL BARCO DE AVILA	32	B
AVENIDA		RINCÓN DEL BARCO DE AVILA	32	
		RINCÓN DEL BARCO DE AVILA		

Como creemos demostrada la conveniencia de separar las diferentes partes de la dirección para optimizar la búsqueda y aumentar las posibilidades de consulta, incrementando al tiempo la tolerancia a la imprecisión en los datos aportados por el solicitante de información de callejero, queremos centrarnos en la que consideramos es la parte nuclear de la dirección: la denominación del vial.

- *Búsqueda aproximada por los extremos de la cadena.*

Para una solicitud de este tipo:

**BARCO DE AVILA**

este método permite encontrar la denominación deseada, al admitir cualquier otro caso que contenga la palabra o conjunto de palabras dentro de la dirección.

Por lo tanto, estamos ante un método óptimo para localizar denominaciones en las que se ha omitido, al principio o al final, una o varias de las palabras que la componen.

Esta versatilidad es penalizada por la posibilidad de que junto con la dirección deseada se incluyan otras que dificulten la selección o hagan dudar sobre la bondad de la búsqueda.

Pero éste método no resuelve todos los errores u omisiones que comúnmente se introducen al solicitar información de un callejero.

En los casos en los que la incorrección u ausencia de información se encuentra dentro de la palabra, o conjunto de palabras, aportadas por el usuario, las posibilidades de éxito se reducen considerablemente, sin embargo existen algunas formas de arrojar algún resultado, aunque sea con la penalización de la falta de precisión que señalábamos en líneas precedentes.

Los dos métodos siguientes son propuestas en este sentido.

- *Búsqueda aproximada por carácter u ortográfica.*

Este método consiste en el encadenamiento de búsquedas sustituyendo en cada una de las búsquedas uno de los caracteres de la cadena, hasta obtener algún resultado.

La bondad de este método se puede comprobar para ejemplos como este:

Si introducimos una solicitud como:

**RINCÓN DEL BARCO DE AVILA**

Con este método a la cuarta búsqueda se encontraría un elemento del conjunto de datos que cumpliera con el patrón:

1	RINCÓN DEL BARCO DE AVILA
2	RINCÓN DEL BARCO DE AVILA
3	RINCÓN DEL BARCO DE AVILA
4	RINCÓN DEL BARCO DE AVILA

- *Búsqueda aproximada acortando el extremo de la cadena.*

Finalmente, proponemos un método que permite detectar errores u omisiones de más de un carácter:

Basándose en la misma forma de proceder que el anterior; consiste en ir substituyendo carácter a carácter por el extremo final de la palabra o conjunto de palabras, hasta que la búsqueda devuelva algún resultado.

Como podrá suponerse, la imprecisión de este método y su lentitud lo hacen desaconsejable en la mayoría de los casos.

Con el ejemplo anterior se puede ver más claramente su forma de proceder:

Para una solicitud como:

RINCÓN BARCO DE ABILA	
1	RINCÓN BARCO DE ABIL%
2	RINCÓN BARCO DE ABI%
3	RINCÓN BARCO DE AB%
4	RINCÓN BARCO DE A%
5	RINCÓN BARCO DE %
6	RINCÓN BARCO DE%
7	RINCÓN BARCO %
8	RINCÓN BARCO%
9	RINCÓN BARC%
1	RINCÓN BAR%
0	
1	RINCÓN BA%
1	
1	RINCÓN B%
2	
1	RINCÓN %
3	

Una vez abordados algunos de los diferentes métodos de búsqueda que pueden implementarse para desarrollar un servicio de localización de direcciones avanzado, destacamos la existencia de otro concepto que multiplica las capacidades de búsqueda de los callejeros digitales, como es el de fono.

El fono, en el contexto en el que nos encontramos, se define como toda palabra que compone el nombre de un vial, sin considerar los artículos, conjunciones, preposiciones, o cualquier otra que carezca de interés semántico. Así mismo, también se pueden incluir y relacionar con las denominaciones de vial palabras con errores ortográficos (b-v, h, etc.) y palabras de difícil ortografía (p.e. términos de otras lenguas). La clave para la búsqueda se encuentra en el almacenamiento de dichas palabras individualizadamente, pero manteniendo la relación con la denominación del vial al que pertenecen, de tal forma que es posible a partir de cualquiera de estas palabras recuperar el vial al que pertenece, junto con todos aquellos que contengan esa misma palabra. Si a esto le añadimos los métodos de búsqueda aproximada, mencionados en líneas precedentes, el objetivo de facilitar al solicitante de información una respuesta lo más ajustada posible a su solicitud estará más cerca de nuestro alcance.

Otros puntos de vista desde los que puede ser interesante la implementación de métodos alternativos de búsqueda son los que aportan

como dato de solicitud de información otro parámetro, como puede ser un atributo asociado: distrito, barrio, sección censal, etc. Estas búsquedas explotan una dimensión del callejero poco habitual, pero que en muchos casos pueden ser de gran utilidad.

Al mismo tiempo, el almacenamiento y gestión de direcciones y relaciones históricas en los callejeros digitales incrementa significativamente las posibilidades de búsqueda, si bien la dificultad en la interpretación de los datos obliga a incrementar la complejidad de los procedimientos de búsqueda y de las estructuras de presentación de los datos.

No obstante, estos dos últimos aspectos, búsqueda por otros atributos independientes a la denominación y búsqueda de información histórica, serán abordados con mayor profundidad en apartados siguientes.

Finalmente, parece lógico plantearse que en un futuro no muy lejano los callejeros deberán implementar búsquedas que admitan como información aportada entidades expresadas por su definición espacial, es decir; que facilitando pares de coordenadas del sistema tenga que devolver información del tipo: dirección más próxima, direcciones incluidas, direcciones incluidas en un tramo de vial, etc.

### Atributos relacionados a la dirección: codificación postal, datos administrativos (distrito, barrio, sección censal)

La información de callejero se encuentra directa e indirectamente relacionada con un número importante de otros subsistemas de datos.

Tradicionalmente se ha vinculado muy directamente con información de carácter administrativo, involucrada en la propia gestión de la ciudad.

Estos atributos de tipo oficial (Provincia, Municipio, Distrito, Barrio, Sección) son imprescindibles en el caso de los callejeros Municipales, pero tienen también relevancia en los callejeros de tipo comercial.

La misma filosofía de incorporar al sistema de callejero información complementaria, cuenta con la enorme ventaja de que automáticamente estamos procediendo a la georreferenciación de la misma. No obstante, no podemos perder de vista que será preciso reforzar los mecanismos de actualización de las relaciones y establecer los procedimientos que garanticen la correcta integración con las fuentes oficiales de cada dato complementario, de forma que se pueda garantizar la calidad de la información de valor añadido que se está suministrando. Un ejemplo concreto de este tipo de información es el suministro de la codificación postal asociada a una dirección. Pese a que éste no es un atributo específico de la información de callejero, el esfuerzo de establecer y mantener la relación entre dicha sectorización y cada una de las direcciones del Municipio permite, cuando menos, suministrar una información valiosa para todos aquellos servicios y aplicaciones asociados a la emisión informatizada de cartas y notificaciones.

Siguiendo esta línea, se pueden establecer diferentes subconjuntos de atributos que pueden ser de gran utilidad en función del objetivo perseguido por el callejero.



**Figura 1. El callejero histórico, un aspecto imprescindible en el conocimiento de la ciudad. Las Palmas de Gran Canaria, Abril 2005**

Para callejeros de tipo oficial, datos como las categorías fiscales, los datos administrativos, el planeamiento, pueden convertir a los callejeros en el soporte de referencia de una parte importante de la información corporativa municipal.

En lo que se refiere a callejeros de tipo comercial, dependerá mucho de la información de negocio que esté asociada al servicio que prestan. En el caso de las empresas de suministro de energía e infraestructuras tecnológicas, es posible que haya un buen número de datos técnicos que sea conveniente relacionar, al menos a escala de dirección (acometidas, presión, potencia, número de usuarios, etc.). En otros casos, en callejeros de tipo turístico, la integración de callejero deberá relacionarse con el subconjunto de edificios y lugares de interés. En este sentido también es mucho lo que se puede hacer en función de la dimensión que se ofrezca en la captura de los datos de callejero con la toponimia, como señalamos más adelante.

En cualquier caso, y al no ser ésta una información propia de callejero, es necesario tener claro que los sistemas de callejero deben implementar los procedimientos necesarios para actualizar sus datos con los de las fuentes originales, sin que por ello se pierda todo el trabajo de captura y mantenimiento de relaciones.

### **Callejero Histórico**

La dinámica de crecimiento y reforma de los espacios urbanos implica cambios morfológicos que afectan a los callejeros en la medida en que pueden verse modificados el trazado de viales y la ubicación de edificaciones. La información de callejero es, desde esta perspectiva, un conjunto de datos vivo, que va reflejando la evolución del desarrollo urbano del ámbito al que se refiere.

Tanto por el legítimo valor que tiene para la ciudad el mantenimiento de la información histórica de su callejero como por los requerimientos que desde instancias jurídicas o similares se le hacen a los organismos que tienen asignada la responsabilidad de mantener dicha información y cer-

tificar la validez de una dirección y su historia, parece justificada la consideración de mantener estos datos y sus relaciones.

La dimensión histórica del callejero es la única que puede garantizar la validez integral de los datos relativos a las direcciones de la ciudad, especialmente si tenemos en cuenta la peculiaridad de la codificación de callejero, en la que existe y es frecuente la duplicidad registral de denominación de vial – numeración, en diferentes períodos. Este es el principal motivo que podemos considerar que obliga, cuando menos a los organismos públicos responsables del suministro de dicha información, a tener presente en la implementación de su sistema de información.

No es descartable, por otra parte, que puedan existir otras instituciones o empresas en las que dicha información sea relevante para resolver un subconjunto de identificaciones registrales ambiguas o erróneas, generadas por reenumeraciones, absorciones o prolongaciones.

La implementación de este componente histórico incrementa considerablemente la complejidad del sistema y las tareas de mantenimiento de la información. Los elementos que se ven involucrados son, cuando menos, las entidades básicas definidas en la estructuración de callejero y que podemos resumir, en el despliegue de la información histórica de

- Viales
- Denominaciones de vial
- Clases de vial
- Aproximación Postal
- Numeración.

Esta estructura básica permite conocer la historia de cualquier dirección vigente e identificar la dirección vigente, si la hubiese, de una histórica. Ambos tipos de consulta refuerzan el valor que como instrumento de georreferenciación debe tener el callejero.

### **Puntos Kilométricos**

La paulatina especialización vial de las principales arterias urbanas, orientadas al transporte y no a la ubicación de edificaciones y, por lo tanto, la ausencia de entidades de referencia postal (direcciones), ha potenciado el valor de los puntos kilométricos como elementos de gran importancia en la georreferenciación urbana.

Los puntos kilométricos pueden considerarse en callejero como una dirección más, discriminada por encontrarse dentro de un tipo concreto pero que igualmente cuenta con un vial adecuadamente denominado y una numeración, que en este caso se corresponde con la división kilométrica asignada a dicho vial. Un ejemplo de ese tipo de denominaciones podría ser: AUTOVIA M-40 kilómetro 34,5

Pese a que la tendencia habitual es considerar en el callejero la relación de direcciones (Vial, número) de la ciudad, integrar esta información en el sistema, además de registralmente oportuno, permite el acceso, por las mismas herramientas diseñadas para el resto de direcciones, a un

subconjunto muy importante de puntos de la ciudad en los que hay generado un interés creciente, expresado de forma explícita en la mejora de la eficacia de actividades de la relevancia de los servicios de emergencias y ayuda en carretera que son, en líneas generales, unos de los principales demandantes, cuantitativa y cualitativamente, de información útil para el geoposicionamiento.

### **Conectividad de la malla viaria**

La expresión simplificada de los callejeros digitales georreferenciados, representada por una nube de puntos, que se interpretan como el conjunto de pares de coordenadas donde se registra geográficamente la ubicación de todas las direcciones de la ciudad, puede enriquecerse, considerando las características y la dinámica de la entidad superior en la que se insertan todas las numeraciones. Nos referimos a la consideración del subconjunto de información que aporta la incorporación de atributos relativos a la malla viaria y sus relaciones de integridad, dentro del sistema de callejero.

En apartados precedentes se ha definido el vial como entidad esencial de un callejero mínimamente estructurado. La malla viaria puede definirse como una entidad jerárquicamente superior al vial, que está compuesta por el conjunto de viales que componen una determinada unidad territorial y en la que se consideran como atributos más representativos aquellos que expresan las relaciones de conectividad entre sus miembros.

Desde un punto de vista de cartografía digital y de un software adecuado para su uso, la malla viaria tiene como objetivo la navegabilidad por sus elementos. Ajustándose a la lógica de callejero, el objetivo básico que puede tener la integración de algunos de los atributos de la malla es facilitar la georreferenciación de espacios urbanos comúnmente conocidos por algún aspecto de conectividad. Concretando, posibilitar la georreferenciación de tramos, cruces, comienzo/termina, par/impar, puede constituir la información básica sobre la que se apoyen datos específicos de diversas actividades (sentido de la circulación, anchura de tramos, densidades circulatorias, valoración catastral, etc.) y una nueva forma de facilitar la georreferenciación.

Resolver localizaciones frecuentemente utilizadas como 'Cruce entre la vía 1 y la vía 2' o 'En el punto donde termina la vía 3', incrementa la versatilidad del callejero y facilita la expansión de esta información al resto de datos, como, por ejemplo, 'Direcciones próximas al cruce de la vía 1 con la vía 2', 'Direcciones pares de la vía que se ubica entre el cruce de las vías a con b y c con d', 'Direcciones del vial que empieza en el vial', etc.

Adicionalmente, y desde el punto de vista de los trabajos de mantenimiento del callejero, la integración de la malla viaria en la estructura de callejero puede mejorar las posibilidades de automatización de la actualización de determinados datos.

### **Toponimia**

De forma similar a lo comentado en el apartado de los puntos kilométricos, la toponimia es un complemento valioso en la conformación de un callejero digital georreferenciado.

Por toponimia se entiende aquellas referencias de la unidad espacial considerada que, bien por sus dimensiones, por su morfología o por su singularidad, cuentan con una denominación propia, independientemente de que, como el resto de elementos urbanos, cuenten con una o varias direcciones.

Por lo tanto, al hablar de toponimia estamos considerando todo el resto de espacios que no son descritos por ese subconjunto de topónimos, ya abordado, que son los viales. Su tamaño, su forma y su ubicación puede ser muy diferente, sin embargo todos cuentan con alguna peculiaridad que los hace urbana y socialmente reconocidos por el común de instituciones y habitantes.

Dentro de la estructura de callejero pueden ser integrados, sin mayores problemas, de forma similar a como son considerados los viales; con una definición física relacionada con una denominación normalizada, que puede ser variable en el tiempo.

Además de su integración en la estructura de callejero, un complemento muy importante, que aporta mayor versatilidad en el acceso a la información de callejero, es establecer y mantener las relaciones entre un topónimo y el resto de direcciones y otros topónimos, es decir, facilitar la consulta de información de otros topónimos que se puedan encontrar incluidos y las direcciones con las que puedan estar asociados.

A su vez, la estructuración de topónimos también se puede abordar de una forma más compleja, diferenciando en su modelización entre unos tipos de topónimos y otros.

Una propuesta básica en este sentido sería diferenciar entre topónimos de ámbito (parques, jardines, colonias, polígonos, complejos, etc.) y puntuales (fuentes, monumentos, estatuas, edificios públicos, etc.). Cada uno de ellos puede contar con unos atributos específicos y, lo que es más importante, con una caracterización en lo que se refiere a sus posibilidades de relación con otros topónimos y direcciones.

En definitiva, la incorporación del almacenamiento de topónimos dentro de la estructura de datos de un callejero digital georreferenciado, además de registrar una parte importante de elementos que en un callejero simplificado vial-número se desprecian, incrementa la potencialidad de las búsquedas, al incluir elementos que, por lo general, están más difundidos y centralizan un buen número de relaciones con el resto de entidades del callejero.

### **Servicios Web**

Se aborda en este último apartado un punto más relacionado con aspectos tecnológicos que con los datos.

El motivo por el que se incluye dentro de este artículo es porque consideramos que se trata de un concepto técnico que, desde un punto de vista teórico, se adapta óptimamente a las funciones de difusión de un tipo de información caracterizada por dos limitantes fundamentales: mantenimiento centralizado, costoso y que precisa personal especializado y demanda de información diversificada y dispersa, y que la implantación de un sistema que permita la distribución de datos teniendo en cuenta ambos aspectos, supone, al igual que el resto de puntos tratados, un salto cualitativo destacable con respecto a los procesos de acceso a la información convencionales.

Evitando profundizar en definiciones muy técnicas, se puede decir que un servicio web es una aplicación de red que permite la interacción entre aplicaciones, utilizando estándares basados en la web y a través de interfaces bien definidas y públicas.

También consideramos interesante incorporar la definición y los requisitos que deben cumplir dichos servicios, expresados en un artículo desarrollado por Microsoft<sup>10</sup>:

*“Un servicio Web es lógica de aplicación programable y accesible mediante protocolos de Internet ... cinco requisitos para el desarrollo basado en servicios:*

- *Una forma estándar de representar datos*
- *Un formato de mensajes común y ampliable*
- *Un lenguaje de descripción de servicios común y ampliable*
- *Una forma de descubrir servicios que se encuentran en un sitio Web concreto*
- *Una forma de descubrir proveedores de servicios”*

Concretando los aspectos más interesantes de estas definiciones, lo que permite la implantación de un servicio web es la distribución de la información a través de un sistema accesible informáticamente mediante aplicaciones estándar, no sólo bajo la petición de usuario/operador, sino también, y fundamentalmente, a partir de la demanda de otras aplicaciones. Es decir, que el método tradicional y más comúnmente utilizado de carga masiva de información a partir de una versión de los datos a una fecha determinada, puede ser reemplazado por un acceso directo al origen de los datos o por unos mecanismos de actualización mecanizada. Esta distribución puede realizarse indistintamente de atributos en formato alfanumérico como de atributos en formato cartográfico.

Por lo tanto, no es difícil percibirlo como la posibilidad de implementar una solución que ofrezca una alternativa a la proliferación de callejeros, parciales y desactualizados, y que adicionalmente pueda convertirse en la fuente de información oficial y única en lo que a callejero se refiere, puede ser, además de una magnífica fórmula de optimizar recursos, un

ejemplo excelente de puesta en marcha de un servicio de información pública de calidad.

## CONCLUSIONES

La información de callejero se ha consolidado como un subconjunto de datos relevante y en muchos casos estratégico para un gran número de servicios y actividades.

Tanto desde la perspectiva del servicio público municipal encargado del registro oficial de direcciones, como de cualquier empresa u organización en la que la información de callejero sea un dato relevante, es posible implementar un sistema que garantice una captura adecuada de los datos, orientado a un mantenimiento fácil y duradero y a una consulta ágil y flexible.

Normalización, georreferenciación e implementación informática deben ser tres de los pilares fundamentales del sistema que se propone y, en consonancia con un plan de acción y un plan de calidad que tengan en cuenta los recursos y necesidades de la organización, van a ser la base de un servicio de almacenamiento y distribución de datos ajustado a los requerimientos que nos planteemos, escalable y, por lo tanto, de gran potencialidad.

Aspectos avanzados que complementen y enriquezcan los datos y herramientas del callejero pueden situarnos a la cabeza en la gestión y en calidad de información de este tipo, por lo que implican un salto cualitativo, comparativamente relevante, con respecto a la percepción que tenemos del estado medio de la información de callejero en la actualidad.

## REFERENCIAS

- APARISI LAPORTA, Luis Miguel, 2.001, *Toponimia madrileña: proceso evolutivo*. Madrid: Gerencia Municipal de Urbanismo, D.L. 2001.
- Geograma, S.L., 2.005, *Geoservicios; ¿Qué son los geoservicios?* Geograma, S.L., 2005 consultar en <http://www.geograma.com>
- KIRTLAND, Mary, 2.001, *Una plataforma para servicios Web*. Microsoft Developer Network consultar en [http://msdn.microsoft.com/library/spa/default.asp?url=/library/SPA/dntaloc/html/websvcs\\_platform.asp](http://msdn.microsoft.com/library/spa/default.asp?url=/library/SPA/dntaloc/html/websvcs_platform.asp)
- MORENO JIMÉNEZ, Antonio (director), 2.001, *Geomarketing con Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid y Asociación de Geógrafos Españoles, 138 páginas. ISBN: 84-922182-6-6.
- VILLAMIZAR PEREIRA, Nuria Esperanza, 2.003, *Implementación de un servicio web para geocodificar una dirección*. Barcelona, Master en Sistemas de Información Geográfica, Fundación Politécnica de Cataluña Españoles.
- BOE núm. 87, de 11 de abril de 1997, *Resolución de 9 de abril de 1997*, de la subsecretaria del Ministerio de la Presidencia, por la que se dispone la publicación de la resolución de 1 de abril, de la Presidenta del Instituto Nacional de Estadística y del Director General de Cooperación Territorial, por la que se dictan instrucciones técnicas a los Ayuntamientos sobre la gestión y revisión del padrón municipal. ■

<sup>10</sup> Kirtland, Mary 2001: *Una plataforma para servicios Web*, Microsoft Developer Network, consultar en [http://msdn.microsoft.com/library/spa/default.asp?url=/library/SPA/dntaloc/html/websvcs\\_platform.asp](http://msdn.microsoft.com/library/spa/default.asp?url=/library/SPA/dntaloc/html/websvcs_platform.asp)

# Métodos de determinación de las altitudes ortométricas empleando la tecnología GPS

Octavian Roman  
UNIVERSIDAD DUNAREA DE JOS (RUMANIA)

## Resumen

*Este artículo trata acerca de las posibilidades de determinar las altitudes ortométricas. En él se presentan los siguientes temas: unas nociones generales concernientes a la utilización del GPS para la determinación de la altitud elipsoidal, modelos para el cálculo del geoide, la utilización del GPS para la determinación de altitudes relativas y, finalmente, las altitudes ortométricas. La determinación de éstas puede hacerse mediante muy diversos métodos y cada uno ofrece distinta precisión en los resultados obtenidos.*

*El autor sugiere encontrar procedimientos más rápidos, mucho más precisos y eficaces para la determinación de las altitudes ortométricas, en lugar de hacerlo mediante la nivelación geométrica.*

## Abstract

*The work refers to the possibilities of causes the orthometrics height. There are resented: general notions concerning the utilization GPS for the determination of ellipsoidal height, models of geoid calculation, the utilization of GPS for the determination relative altitudes and finally of orthometrics altitudes. These can be determinated through the many methods, each of them offering the different accuracy for results obtained.*

*The author suggests to find quick possibilities, much more precise and efficient for the determination of orthometrics height otherwise than through geometrically levelling.*

## I. SISTEMAS DE ALTITUDES ORTOMETRICAS

Definir un sistema de altitudes consiste principalmente en:

- Escoger una superficie de referencia
- Adoptar una definición de carácter físico o geométrico, mediante la cual se describa la posición de los puntos sobre la superficie de la Tierra, con referencia a dicha superficie de referencia.

Las superficies de nivel no son paralelas. En cada punto del espacio se puede escribir la ecuación básica de la siguiente manera:  $dW = -g \cdot dn$ , mediante la que podemos establecer la dependencia entre la distancia  $dn$  y la diferencia de potencial  $dW$  que existe entre dos superficies de nivel infinitamente próximas.

El sistema de altitudes ortométricas se define como aquel en el que el geoide es la superficie de referencia y la altitud ortométrica es el segmento de la línea de fuerza comprendido entre la posición del punto sobre la superficie de la Tierra y el geoide respectivamente.

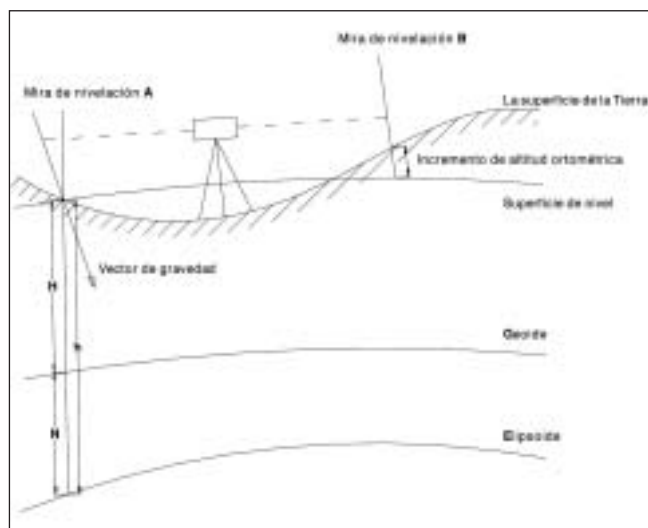
En la mayoría de los casos los geodestas están interesados en la altitud ortométrica, ya que es la que se mide sobre la superficie de referencia

identificada como geoide. La superficie del geoide es una de las superficies de la familia de superficies, o niveles equipotenciales, del campo de gravedad de la Tierra. Las superficies de nivel, como su nombre indica, son superficies de potencial gravitatorio constante.

El vector de gravedad, o dirección de la vertical, de cualquier punto, es perpendicular a la superficie de nivel que pasa por dicho punto.

La altitud ortométrica tiene un significado más físico que el geométrico de la altitud elipsoidal. La altitud ortométrica se determinaba tradicionalmente mediante las técnicas de nivelación, en las que los incrementos de altitud se obtenían intersectando tangencialmente la visual de un instrumento de nivelación con la superficie de nivel, empleando una mira de nivelación graduada, tal como se ilustra en la figura 1. El conocimiento de la altitud ortométrica es necesario para aquellos trabajos de precisión de ingeniería, tales como pantanos, tuberías, túneles, etc., que trabajan con fluidos y con el flujo de los mismos.

A lo largo del último siglo se admitió que la superficie promedio de los océanos era una buena aproximación de la superficie de nivel del campo gravitatorio terrestre y se elegía esta superficie como referencia para



**Figura 1: Geoide, elipsoide, la superficie de la Tierra y la nivelación**

las altitudes. El geoide se convirtió en un concepto muy empleado en la determinación práctica de la altitud ortométrica y las expresiones tales como "altitudes sobre el nivel medio del mar" y "altitudes sobre el geoide" se consideraban equivalentes en el contexto de la mayoría de las aplicaciones de medición.

Parece ser que no sólo los tradicionales métodos geodésicos y fotogramétricos de medición se han visto influenciados decisivamente por las posibilidades del GPS, sino también la propia geodesia física, en la determinación de las altitudes ortométricas, que está íntimamente relacionada, como ya se sabe, con la definición del geoide como superficie de referencia.

A continuación se presentan brevemente varios modelos de software y algunos ejemplos de este problema. En lo que respecta a la altitud, se podría plantear la siguiente cuestión: ¿Hacia dónde fluye el agua?

Esta pregunta solo puede ser contestada empleando la diferencia de potencial gravitatorio  $\mathbf{OW}$ :

$$\mathbf{OW} = W_j - W_i = \int_{P_i}^{P_j} g \Delta n = \int_{P_i}^{P_j} g \Delta h \quad (1.1)$$

que resulta de la combinación de la nivelación tradicional (diferencia de nivel  $\Delta n$ ) y la medición de la gravedad relativa (gravedad  $g$ ).

Las denominadas diferencias del potencial gravitatorio se llaman altitudes geopotenciales ( $C$ ). Para obtener una mejor determinación de la altitud, las altitudes geopotenciales del espacio gravitatorio se fijan en el espacio geométrico y esto se hace dividiendo por el valor determinado de la gravedad:

$$\bar{H} = \frac{C}{g} \quad (1.2)$$

este valor de la gravedad  $\bar{g}$  se escoge como el promedio de los valores de la gravedad a lo largo de la línea de fuerza  $P_i$ - $P_j$  (en el sentido de un promedio equilibrado generalizado)

$$\bar{g} = \frac{1}{H} \int_0^H g \Delta dH \quad (1.3)$$

en donde  $\bar{H} = H_{\text{orth}}$  es la altitud ortométrica.

La gravedad estándar  $Y$  se ha empleado en muchos países en lugar de la gravedad real, lo que conduce a la definición de la altitud ortométrica estándar o altitud de Helmert.

Por el contrario, el GPS ofrece unas diferencias precisas de altitudes elipsoidales  $\mathbf{Oh} = h_j - h_i$ , en el entorno de 0,1 a 1 ppm.

La diferencia entre la altitud elipsoidal  $h$  (magnitud medida mediante GPS) y la altitud ortométrica  $H$  (que es el dato buscado), es la altura del geoide u ondulación de geoide  $N$ , que se obtiene sencillamente mediante:

$$H = h - N \quad (1.4)$$

y en su forma diferencial:

$$H_j - H_i = (h_j - h_i) - (N_j - N_i) \quad (1.5)$$

que ahora desempeña un papel muy importante en la determinación de la altitud ortométrica relativa.

Con esto, la geodesia física ha recibido en la actualidad el reto de determinar la diferencia de altitud del geoide  $N_j - N_i$  con una precisión equivalente a la del GPS. La aplicación de la relación (1.4) no es posible, sobre todo debido a que la altitud absoluta del geoide no puede ser calculada con una precisión superior a los 0,5 m, debido a la escasa precisión del modelo global de la Tierra.

La altitud ortométrica no se refiere estrictamente al geoide, debido a que:

- En la relación (1.3) se emplea la gravedad estándar (corrección ortométrica estándar).
- No se han empleado ninguno de los diversos dispositivos de medición de niveles con líquidos.
- Las altitudes se calcularon de la forma más sencilla, sin tener en cuenta las correcciones ortométricas.

Así pues, las altitudes ortométricas se refieren al nivel cero (NN), que es una superficie de referencia cercana al geoide. Las desviaciones entre el geoide real y el nivel cero (NN) deben situarse dentro de unos límites de 0,4 m.

## 2. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LAS ALTITUDES ORTOMÉTRICAS EMPLEANDO TÉCNICAS DE GPS

### 2.1. Procedimiento para determinar las altitudes ortométricas mediante GPS, ignorando el efecto no lineal de la superficie del geoide

El hecho de que el sistema de GPS mida coordenadas o coordenadas relativas en el espacio tridimensional, presenta numerosas ventajas. La

reducción de las altitudes elipsoidales, provenientes directamente del sistema de GPS, a altitudes ortométricas, no es siempre posible, teniendo en cuenta la definición de la ondulación. Podemos resolver este problema creando un modelo de la superficie de la ondulación, denominado "mapa del geoides", pero esto requiere tiempo y medios. Además, para obtener la suficiente cantidad de mediciones del nivel del mar que haga seguro el método, este mapa debe ser lo suficientemente denso y durante la interpolación debe tenerse en cuenta el efecto no lineal de la superficie del geoides.

La idea es aplicar un modelo de transformación a los planos de referencia para definir las altitudes ortométricas. El método requiere disponer al menos de tres puntos comunes con altitudes elipsoidales en los dos sistemas, pero obtendremos una mejor solución si disponemos de más puntos. No se precisa de los valores absolutos de la ondulación ni de las longitudes y latitudes fijas, ya que se va a trabajar con los valores diferenciales de la ondulación.

### 2.1.1. Convirtiendo el elipsoide en geoides

Para convertir el elipsoide en geoides se necesitan al menos tres puntos con altitudes conocidas en ambas superficies, pero, como ya hemos mencionado, cuantos de más puntos comunes de altura conocida en ambas superficies se disponga, mejores resultados se obtendrán. Hay que señalar que es muy importante la geometría y la posición de los puntos conocidos. Supongamos ahora que concluimos el proyecto de GPS y que disponemos de altitudes ortométricas en más de tres puntos de la red GPS.

El procedimiento ha de efectuarse como se indica a continuación:

- Cálculo de los vectores entre todos los puntos (que suele obtenerse mediante el software estándar conectado en los receptores)
- Cálculo de la malla, mediante una compensación con un mínimo de restricciones
- Conversión del datum del sistema base al del sistema destino. En el sistema base encontraremos los puntos comunes en la red del GPS, estando cada punto descrito mediante su latitud, longitud y altitud elipsoidal. En el sistema destino, cada punto vendrá descrito por las mismas dos primeras componentes del sistema fuente (es decir la latitud y la longitud), pero la tercera componente será la altitud ortométrica.

Los parámetros que se van a obtener de cada transformación ayudarán a convertir el resto de los puntos de la red de GPS, que sólo disponían de altitudes elipsoidales, a altitudes ortométricas. Cada procedimiento ha

sido comprobado y examinado a partir de los informes estadísticos procedentes de la compensación de las superficies con restricciones mínimas y de los procedimientos de la transformación del datum.

### 2.1.2. Método del Modelo Matemático

Para transformar los elementos se utiliza un modelo matemático, que se basa en convertir, mediante siete parámetros, los datos fuente en datos destino. Se ha empleado un modelo que redujo el número de incógnitas a cuatro, asignando pseudo-valores a los puntos en relación con el centro geométrico de la configuración de los puntos conocidos. Así se elimina la necesidad de una solución a partir de la tres translaciones.

Éstas son las ecuaciones que definen la totalidad de la transformación:

$$\begin{aligned} X_1 &= x_1 + dX_1 + x_1 \Delta d \rightarrow 0 + x_3 \Delta a_2 - x_2 \Delta a_3 \\ X_2 &= x_2 + dX_2 + x_2 \Delta d \rightarrow x_3 \Delta a_1 + 0 - x_1 \Delta a_3 \\ X_3 &= x_3 + dX_3 + x_3 \Delta d \rightarrow x_2 \Delta a_1 - x_1 \Delta a_2 + 0 \end{aligned}$$

donde:

$|X_1| |X_2| |X_3|$  son las coordenadas geocéntricas del punto en el sistema destino,  $|x_1| |x_2| |x_3|$  son las coordenadas geocéntricas del punto en el sistema fuente,  $|a_1| |a_2| |a_3|$  son los ángulos de rotación,  $|dX_1| |dX_2| |dX_3|$  son las traslaciones y  $d \rightarrow$  es el factor de escala.

Las anteriores ecuaciones permiten calcular los pseudo-valores ( $OX_i, OX_i$ ):

$$\begin{aligned} OX_i &= X_i - SX_i \\ OX_i &= x_i - sx_i \quad (i = 1, 2, 3) \end{aligned}$$

donde  $SX$  es el centro geométrico del sistema  $X$  y  $sx$  es el centro geométrico del sistema  $x$ .

Después de aplicar este procedimiento, se pueden emplear las ecuaciones anteriores, que definen sólo cuatro incógnitas (las tres rotaciones y el factor de escala):

$$\begin{aligned} OX_1 - OX_1 &= OX_1 \Delta d \rightarrow 0 + OX_3 \Delta a_2 - OX_2 \Delta a_3 \\ OX_2 - OX_2 &= OX_2 \Delta d \rightarrow OX_3 \Delta a_1 + 0 + OX_1 \Delta a_3 \\ OX_3 - OX_3 &= OX_3 \Delta d \rightarrow OX_2 \Delta a_1 - OX_3 \Delta a_2 + 0 \end{aligned}$$

Pensamos que empleando este procedimiento la solución para un área restringida es más real y menos sensible con respecto al modelo matemático.

### 2.1.3. Breve Discusión sobre el Método

Desde el punto de vista conceptual, encontramos un fallo en este procedimiento, y es que ignora el efecto no lineal de la superficie del geode. Este procedimiento asume una transformación de altitudes efectuada a partir de una superficie fuente plana (elipsoide) sobre una superficie destino plana (geode suavizado). La idea que subyace en asumir este concepto no es enteramente correcta, debido a que el geode es una superficie física que no es lisa ni plana y que no puede, por tanto, ser descrita mediante un simple modelo matemático (al contrario de lo que le sucede al elipsoide).

Los términos no lineales de la superficie del geode pueden ser introducidos en el cálculo, añadiendo una rectificación en el modelo o bien mediante un modelo polinómico. Hay que especificar que estos procedimientos precisan de más puntos, o de un "mapa del geode" que no siempre está disponible. Cuando el tamaño del área es restringido y la topografía no es abrupta, no es necesaria la adición del efecto no lineal, debido a múltiples razones técnicas. De hecho, podríamos afirmar que estos procedimientos técnicos son, en algunos casos, poco realistas, ya que pueden crear unas ondulaciones en la superficie del geode, en tanto que en la realidad en algunas áreas el geode se aproxima mucho a una superficie lisa. Debemos especificar que en aquellas áreas restringidas donde debemos desarrollar este tipo de proyectos, es deseable emplear el procedimiento que reduce el número de incógnitas de 7 a 4. Este tipo de modelo es más adecuado para áreas pequeñas.

## 2.2. Transformación Unidimensional con Puntos de Cota Conocida

Aquí se asume que las coordenadas cartesianas y las altitudes ortométricas de los puntos comunes son conocidas. Ahora, y a partir de estos datos, se quiere determinar los parámetros de la transformación que permitirá pasar de las altitudes elipsoidales, generadas en las mediciones GPS, a las altitudes ortométricas de los nuevos puntos. Para resolver esto, sugerimos seguir el siguiente procedimiento:

- Se debe aplicar unas correcciones  $X_o$ ,  $Y_o$  y  $Z_o$  a las coordenadas GPS (traslación entre los orígenes de los sistemas de coordenadas) que deben conocerse con una precisión de unos cuantos metros. Como regla general, estos valores se obtienen en las bases de datos geodésicos nacionales. En el caso de redes de grandes dimensiones, la no aplicación de este tipo de correcciones podría conducir a algunas deformaciones de la red.
- Las coordenadas elipsoidales ( $B$ ,  $L$ ,  $h$ ) GPS serán calculadas a partir de las coordenadas cartesianas corregidas, empleando las siguientes relaciones:

$$\tan B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \Delta f - e^2 \frac{N}{N+h} \quad (2.1)$$

$$\tan L = \frac{Y}{X}$$

$$h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos B} - N$$

- Ahora se dispone de altitudes elipsoidales  $h$  y altitudes ortométricas  $H$  en los puntos comunes. Con estas podemos determinar los tres parámetros de la transformación unidimensional. La relación de partida, de acuerdo con Hofmann-Wellenhof, 1994, será:

$$H_i = h_i + Oh - y_i \cdot d'_{1} + x_i \cdot d'_{2} \quad (2.2)$$

en donde se deja de introducir el factor de escala adecuado. Las traslaciones de altitudes  $Oh$  y los dos pequeños ángulos de rotación  $d'_{1}$  y  $d'_{2}$  que representan las rotaciones alrededor de los ejes de coordenadas del sistema en el que se define la posición planimétrica de los puntos de la nivelación, aparecen aquí como incógnitas. Las coordenadas planas de los puntos de altitudes conocidas, que pueden interpolarse en un mapa o que pueden determinarse a partir de las coordenadas GPS, se representan como  $x_i$  y  $y_i$ . Desde un punto de vista geométrico, la traslación de altitud  $Oh$  puede contemplarse como un valor negativo de la ondulación del geode en el origen del sistema de coordenadas, y los ángulos de rotación  $d'_{1}$  y  $d'_{2}$  como los ángulos de inclinación alrededor de los ejes de coordenadas. Cada elemento ofrece una ecuación semejante a (2.2), por lo que son necesarios al menos tres puntos comunes para resolver el problema. Si  $n > 3$  el sistema se vuelve inconsistente y se deben introducir las necesarias correcciones; su resolución se puede abordar mediante un cálculo de compensaciones

$$H_i = h_i + Oh - y_i \cdot d'_{1} + x_i \cdot d'_{2} + v_i \quad (2.3)$$

o

$$v_i = - Oh + y_i \cdot d'_{1} - x_i \cdot d'_{2} - (h_i - H_i) \quad (2.4)$$

- Ahora se pueden convertir las altitudes elipsoidales de los nuevos puntos en altitudes ortométricas, mediante los tres parámetros conocidos de la transformación, de acuerdo con la relación (2.2). Usando este método de transformación de las altitudes no es necesario conocer la ondulación del geode. La ondulación del geode en los nuevos puntos se obtiene mediante interpolación lineal. Si existen grandes variaciones de la ondulación del geode en el área de las determinaciones y se dispone de más de tres elementos de nivelación, se puede emplear para la interpolación una superficie de orden superior.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque la precisión de las ondulaciones globales del geode mejora rápidamente, aun ha de pasar mucho tiempo hasta que se alcance una precisión a nivel del centímetro, debido a la existencia de tantas limitaciones del tipo de las siguientes:

- No disponibilidad de los datos gravimétricos necesarios, así como la heterogénea distribución de los mismos sobre la superficie de la Tierra.
- El procesamiento de estos datos para el cálculo de las ondulaciones globales del geode.

Se sugiere, a la vista de todo esto, realizar una mejora de los valores de la ondulación global del geode, ya que se dispondría de ellos bajo la forma de datos digitales, válidos para toda la Tierra. Los resultados de los test indican una alta precisión en este caso. Estos resultados pueden ser adicionalmente mejorados, empleando valores más precisos de las anomalías gravimétricas de aire libre, sobre una superficie próxima.

La obtención de los valores de las anomalías gravimétricas de aire libre es un proceso caro y dificultoso. Es por ello por lo que se recomienda un modo de trabajo integrado, para optimizar los modelos del geode en cualquier región del mundo:

- Establecimiento/observación de la red gravimétrica relativa (aire libre) en una malla de 5x5 minutos de grado
- Cálculo de las anomalías de la gravedad al aire libre empleando modelos digitales del terreno y datos gravimétricos de los puntos, sobre mallas de detalle
- Cálculo detallado de la ondulación del geode empleando los datos de los puntos
- Comparar/comprobar los modelos del geode empleando GPS y los datos de la red vertical existente.

### 3.1. Determinaciones simultáneas de las altitudes ortométricas y altitudes del geode mediante una compensación geodésica integrada

La compensación geodésica integrada comienza a partir de un modelo

$$\underline{l} = \underline{A} \underline{\Delta x} + \underline{R} \underline{\Delta t} + \underline{n} \quad (3.1)$$

en el que:

- $\underline{x}$  es el vector de las incógnitas
- $\underline{t}$  es el vector de las magnitudes del campo gravitatorio
- $\underline{l}$  es la altitud del geode desde todas las observaciones disponibles
- $\underline{n}$  es el ruido de fondo que se presente en las observaciones normalmente
- $\underline{A}$  y  $\underline{R}$  son las matrices de diseño adecuadas.

Las observaciones GPS pueden procesarse como vectores de base lineal  $\underline{Ox}_{ij}^{obs}$  con una matriz de varianza-covarianza adecuada  $\underline{C}_{\alpha\alpha}$ :

$$\underline{Ox}_{ij}^{obs} = (1 + k) \underline{R}(\Theta) \underline{\Delta Ox}_{ij} + \underline{C}_{\alpha\alpha} \quad (3.2)$$

donde  $k$  es el factor de escala y  $\underline{R}(\Theta)$  es la matriz de rotaciones entre el sistema nacional y el sistema WGS-84.

Las altitudes ortométricas o las altitudes del geode ya conocidas, pueden tenerse en cuenta en el modelo (3.1), a modo de pseudo-observaciones con la correspondiente variable. Esto tiene lugar introduciendo la relación (3.3), en la que  $\underline{T}$  es el potencial de perturbaciones e  $\underline{Y}$  es la gravedad estándar:

$$\underline{h} = \underline{H} + \underline{N} = \underline{H} + \underline{T}/\underline{S} \quad (3.3)$$

En este caso, la altitud ortométrica se tiene en cuenta en el área determinada  $\underline{x}$  en tanto que la altitud del geode puede extraerse a partir de  $\underline{t}$ .

Las observaciones gravimétricas, así como otras observaciones, pueden combinarse sin problemas con los vectores de base lineal y pueden procesarse en un modelo. La compensación geodésica integrada ofrece en conjunto las siguientes ventajas:

- Ejecución automática integrada
- Utilización de diversas observaciones
- Interpolación mediante la gravedad, cuando se conocen las altitudes del geode y las altitudes ortométricas
- Posibilidad de tener en cuenta la correlación y la precisión de las observaciones geométricas y gravimétricas
- Posibilidad de tener en cuenta las deformaciones locales y regionales, dependiendo de la altitud
- Inclusión de la compensación de los vectores de base lineal GPS
- Observaciones gravimétricas, procedentes de un banco de datos, pueden sencillamente añadirse mediante software especializado
- Posibilidad de hacer cualquier tipo de combinación con observaciones de la Tierra.

## 4. COMENTARIOS

Los experimentos llevados a cabo produjeron los siguientes resultados: las altitudes ortométricas se calcularon mediante GPS y los datos gravimétricos mediante compensaciones geodésicas integradas, con una precisión de 1,4 cm en más de 5 km, obteniendo 3 cm en más de 30 km. En comparación, una nivelación geométrica de precisión no ofrece más de 1 cm en 30 km.

La compensación integrada, como método de interpolación, obtuvo mucho mejores resultados en comparación con otros, tales como la integración de Stokes. No es necesario decir que, en cada área de pruebas, se ha tenido en cuenta que el terreno era relativamente plano, con pequeñas diferencias de nivel (<300 m).

Pero se puede estimar que cuando se utilicen nuevos modelos digitales del terreno, de alta resolución, la determinación del campo gravitatorio del geode puede mejorarse sustancialmente en áreas que tengan unas mayores diferencias de altitud. ■

# Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional

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

## CALENDARIOS

### Introducción

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

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

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

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

*Escritura numérica de fechas:* Los tres elementos de la fecha se expresarán en cifras árabes y se pondrán en el orden: año, mes y día. El mes y el día se expresarán cada uno con dos cifras, pudiendo la de la izquierda ser un cero. Dada la ambigüedad que se presentó con la llegada del año 2000, se recomienda expresar el año con sus cuatro cifras. *Ejemplo:* el 28 de febrero de 2006 se escribe como 2006-02-28 o bien 20060228.

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

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

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

### Día Juliano

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

Día a 0 <sup>h</sup> de TU	Día juliano	Día a 0 <sup>h</sup> de TU	Día Juliano
2006 Ene 0	2453735,5	2006 Jul 0	2453916,5
2006 Feb 0	2453766,5	2006 Ago 0	2453947,5
2006 Mar 0	2453794,5	2006 Set 0	2453978,5
20065 Abr 0	2453825,5	2006 Oct 0	2454008,5
2006 May 0	2453855,5	2006 Nov 0	2454039,5
2006 Jun 0	2453886,5	2006 Dic 0	2454069,5

ENERO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich		Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)				
				h	m s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.
1	D	1	2453736,5	06 42	01,516	-03 19	7 38	12 18 19	16 59	18 45 20,5	-23 01 55
2	L	2	2453737,5	06 45	58,081	-03 47	7 38	12 18 47	17 00	18 49 45,4	-22 56 54
3	M	3	2453738,5	06 49	54,642	-04 15	7 38	12 19 15	17 01	18 54 10,0	-22 51 26
4	M	4	2453739,5	06 53	51,198	-04 43	7 38	12 19 42	17 01	18 58 34,2	-22 45 30
5	J	5	2453740,5	06 57	47,751	-05 10	7 38	12 20 09	17 02	19 02 58,0	-22 39 07
6	V	6	2453741,5	07 01	44,302	-05 37	7 38	12 20 36	17 03	19 07 21,3	-22 32 18
7	S	7	2453742,5	07 05	40,855	-06 03	7 38	12 21 02	17 04	19 11 44,2	-22 25 01
8	D	8	2453743,5	07 09	37,409	-06 29	7 38	12 21 27	17 05	19 16 06,5	-22 17 19
9	L	9	2453744,5	07 13	33,966	-06 54	7 38	12 21 52	17 06	19 20 28,3	-22 09 10
10	M	10	2453745,5	07 17	30,527	-07 19	7 38	12 22 17	17 07	19 24 49,6	-22 00 35
11	M	11	2453746,5	07 21	27,089	-07 43	7 37	12 22 40	17 08	19 29 10,3	-21 51 34
12	J	12	2453747,5	07 25	23,654	-08 06	7 37	12 23 04	17 09	19 33 30,3	-21 42 08
13	V	13	2453748,5	07 29	20,218	-08 29	7 37	12 23 26	17 10	19 37 49,9	-21 32 16
14	S	14	2453749,5	07 33	16,782	-08 52	7 36	12 23 48	17 12	19 42 08,8	-21 22 00
15	D	15	2453750,5	07 37	13,343	-09 13	7 36	12 24 10	17 13	19 46 27,0	-21 11 19
16	L	16	2453751,5	07 41	09,903	-09 34	7 36	12 24 30	17 14	19 50 44,6	-21 00 14
17	M	17	2453752,5	07 45	06,459	-09 55	7 35	12 24 50	17 15	19 55 01,5	-20 48 45
18	M	18	2453753,5	07 49	03,013	-10 14	7 35	12 25 10	17 16	19 59 17,6	-20 36 52
19	J	19	2453754,5	07 52	59,566	-10 33	7 34	12 25 28	17 17	20 03 33,1	-20 24 35
20	V	20	2453755,5	07 56	56,115	-10 51	7 34	12 25 46	17 18	20 07 47,9	-20 11 56
21	S	21	2453756,5	08 00	52,666	-11 09	7 33	12 26 03	17 20	20 12 01,8	-19 58 53
22	D	22	2453757,5	08 04	49,218	-11 26	7 32	12 26 19	17 21	20 16 15,1	-19 45 29
23	L	23	2453758,5	08 08	45,772	-11 42	7 32	12 26 35	17 22	20 20 27,8	-19 31 42
24	M	24	2453759,5	08 12	42,328	-11 57	7 31	12 26 50	17 23	20 24 39,6	-19 17 33
25	M	25	2453760,5	08 16	38,889	-12 11	7 30	12 27 04	17 24	20 28 50,6	-19 03 03
26	J	26	2453761,5	08 20	35,452	-12 25	7 30	12 27 17	17 25	20 33 00,9	-18 48 11
27	V	27	2453762,5	08 24	32,019	-12 38	7 29	12 27 30	17 27	20 37 10,4	-18 32 59
28	S	28	2453763,5	08 28	28,585	-12 50	7 28	12 27 42	17 28	20 41 19,1	-18 17 27
29	D	29	2453764,5	08 32	25,150	-13 02	7 27	12 27 55	17 29	20 45 27,0	-18 01 35
30	L	30	2453765,5	08 36	21,711	-13 12	7 26	12 28 03	17 30	20 49 34,1	-17 45 24
31	M	31	2453766,5	08 40	18,267	-13 22	7 25	12 28 12	17 32	20 53 40,2	-17 28 53

FEBRERO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich		Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)				
				h	m s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.
1	M	32	2453767,5	08 44	14,819	-13 31	7 24	12 28 20	17 33	20 57 45,7	-17 12 04
2	J	33	2453768,5	08 48	11,368	-13 39	7 22	12 28 35	17 35	21 05 54,1	-16 57 32
3	V	34	2453769,5	08 52	07,918	-13 46	7 21	12 28 41	17 36	21 09 57,0	-16 50 50
4	S	35	2453770,5	08 56	04,469	-13 52	7 20	12 28 46	17 38	21 13 59,1	-16 01 50
5	D	36	2453771,5	09 00	01,023	-13 58	7 19	12 28 50	17 39	21 18 00,4	-15 43 35
6	L	37	2453772,5	09 03	57,581	-14 03	7 18	12 28 53	17 40	21 22 00,8	-15 25 03
7	M	38	2453773,5	09 07	54,141	-14 06	7 17	12 28 56	17 41	21 26 00,4	-15 06 16
8	M	39	2453774,5	09 11	50,702	-14 09	7 16	12 28 58	17 43	21 29 59,2	-14 47 13
9	J	40	2453775,5	09 15	47,264	-14 12	7 15	12 28 59	17 44	21 33 57,2	-14 27 56
10	V	41	2453776,5	09 19	43,826	-14 13	7 14	12 28 59	17 45	21 37 54,5	-14 08 24
11	S	42	2453777,5	09 23	40,385	-14 14	7 12	12 28 59	17 46	21 41 51,0	-13 48 38
12	D	43	2453778,5	09 27	36,943	-14 14	7 11	12 28 58	17 47	21 45 46,7	-13 28 39
13	L	44	2453779,5	09 31	33,497	-14 13	7 10	12 28 56	17 49	21 49 41,6	-13 08 26
14	M	45	2453780,5	09 35	30,048	-14 11	7 09	12 28 53	17 50	21 53 35,9	-12 48 01
15	M	46	2453781,5	09 39	26,598	-14 09	7 07	12 28 49	17 51	21 57 29,3	-12 27 23
16	J	47	2453782,5	09 43	23,146	-14 06	7 06	12 28 45	17 52	22 01 22,1	-12 06 33
17	V	48	2453783,5	09 47	19,694	-14 02	7 05	12 28 40	17 53	22 05 14,1	-11 45 32
18	S	49	2453784,5	09 51	16,243	-13 58	7 03	12 28 35	17 54	22 09 05,5	-11 24 19
19	D	50	2453785,5	09 55	12,793	-13 53	7 02	12 28 29	17 56	22 12 56,4	-11 02 56
20	L	51	2453786,5	09 59	09,346	-13 47	7 01	12 28 22	17 57	22 16 46,5	-10 41 21
21	M	52	2453787,5	10 03	05,902	-13 40	6 59	12 28 15	17 58	22 20 36,0	-10 19 37
22	M	53	2453788,5	10 07	02,452	-13 33	6 58	12 28 07	17 59	22 24 24,8	-09 57 44
23	J	54	2453789,5	10 10	59,024	-13 26	6 56	12 27 58	18 00	22 28 13,1	-09 35 41
24	V	55	2453790,5	10 14	55,587	-13 17	6 55	12 27 49	18 01	22 32 00,8	-09 13 29
25	S	56	2453791,5	10 18	52,150	-13 08	6 53	12 27 39	18 03	22 35 47,9	-08 51 08
26	D	57	2453792,5	10 22	48,710	-12 59	6 52	12 27 29	18 04	22 39 34,5	-08 28 40
27	L	58	2453793,5	10 26	45,266	-12 49	6 50	12 27 18	18 05	22 43 20,5	-08 06 05
28	M	59	2453794,5	10 30	41,817	-12 38					

MARZO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich		Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)				
				h	m s		Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.
1	M	60	2453795,5	10 34	38,365	-12 27	6 49	12 27 07	18 06	22 47 05,9	-07 43 22
2	J	61	2453796,5	10 38	34,911	-12 16	6 47	12 26 55	18 07	22 50 50,9	-07 20 32
3	V	62	2453797,5	10 42	31,459	-12 04	6 46	12 26 42	18 08	22 54 35,2	-06 57 36
4	S	63	2453798,5	10 46	28,010	-11 51	6 44	12 26 30	18 09	22 58 19,3	-06 34 35
5	D	64	2453799,5	10 50	24,565	-11 38	6 43	12 26 16	18 10	23 02 02,7	-06 11 28
6	L	65	2453800,5	10 54	21,122	-11 24	6 41	12 26 03	18 12	23 05 45,7	-05 48 16
7	M	66	2453801,5	10 58	17,682	-11 11	6 40	12 25 48	18 13	23 09 28,3	-05 24 59
8	M	67	2453802,5	11 02	14,242	-10 56	6 38	12 25 34	18 14	23 13 10,6	-05 01 38
9	J	68	2453803,5	11 06	10,802	-10 41	6 36	12 25 19	18 15	23 16 52,4	-04 38 13
10	V	69	2453804,5	11 10	07,360	-10 26	6 35	12 25 04	18 16	23 20 33,7	-04 14 45
11	S	70	2453805,5	11 14	03,916	-10 11	6 33	12 24 48	18 17	23 24 14,8	-03 51 14
12	D	71	2453806,5	11 18	00,469	-09 55	6 32	12 24 32	18 18	23 27 55,6	-03 27 40
13	L	72	2453807,5	11 21	57,019	-09 39	6 30	12 24 16	18 19	23 31 36,0	-03 04 04
14	M	73	2453808,5	11 25	53,568	-09 22	6 28	12 23 59	18 20	23 35 16,1	-02 40 25
15	M	74	2453809,5	11 29	50,114	-09 06	6 27	12 23 42	18 21	23 38 55,9	-02 16 46
16	J	75	2453810,5	11 33	46,661	-08 49	6 25	12 23 25	18 22	23 42 35,5	-01 53 04
17	V	76	2453811,5	11 37	43,207	-08 31	6 24	12 23 08	18 23	23 46 14,9	-01 29 22
18	S	77	2453812,5	11 41	39,756	-08 14	6 22	12 22 50	18 24	23 49 54,1	-01 05 39
19	D	78	2453813,5	11 45	36,307	-07 57	6 20	12 22 33	18 26	23 53 33,2	-00 41 56
20	L	79	2453814,5	11 49	32,861	-07 39	6 19	12 22 15	18 27	23 57 12,1	-00 18 13
21	M	80	2453815								

ABRIL

TIEMPOS

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)
				h	m	s	m
1	S	91	2453826,5	12	36	51,512	-04 03
2	D	92	2453827,5	12	40	48,069	-03 45
3	L	93	2453828,5	12	44	44,628	-03 28
4	M	94	2453829,5	12	48	41,189	-03 10
5	M	95	2453830,5	12	52	37,749	-02 53
6	J	96	2453831,5	12	56	34,308	-02 35
7	V	97	2453832,5	13	00	30,865	-02 18
8	S	98	2453833,5	13	04	27,424	-02 01
9	D	99	2453834,5	13	08	23,971	-01 45
10	L	100	2453835,5	13	12	20,521	-01 28
11	M	101	2453836,5	13	16	17,068	-01 12
12	M	102	2453837,5	13	20	13,615	-00 56
13	J	103	2453838,5	13	24	10,163	-00 41
14	V	104	2453839,5	13	28	06,711	-00 26
15	S	105	2453840,5	13	32	03,263	-00 11
16	D	106	2453841,5	13	35	59,817	+00 04
17	L	107	2453842,5	13	39	56,374	+00 18
18	M	108	2453843,5	13	43	52,935	+00 32
19	M	109	2453844,5	13	47	49,492	+00 45
20	J	110	2453845,5	13	51	46,059	+00 58
21	V	111	2453846,5	13	55	42,621	+01 11
22	S	112	2453847,5	13	59	39,179	+01 23
23	D	113	2453848,5	14	03	35,734	+01 35
24	L	114	2453849,5	14	07	32,285	+01 46
25	M	115	2453850,5	14	11	28,833	+01 57
26	M	116	2453851,5	14	15	25,381	+02 07
27	J	117	2453852,5	14	19	21,931	+02 17
28	J	118	2453853,5	14	23	18,484	+02 26
29	S	119	2453854,5	14	27	15,041	+02 35
30	D	120	2453855,5	14	31	11,601	+02 43

SOL

en Madrid (TU)			a 0° de TU	
Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.
h m s	h m s	h m s	h m s	° ' "
5 59	12 18 39	18 39	00 40 54,7	+04 24 10
5 57	12 18 21	18 40	00 44 33,6	+04 47 19
5 56	12 18 04	18 41	00 48 12,5	+05 10 24
5 54	12 17 46	18 42	00 51 51,5	+05 33 22
5 52	12 17 29	18 43	00 55 30,7	+05 56 15
5 51	12 17 12	18 44	00 59 10,0	+06 19 01
5 49	12 16 55	18 45	01 02 49,5	+06 41 40
5 48	12 16 38	18 46	01 06 29,2	+07 04 13
5 46	12 16 22	18 47	01 10 09,1	+07 26 38
5 45	12 16 05	18 48	01 13 49,2	+07 48 56
5 43	12 15 49	18 49	01 17 29,6	+08 11 05
5 41	12 15 34	18 50	01 21 10,1	+08 33 07
5 40	12 15 18	18 51	01 24 51,2	+08 54 59
5 38	12 15 03	18 52	01 28 32,5	+09 16 43
5 37	12 14 48	18 53	01 32 14,1	+09 38 18
5 35	12 14 34	18 55	01 35 56,1	+09 59 43
5 34	12 14 20	18 56	01 39 38,4	+10 20 58
5 32	12 14 06	18 57	01 43 21,1	+10 42 03
5 31	12 13 53	18 58	01 47 04,2	+11 02 58
5 29	12 13 40	18 59	01 50 47,7	+11 23 41
5 28	12 13 28	19 00	01 54 31,8	+11 44 14
5 27	12 13 16	19 01	01 58 16,2	+12 04 35
5 25	12 13 05	19 02	02 02 01,1	+12 24 45
5 24	12 12 54	19 03	02 05 46,5	+12 44 42
5 22	12 12 43	19 04	02 09 32,2	+13 04 27
5 21	12 12 33	19 05	02 13 18,7	+13 23 59
5 20	12 12 24	19 06	02 17 05,5	+13 43 17
5 18	12 12 15	19 07	02 20 52,9	+14 02 22
5 17	12 12 07	19 08	02 24 40,7	+14 21 14
5 16	12 11 59	19 09	02 28 29,1	+14 39 51

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

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

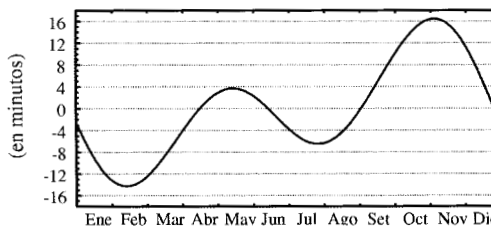
Todos los tiempos indicados en estas tablas se refieren a las 0<sup>h</sup> del tiempo universal (TU) del día considerado.

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

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

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

Ecuación de tiempo



Ene Feb Mar Abr Mav Jun Jul Ago Set Oct Nov Dic

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

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

$$595^s \text{sen}(198^\circ + 1,9713 d) + 441^s \text{sen}(175^\circ + 0,9856 d)$$

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

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 13 de junio, 1 de septiembre y 25 de diciembre. En estas fechas, el tiempo solar medio y el verdadero prácticamente coinciden.

Su valor es mínimo el día 11 de febrero, con un mínimo secundario el 26 de julio. Su valor es máximo el día 3 de noviembre, con un máximo secundario el 14 de mayo.

MAYO

TIEMPOS

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)
				h	m	s	m
1	L	121	2453856,5	14	35	08,164	+02 50
2	M	122	2453857,5	14	39	04,727	+02 57
3	M	123	2453858,5	14	43	01,289	+03 04
4	J	124	2453859,5	14	46	57,849	+03 10
5	V	125	2453860,5	14	50	54,406	+03 16
6	S	126	2453861,5	14	54	50,961	+03 21
7	D	127	2453862,5	14	58	47,513	+03 25
8	L	128	2453863,5	15	02	44,064	+03 29
9	M	129	2453864,5	15	06	40,613	+03 32
10	M	130	2453865,5	15	10	37,162	+03 35
11	J	131	2453866,5	15	14	33,713	+03 37
12	V	132	2453867,5	15	18	30,265	+03 39
13	S	133	2453868,5	15	22	26,821	+03 40
14	D	134	2453869,5	15	26	23,380	+03 41
15	L	135	2453870,5	15	30	19,942	+03 41
16	M	136	2453871,5	15	34	16,507	+03 40
17	M	137	2453872,5	15	38	13,072	+03 39
18	J	138	2453873,5	15	42	09,636	+03 37
19	V	139	2453874,5	15	46	06,197	+03 35
20	S	140	2453875,5	15	50	02,755	+03 32
21	D	141	2453876,5	15	53	59,309	+03 28
22	L	142	2453877,5	15	57	55,860	+03 24
23	M	143	2453878,5	16	01	52,410	+03 20
24	M	144	2453879,5	16	05	48,962	+03 15
25	J	145	2453880,5	16	09	45,515	+03 09
26	V	146	2453881,5	16	13	42,073	+03 03
27	S	147	2453882,5	16	17	38,634	+02 56
28	D	148	2453883,5	16	21	35,198	+02 49
29	L	149	2453884,5	16	25	31,764	+02 42
30	M	150	2453885,5	16	29	28,329	+02 34
31	M	151	2453886,5	16	33	24,892	+02 25

SOL

en Madrid (TU)			a 0° de TU	
Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.
h m s	h m s	h m s	h m s	° ' "
5 14	12 11 51	19 10	02 32 18,0	+14 58 13
5 13	12 11 44	19 11	02 36 07,5	+15 16 21
5 12	12 11 38	19 12	02 39 57,4	+15 34 13
5 11	12 11 32	19 13	02 43 47,9	+15 51 50
5 09	12 11 27	19 14	02 47 38,9	+16 09 10
5 08	12 11 22	19 15	02 51 30,5	+16 26 15
5 07	12 11 18	19 16	02 55 22,6	+16 43 03
5 06	12 11 14	19 17	02 59 15,1	+16 59 34
5 05	12 11 11	19 18	03 03 08,4	+17 15 48
5 04	12 11 09	19 19	03 07 02,2	+17 31 45
5 03	12 11 07	19 20	03 10 56,5	+17 47 24
5 02	12 11 06	19 21	03 14 51,4	+18 02 45
5 01	12 11 05	19 22	03 18 46,7	+18 17 49
5 00	12 11 05	19 23	03 22 42,9	+18 32 33
4 59	12 11 05	19 24	03 26 39,5	+18 46 59
4 58	12 11 06	19 25	03 30 36,6	+19 01 06
4 57	12 11 07	19 26	03 34 34,4	+19 14 54
4 56	12 11 09	19 27	03 38 32,7	+19 28 22
4 55	12 11 12	19 28	03 42 31,6	+19 41 31
4 54	12 11 15	19 29	03 46 31,1	+19 54 19
4 54	12 11 19	19 30	03 50 31,1	+20 06 47
4 53	12 11 23	19 30	03 54 31,7	+20 18 55
4 52	12 11 28	19 31	03 58 32,7	+20 30 42
4 51	12 11 33	19 32	04 02 34,5	+20 42 07
4 51	12 11 39	19 33	04 06 36,7	+20 53 12
4 50	12 11 46	19 34	04 10 39,4	+21 03 54
4 49	12 11 53	19 35	04 14 42,6	+21 14 15
4 49	12 12 00	19 36	04 18 46,2	+21 24 14
4 48	12 12 08	19 36	04 22 50,4	+21 33 51
4 48	12 12 16	19 37	04 26 55,0	+21 43 05
4 47	12 12 25	19 38	04 30 60,0	+21 51 57

JUNIO

TIEMPOS

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)
				h	m	s	m
1	J	152	2453887,5	16	37	21,452	+02 16
2	V	153	2453888,5	16	41	18,010	+02 07
3	S	154	2453889,5	16	45	14,565	+01 57
4	D	155	2453890,5	16	49	11,118	+01 47
5	L	156	2453891,5	16	53	07,670	+01 37
6	M	157	2453892,5	16	57	04,221	+01 27
7	M	158	2453893,5	17	01	00,773	+01 16
8	J	159	2453894,5	17	04	57,326	+01 05
9	V	160	2453895,5	17	08	53,883	+00 53
10	S	161	2453896,5	17	12	50,442	+00 41
11	D	162	2453897,5	17	16	47,005	+00 29
12	L	163	2453898,5	17	20	43,571	+00 17
13	M	164	2453899,5	17	24	40,138	+00 05
14	M	165	2453900,5	17	28	36,705	-00 07
15	J	166	2453901,5	17	32	33,269	-00 20
16	V	167	2453902,5	17	36	29,829	-00 33
17	S	168	2453903,5	17	40	26,385	-00 46
18	D	169	2453904,5	17	44	22,938	-00 59
19	L	170	2453905,5	17	48	19,499	-01 12
20	M	171	2453906,5				

JULIO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)													
				a 0° de TU				Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.									
				h	m	s															
1	S	182	2453917.5	18	35	38.204	-03	45	4	48	12	18	36	19	49	06	39	23.0	+23	07	56
2	D	183	2453918.5	18	39	34.756	-03	56	4	49	12	18	47	19	49	06	43	31.1	+23	03	50
3	L	184	2453919.5	18	43	31.308	-04	07	4	49	12	18	58	19	49	06	47	39.0	+22	59	20
4	M	185	2453920.5	18	47	27.859	-04	18	4	50	12	19	09	19	48	06	51	46.6	+22	54	26
5	M	186	2453921.5	18	51	24.412	-04	29	4	50	12	19	20	19	48	06	55	53.7	+22	49	08
6	J	187	2453922.5	18	55	20.967	-04	40	4	51	12	19	30	19	48	07	00	00.6	+22	43	27
7	V	188	2453923.5	18	59	17.526	-04	49	4	51	12	19	40	19	48	07	04	07.2	+22	37	21
8	S	189	2453924.5	19	03	14.087	-04	59	4	52	12	19	49	19	47	07	08	13.4	+22	30	53
9	D	190	2453925.5	19	07	10.652	-05	08	4	53	12	19	58	19	47	07	12	19.1	+22	24	01
10	L	191	2453926.5	19	11	07.219	-05	17	4	53	12	20	07	19	46	07	16	24.3	+22	16	45
11	M	192	2453927.5	19	15	03.785	-05	25	4	54	12	20	15	19	46	07	20	29.3	+22	09	07
12	M	193	2453928.5	19	19	00.350	-05	33	4	55	12	20	22	19	46	07	24	33.7	+22	01	06
13	J	194	2453929.5	19	22	56.912	-05	41	4	56	12	20	30	19	45	07	28	37.7	+21	52	43
14	V	195	2453930.5	19	26	53.468	-05	48	4	56	12	20	36	19	44	07	32	41.2	+21	43	57
15	S	196	2453931.5	19	30	50.021	-05	54	4	57	12	20	43	19	44	07	36	44.2	+21	34	49
16	D	197	2453932.5	19	34	46.572	-06	00	4	58	12	20	48	19	43	07	40	46.9	+21	25	19
17	L	198	2453933.5	19	38	43.123	-06	06	4	59	12	20	54	19	43	07	44	49.0	+21	15	26
18	M	199	2453934.5	19	42	39.675	-06	11	4	59	12	20	58	19	42	07	48	50.6	+21	05	12
19	M	200	2453935.5	19	46	36.221	-06	15	4	59	12	21	03	19	41	07	52	51.7	+20	54	37
20	J	201	2453936.5	19	50	32.790	-06	19	4	59	12	21	06	19	41	07	56	52.2	+20	43	40
21	V	202	2453937.5	19	54	29.352	-06	23	4	59	12	21	10	19	40	08	00	52.2	+20	32	23
22	S	203	2453938.5	19	58	25.916	-06	26	4	59	12	21	12	19	39	08	04	51.7	+20	20	44
23	D	204	2453939.5	20	02	22.480	-06	28	4	59	12	21	14	19	38	08	08	50.6	+20	08	45
24	L	205	2453940.5	20	06	19.044	-06	30	4	59	12	21	16	19	37	08	12	48.9	+19	56	26
25	M	206	2453941.5	20	10	15.605	-06	31	4	59	12	21	17	19	37	08	16	46.7	+19	43	47
26	M	207	2453942.5	20	14	12.163	-06	31	4	59	12	21	17	19	36	08	20	43.7	+19	30	48
27	J	208	2453943.5	20	18	8.719	-06	31	4	59	12	21	17	19	35	08	24	40.4	+19	17	30
28	V	209	2453944.5	20	22	05.272	-06	31	4	59	12	21	16	19	34	08	28	36.2	+19	03	52
29	S	210	2453945.5	20	26	01.823	-06	30	4	59	12	21	14	19	33	08	32	31.7	+18	49	56
30	D	211	2453946.5	20	29	58.373	-06	28	4	59	12	21	12	19	32	08	36	26.3	+18	35	41
31	L	212	2453947.5	20	33	54.922	-06	25	4	59	12	21	09	19	31	08	40	20.5	+18	21	08

OCTUBRE

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)														
				a 0° de TU				Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.										
				h	m	s																
1	D	274	2454009.5	00	38	21.523	+10	08	6	11	12	04	27	17	57	12	28	13.1	-03	02	54	
2	L	275	2454010.5	00	42	17.983	+10	28	6	11	12	04	08	17	56	12	31	50.2	-03	26	10	
3	M	276	2454011.5	00	46	14.440	+10	47	6	11	12	03	49	17	54	12	35	27.7	-03	49	23	
4	M	277	2454012.5	00	50	10.993	+11	06	6	11	12	03	30	17	52	12	39	05.5	-04	12	34	
5	J	278	2454013.5	00	54	07.543	+11	24	6	11	12	03	12	17	51	12	42	43.6	-04	35	41	
6	V	279	2454014.5	00	58	04.090	+11	42	6	11	12	02	54	17	49	12	46	22.0	-04	58	45	
7	S	280	2454015.5	01	02	00.636	+12	00	6	11	12	02	36	17	48	12	50	00.8	-05	21	46	
8	D	281	2454016.5	01	05	57.185	+12	17	6	11	12	02	19	17	46	12	53	40.0	-05	44	42	
9	L	282	2454017.5	01	09	53.737	+12	34	6	11	12	02	03	17	44	12	57	19.7	-06	07	34	
10	M	283	2454018.5	01	13	50.293	+12	51	6	11	12	01	46	17	43	13	00	59.7	-06	30	21	
11	M	284	2454019.5	01	17	46.853	+13	07	6	11	12	01	31	17	41	13	04	40.2	-06	53	03	
12	J	285	2454020.5	01	21	43.415	+13	22	6	11	12	01	15	17	40	13	08	21.3	-07	15	40	
13	V	286	2454021.5	01	25	39.977	+13	37	6	11	12	01	01	17	38	13	12	03.0	-07	38	11	
14	V	287	2454022.5	01	29	36.537	+13	52	6	11	12	00	47	17	37	13	15	45.1	-08	00	35	
15	D	288	2454023.5	01	33	33.095	+14	06	6	11	12	00	33	17	35	13	19	27.7	-08	22	53	
16	L	289	2454024.5	01	37	29.650	+14	19	6	11	12	00	20	17	34	13	23	10.9	-08	45	05	
17	M	290	2454025.5	01	41	26.202	+14	32	6	11	12	00	07	17	32	13	26	54.7	-09	07	09	
18	M	291	2454026.5	01	45	22.751	+14	44	6	11	12	00	00	17	31	13	30	39.1	-09	29	05	
19	J	292	2454027.5	01	49	19.299	+14	55	6	11	12	00	00	17	29	13	34	24.2	-09	50	53	
20	V	293	2454028.5	01	53	15.847	+15	06	6	11	12	00	00	17	28	13	38	09.8	-10	12	32	
21	S	294	2454029.5	01	57	12.394	+15	17	6	11	12	00	00	17	26	13	41	56.1	-10	34	03	
22	D	295	2454030.5	02	01	08.943	+15	26	6	11	12	00	00	17	25	13	45	43.1	-10	55	24	
23	L	296	2454031.5	02	05	05.495	+15	35	6	11	12	00	00	17	24	13	49	30.7	-11	16	35	
24	M	297	2454032.5	02	09	02.049	+15	43	6	11	12	00	00	17	23	13	53	19.0	-11	37	36	
25	M	298	2454033.5	02	12	58.606	+15	51	6	11	12	00	00	17	22	13	57	08.0	-11	58	27	
26	J	299	2454034.5	02	16	55.165	+15	58	6	11	12	00	00	17	20	14	00	57.7	-12	19	06	
27	V	300	2454035.5	02	20	51.727	+16	04	6	11	12	00	00	17	19	14	04	35	58.5	-12	19	38
28	S	301	2454036.5	02	24	48.289	+16	09	6	11	12	00	00	17	18	14	08	39.2	-12	59	50	
29	D	302	2454037.5	02	28	44.851	+16	14	6	11	12	00	00	17	16	14	12	31.2	-13	19	54	
30	L	303	2454038.5	02	32	41.410	+16	18	6	11	12	00	00	17	14	14	16	23.8	-13	39	46	
31	M	304	2454039.5	02	36	37.966	+16	21	6	11	12	00	00	17	13	14	20	17.2	-13	59	24	

AGOSTO

TIEMPOS

SOL

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de tiempo (v.-m.)	en Madrid (TU)													
				a 0° de TU				Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.									
				h	m	s															
1	M	213	2453948.5	20	37	51.473	-06	22	5	12	12	21	06	19	30	08	44	13.9	+18	06	17
2	M	214	2453949.5	20	41	48.025	-06	19	5	13	12	21	02	19	29	08	48	06.8	+17	51	08
3	J	215	2453950.5	20	45	44.581	-06	14	5	14	12	20	57	19	28	08	51	59.0	+17	35	42
4	V	216	2453951.5	20	49	41.139	-06	09	5	15	12										

## EFEMÉRIDES DEL SOL PARA 2006

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

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

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

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

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

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

$$\bullet \approx 280^\circ + 0,986 d + 2^\circ \text{sen}(0,986 d).$$

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

Las coordenadas ecuatoriales del Sol se pueden calcular aproximadamente mediante:

$$\begin{aligned} \alpha &\approx \arctan(0,917 \tan \bullet), \text{ mismo cuadrante que } \bullet \\ \delta &\approx \arcsen(0,398 \text{sen } \bullet). \end{aligned}$$

Por ejemplo, para el día 10 de abril ( $d = 100$ ) se obtienen:  $\bullet = 21^\circ$  (primer cuadrante),  $\alpha = 19^\circ = 1^h 16^m$ ,  $\delta = +8,2^\circ$ .

Los instantes de orto y ocaso del Sol para un lugar dado pueden ser calculados de manera aproximada:

(1) se calculan la longitud del Sol,  $\bullet$ , y el instante de culminación para el lugar;

(2) se calcula el tiempo auxiliar:

$$H = 6^h 4^m + 77^m \text{sen } \bullet, \text{ en la Península y Baleares}$$

$$H = 6^h 3^m + 49^m \text{sen } \bullet, \text{ en Canarias}$$

(3) para determinar el orto, se resta el valor *H* al instante de la culminación;

(4) para determinar el ocaso, se suman ambos valores.

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

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

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

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

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

## ESTRELLA POLAR

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

$\zeta$ 2000	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,70
$\delta$ 2000	89°15'50,77
$\mu$ , cos $\varphi$	0,0383'' por año
$\mu$ , $\varphi$	-0,0152'' por año
$\Theta$	0,003''
V	2,02 <sup>mag</sup>
B-V	0,60 <sup>mag</sup>
tipo espectral	F8

## Consideraciones previas

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

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

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

$$TU = 0,99727 (\zeta - TSG0 + 24^h)$$

donde TSG0 es el tiempo sidéreo de Greenwich a 0<sup>h</sup> de TU (v. tabla en TIEMPOS) y el tiempo TU resultante debe darse entre 0<sup>h</sup> y 24<sup>h</sup>.

### Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar

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

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

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

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

### Determinación de la latitud

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

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

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

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

### Determinación de la meridiana

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

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

mediándose el acimut *a* desde el Norte y positivo hacia el Este. Si se desea referir el acimut al Sur, súmese 180° al valor antes obtenido.

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

El día 1 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: / = 2<sup>h</sup>40<sup>m</sup>59<sup>s</sup>.09 y *p* = 42'15",4.

Posición aparente de la Polar en 2006 en su culminación superior en Greenwich

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>	$\alpha$	<i>p</i>
1	2 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 42'	60 <sup>s</sup> 73 12"6	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	72 <sup>s</sup> 00 9"2	2 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 42'	88 <sup>s</sup> 23 11"2	2 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 42'	54 <sup>s</sup> 97 17"7	2 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 42'	47 <sup>s</sup> 37 26"1	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	7 <sup>s</sup> 31 34"3	2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 42'	49 <sup>s</sup> 24 39"4	2 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 42'	46 <sup>s</sup> 74 40"2	2 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 42'	46 <sup>s</sup> 25 35"9	2 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 42'	33 <sup>s</sup> 08 27"3	2 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 42'	58 <sup>s</sup> 75 15"8	2 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 41'	54 <sup>s</sup> 68 64"2
2	59 <sup>s</sup> 32 12"4	70 <sup>s</sup> 34 9"2	86 <sup>s</sup> 83 11"3	54 <sup>s</sup> 30 18"0	47 <sup>s</sup> 59 26"4	8 <sup>s</sup> 40 34"5	50 <sup>s</sup> 94 39"5	48 <sup>s</sup> 70 40"1	48 <sup>s</sup> 05 35"6	34 <sup>s</sup> 31 27"0	59 <sup>s</sup> 40 15"0	54 <sup>s</sup> 05 63"9	57 <sup>s</sup> 89 12"2	68 <sup>s</sup> 68 9"2	85 <sup>s</sup> 46 11"5	53 <sup>s</sup> 65 18"2	47 <sup>s</sup> 83 26"7	9 <sup>s</sup> 51 34"7	52 <sup>s</sup> 65 39"6	50 <sup>s</sup> 66 40"0	49 <sup>s</sup> 83 35"4	35 <sup>s</sup> 52 26"7	59 <sup>s</sup> 68 14"7	53 <sup>s</sup> 38 63"5
4	56 <sup>s</sup> 45 12"0	67 <sup>s</sup> 03 9"2	84 <sup>s</sup> 10 11"6	53 <sup>s</sup> 04 18"5	48 <sup>s</sup> 11 27"0	10 <sup>s</sup> 64 34"9	54 <sup>s</sup> 37 39"7	52 <sup>s</sup> 62 40"0	51 <sup>s</sup> 60 35"2	36 <sup>s</sup> 70 26"3	59 <sup>s</sup> 93 14"3	52 <sup>s</sup> 70 63"2	54 <sup>s</sup> 99 11"8	65 <sup>s</sup> 38 9"2	82 <sup>s</sup> 77 11"8	52 <sup>s</sup> 46 18"8	48 <sup>s</sup> 42 27"3	11 <sup>s</sup> 80 35"2	56 <sup>s</sup> 11 39"8	54 <sup>s</sup> 58 39"9	53 <sup>s</sup> 35 35"0	37 <sup>s</sup> 85 26"0	60 <sup>s</sup> 15 13"9	51 <sup>s</sup> 98 62"9
6	53 <sup>s</sup> 52 11"7	63 <sup>s</sup> 74 9"3	81 <sup>s</sup> 45 12"0	51 <sup>s</sup> 90 19"0	48 <sup>s</sup> 76 27"5	12 <sup>s</sup> 98 35"4	57 <sup>s</sup> 85 39"8	56 <sup>s</sup> 54 39"8	55 <sup>s</sup> 08 34"7	38 <sup>s</sup> 99 25"6	60 <sup>s</sup> 34 13"5	51 <sup>s</sup> 24 62"6	52 <sup>s</sup> 03 11"5	62 <sup>s</sup> 11 9"3	80 <sup>s</sup> 16 12"2	51 <sup>s</sup> 38 19"3	49 <sup>s</sup> 12 27"8	14 <sup>s</sup> 18 35"6	59 <sup>s</sup> 61 39"9	56 <sup>s</sup> 81 34"5	40 <sup>s</sup> 09 25"3	60 <sup>s</sup> 50 13"1	50 <sup>s</sup> 47 62"2	
8	50 <sup>s</sup> 54 11"3	60 <sup>s</sup> 48 9"3	78 <sup>s</sup> 89 12"3	50 <sup>s</sup> 88 19"6	49 <sup>s</sup> 52 28"1	15 <sup>s</sup> 40 35"8	61 <sup>s</sup> 38 40"0	60 <sup>s</sup> 45 39"6	58 <sup>s</sup> 52 34"2	41 <sup>s</sup> 18 24"9	60 <sup>s</sup> 64 12"7	49 <sup>s</sup> 68 61"9	49 <sup>s</sup> 03 11"2	58 <sup>s</sup> 86 9"3	77 <sup>s</sup> 63 12"5	50 <sup>s</sup> 41 19"9	49 <sup>s</sup> 94 28"4	16 <sup>s</sup> 65 36"0	63 <sup>s</sup> 16 40"0	62 <sup>s</sup> 40 39"5	60 <sup>s</sup> 21 34"0	42 <sup>s</sup> 24 24"6	60 <sup>s</sup> 74 12"3	48 <sup>s</sup> 85 61"6
9	47 <sup>s</sup> 51 11"0	57 <sup>s</sup> 24 9"4	76 <sup>s</sup> 40 12"7	49 <sup>s</sup> 97 20"1	50 <sup>s</sup> 40 28"7	17 <sup>s</sup> 92 36"2	64 <sup>s</sup> 95 40"1	64 <sup>s</sup> 35 39"4	61 <sup>s</sup> 90 33"7	61 <sup>s</sup> 90 33"7	48 <sup>s</sup> 00 61"3	47 <sup>s</sup> 12 61"0	45 <sup>s</sup> 99 10"9	55 <sup>s</sup> 63 9"4	75 <sup>s</sup> 19 12"9	49 <sup>s</sup> 56 20"4	50 <sup>s</sup> 88 28"9	19 <sup>s</sup> 20 36"4	66 <sup>s</sup> 75 40"2	66 <sup>s</sup> 30 39"3	63 <sup>s</sup> 57 33"5	44 <sup>s</sup> 29 23"8	60 <sup>s</sup> 85 11"6	47 <sup>s</sup> 12 61"0
12	44 <sup>s</sup> 45 10"7	54 <sup>s</sup> 03 9"5	74 <sup>s</sup> 00 13"1	49 <sup>s</sup> 17 20"7	51 <sup>s</sup> 38 29"2	20 <sup>s</sup> 51 36"5	68 <sup>s</sup> 56 40"2	68 <sup>s</sup> 25 39"2	65 <sup>s</sup> 22 33"2	45 <sup>s</sup> 27 23"5	60 <sup>s</sup> 85 11"2	46 <sup>s</sup> 21 60"7	42 <sup>s</sup> 90 10"6	52 <sup>s</sup> 44 9"5	72 <sup>s</sup> 83 13"3	48 <sup>s</sup> 82 21"0	51 <sup>s</sup> 91 29"5	21 <sup>s</sup> 83 36"7	70 <sup>s</sup> 38 40"3	70 <sup>s</sup> 20 39"1	66 <sup>s</sup> 86 32"9	46 <sup>s</sup> 23 23"1	60 <sup>s</sup> 82 10"8	45 <sup>s</sup> 27 60"4
14	41 <sup>s</sup> 34 10"5	50 <sup>s</sup> 85 9"6	71 <sup>s</sup> 69 13"5	48 <sup>s</sup> 49 21"3	52 <sup>s</sup> 47 29"8	23 <sup>s</sup> 18 36"9	72 <sup>s</sup> 21 40"3	72 <sup>s</sup> 14 39"0	68 <sup>s</sup> 49 32"6	47 <sup>s</sup> 17 22"7	60 <sup>s</sup> 76 10"4	44 <sup>s</sup> 31 60"1	39 <sup>s</sup> 77 10"4	49 <sup>s</sup> 27 9"7	70 <sup>s</sup> 56 13"7	48 <sup>s</sup> 19 21"5	53 <sup>s</sup> 06 30"0	24 <sup>s</sup> 55 37"1	74 <sup>s</sup> 06 40"3	74 <sup>s</sup> 09 38"9	70 <sup>s</sup> 10 32"4	48 <sup>s</sup> 07 22"4	60 <sup>s</sup> 67 10"0	43 <sup>s</sup> 32 59"8
16	38 <sup>s</sup> 19 10"2	47 <sup>s</sup> 70 9"7	69 <sup>s</sup> 46 13"9	47 <sup>s</sup> 91 21"8	53 <sup>s</sup> 67 30"3	25 <sup>s</sup> 94 37"3	75 <sup>s</sup> 91 40"4	76 <sup>s</sup> 03 38"7	71 <sup>s</sup> 69 32"1	48 <sup>s</sup> 95 22"0	60 <sup>s</sup> 54 9"7	42 <sup>s</sup> 30 59"5	36 <sup>s</sup> 61 10"1	46 <sup>s</sup> 14 9"8	68 <sup>s</sup> 37 14"1	47 <sup>s</sup> 67 22"1	54 <sup>s</sup> 31 30"5	27 <sup>s</sup> 35 37"4	77 <sup>s</sup> 78 38"6	73 <sup>s</sup> 27 31"8	49 <sup>s</sup> 80 21"6	60 <sup>s</sup> 38 9"3	41 <sup>s</sup> 25 59"2	
18	35 <sup>s</sup> 01 10"0	44 <sup>s</sup> 58 9"9	67 <sup>s</sup> 31 14"3	47 <sup>s</sup> 45 22"4	54 <sup>s</sup> 98 30"8	28 <sup>s</sup> 78 37"6	79 <sup>s</sup> 65 40"4	79 <sup>s</sup> 91 38"4	74 <sup>s</sup> 83 31"5	50 <sup>s</sup> 62 21"2	60 <sup>s</sup> 19 8"9	40 <sup>s</sup> 18 58"9	33 <sup>s</sup> 41 9"9	43 <sup>s</sup> 04 10"0	66 <sup>s</sup> 27 14"5	47 <sup>s</sup> 26 22"7	55 <sup>s</sup> 67 31"1	30 <sup>s</sup> 23 37"8	81 <sup>s</sup> 54 40"5	81 <sup>s</sup> 85 38"3	76 <sup>s</sup> 37 31"2	51 <sup>s</sup> 40 20"8	59 <sup>s</sup> 96 8"5	39 <sup>s</sup> 08 58"7
20	31 <sup>s</sup> 80 9"8	41 <sup>s</sup> 51 10"1	65 <sup>s</sup> 25 14"8	47 <sup>s</sup> 10 23"0	56 <sup>s</sup> 40 31"3	31 <sup>s</sup> 71 37"9	83 <sup>s</sup> 44 40"5	83 <sup>s</sup> 78 38"1	77 <sup>s</sup> 89 30"9	52 <sup>s</sup> 16 20"5	59 <sup>s</sup> 70 8"1	37 <sup>s</sup> 95 58"4	30 <sup>s</sup> 18 9"8	39 <sup>s</sup> 98 10"2	64 <sup>s</sup> 26 15"0	46 <sup>s</sup> 97 23"2	57 <sup>s</sup> 15 31"6	33 <sup>s</sup> 20 38"1	85 <sup>s</sup> 34 40"5	85 <sup>s</sup> 70 38"0	79 <sup>s</sup> 38 30"6	52 <sup>s</sup> 89 20"1	59 <sup>s</sup> 40 7"8	36 <sup>s</sup> 80 58"1
22	28 <sup>s</sup> 55 9"7	38 <sup>s</sup> 47 10"3	63 <sup>s</sup> 28 15"2	46 <sup>s</sup> 87 23"5	57 <sup>s</sup> 93 31"9	34 <sup>s</sup> 72 38"2	87 <sup>s</sup> 26 40"5	87 <sup>s</sup> 62 37"8	80 <sup>s</sup> 86 30"3	53 <sup>s</sup> 58 19"7	59 <sup>s</sup> 07 7"4	35 <sup>s</sup> 63 57"9	28 <sup>s</sup> 55 9"7	38 <sup>s</sup> 47 10"3	63 <sup>s</sup> 28 15"2	46 <sup>s</sup> 87 23"5	57 <sup>s</sup> 93 31"9	34 <sup>s</sup> 72 38"2	87 <sup>s</sup> 26 40"5	87 <sup>s</sup> 62 37"8	80 <sup>s</sup> 86 30"3	53 <sup>s</sup> 58 19"7	59 <sup>s</sup> 07 7"4	35 <sup>s</sup> 63 57"9
23	26 <sup>s</sup> 92 9"6	36 <sup>s</sup> 96 10"4	62 <sup>s</sup> 33 15"5	46 <sup>s</sup> 79 23"8	58 <sup>s</sup> 74 32"1	36 <sup>s</sup> 26 38"4	89 <sup>s</sup> 18 40"5	89 <sup>s</sup> 53 37"6	82 <sup>s</sup> 31 30"0	54 <sup>s</sup> 24 19"3	58 <sup>s</sup> 71 7"0	34 <sup>s</sup> 43 57"6	26 <sup>s</sup> 92 9"6	36 <sup>s</sup> 96 10"4	62 <sup>s</sup> 33 15"5	46 <sup>s</sup> 79 23"8	58 <sup>s</sup> 74 32"1	36 <sup>s</sup> 26 38"4	89 <sup>s</sup> 18 40"5	89 <sup>s</sup> 53 37"6	82 <sup>s</sup> 31 30"0	54 <sup>s</sup> 24 19"3	58 <sup>s</sup> 71 7"0	34 <sup>s</sup> 43 57"6
24	25 <sup>s</sup> 27 9"5	35 <sup>s</sup> 47 10"5	61 <sup>s</sup> 41 15"7	46 <sup>s</sup> 75 24"1	59 <sup>s</sup> 58 32"4	37 <sup>s</sup> 82 38"5	91 <sup>s</sup> 12 40"5	91 <sup>s</sup> 43 37"5	83 <sup>s</sup> 74 29"7	54 <sup>s</sup> 88 18"9	58 <sup>s</sup> 31 6"7	33 <sup>s</sup> 21 57"4	25 <sup>s</sup> 27 9"5	33 <sup>s</sup> 99 10"6	60 <sup>s</sup> 51 15"9	46 <sup>s</sup> 74 24"4	60 <sup>s</sup> 44 32"6	39 <sup>s</sup> 40 38"7	93 <sup>s</sup> 06 40"5	93 <sup>s</sup> 32 37"3	85 <sup>s</sup> 15 29"3	55 <sup>s</sup> 47 18"5	57 <sup>s</sup> 89 6"3	31 <sup>s</sup> 96 57"1
26	21 <sup>s</sup> 97 9"4	32 <sup>s</sup> 53 10"8	59 <sup>s</sup> 63 16"2	46 <sup>s</sup> 77 24"7	61 <sup>s</sup> 34 32"9	41 <sup>s</sup> 00 38"8	95 <sup>s</sup> 00 40"4	95 <sup>s</sup> 20 37"1	86 <sup>s</sup> 53 29"0	56 <sup>s</sup> 04 18"2	57 <sup>s</sup> 43 6"0	30 <sup>s</sup> 70 56"9	21 <sup>s</sup> 97 9"4	32 <sup>s</sup> 53 10"8	59 <sup>s</sup> 63 16"2	46 <sup>s</sup> 77 24"7	61 <sup>s</sup> 34 32"9	41 <sup>s</sup> 00 38"8	95 <sup>s</sup> 00 40"4	95 <sup>s</sup> 20 37"1	86 <sup>s</sup> 53 29"0	56 <sup>s</sup> 04 18"2	57 <sup>s</sup> 43 6"0	30 <sup>s</sup> 70 56"9
27	20 <sup>s</sup> 32 9"4	31 <sup>s</sup> 08 10"9	58 <sup>s</sup> 78 16"4	46 <sup>s</sup> 82 25"0	62 <sup>s</sup> 27 33"1	42 <sup>s</sup> 61 38"9	96 <sup>s</sup> 95 40"4	97 <sup>s</sup> 07 36"9	87 <sup>s</sup> 89 28"7	56 <sup>s</sup> 57 17"8	56 <sup>s</sup> 94 5"6	29 <sup>s</sup> 42 56"7	20 <sup>s</sup> 32 9"4	31 <sup>s</sup> 08 10"9	58 <sup>s</sup> 78 16"4	46 <sup>s</sup> 82 25"0	62 <sup>s</sup> 27 33"1	42 <sup>s</sup> 61 38"9	96 <sup>s</sup> 95 40"4	97 <sup>s</sup> 07 36"9	87 <sup>s</sup> 89 28"7	56 <sup>s</sup> 57 17"8	56 <sup>s</sup> 94 5"6	29 <sup>s</sup> 42 56"7
28	18 <sup>s</sup> 65 9"3	29 <sup>s</sup> 65 11"0	57 <sup>s</sup> 96 16"7	46 <sup>s</sup> 91 25"3	63 <sup>s</sup> 22 33"3	44 <sup>s</sup> 25 39"0	98 <sup>s</sup> 90 40"4	99 <sup>s</sup> 06 39"2	90 <sup>s</sup> 86 40"5	57 <sup>s</sup> 07 17"4	56 <sup>s</sup> 42 5"3	28 <sup>s</sup> 12 56"4	18 <sup>s</sup> 65 9"3	29 <sup>s</sup> 65 11"0	57 <sup>s</sup> 96 16"7	46 <sup>s</sup> 91 25"3	63 <sup>s</sup> 22 33"3	44 <sup>s</sup> 25 39"0	98 <sup>s</sup> 90 40"4	99 <sup>s</sup> 06 39"2	90 <sup>s</sup> 86 40"5	57 <sup>s</sup> 07 17"4	56 <sup>s</sup> 42 5"3	28 <sup>s</sup> 12 56"4
29	16 <sup>s</sup> 99 9"3	27 <sup>s</sup> 17 10"6	57 <sup>s</sup> 17 16"9	47 <sup>s</sup> 03 25"5	64 <sup>s</sup> 20 33"6	45 <sup>s</sup> 90 39"2	100 <sup>s</sup> 86 40"4	100 <sup>s</sup> 78 36"5	90 <sup>s</sup> 54 28"0	57 <sup>s</sup> 54 17"0	55 <sup>s</sup> 87 4"9	26 <sup>s</sup> 80 56"2	16 <sup>s</sup> 99 9"3	27 <sup>s</sup> 17 10"6	57 <sup>s</sup> 17 16"9	47 <sup>s</sup> 03 25"5	64 <sup>s</sup> 20 33"6	45 <sup>s</sup> 90 39"2	100 <sup>s</sup> 86 40"4	100 <sup>s</sup> 78 36"5	90 <sup>s</sup> 54 28"0	57 <sup>s</sup> 54 17"0	55 <sup>s</sup> 87 4"9	26 <sup>s</sup> 80 56"2
30	15 <sup>s</sup> 32 9"3	25 <sup>s</sup> 65 10"6	56 <sup>s</sup> 41 17"2	47 <sup>s</sup> 19 25"8	65 <sup>s</sup> 21 33"8	47 <sup>s</sup> 56 39"3	102 <sup>s</sup> 82 40"3	102 <sup>s</sup> 62 36"3	91 <sup>s</sup> 82 27"7	57 <sup>s</sup> 97 16"6	55 <sup>s</sup> 29 4"6	25 <sup>s</sup> 47 56"0	15 <sup>s</sup> 32 9"3	25 <sup>s</sup> 65 10"6	56 <sup>s</sup> 41 17"2	47 <sup>s</sup> 19 25"8	65 <sup>s</sup> 21 33"8	47 <sup>s</sup> 56 39"3	102 <sup>s</sup> 82 40"3	102 <sup>s</sup> 62 36"3	91 <sup>s</sup> 82 27"7	57 <sup>s</sup> 97 16"6	55 <sup>s</sup> 29 4"6	25 <sup>s</sup> 47 56"0
31	13 <sup>s</sup> 66 9"2	23 <sup>s</sup> 66 10"6	55 <sup>s</sup> 67 17"4		66 <sup>s</sup> 25 34"0		104 <sup>s</sup> 78 40"2	104 <sup>s</sup> 44 36"1		58 <sup>s</sup> 38 16"2		24 <sup>s</sup> 12 55"8	13 <sup>s</sup> 66 9"2	23 <sup>s</sup> 66 10"6	55 <sup>s</sup> 67 17"4		66 <sup>s</sup> 25 34"0		104 <sup>s</sup> 78 40"2	104 <sup>s</sup> 44 36"1		58 <sup>s</sup> 38 16"2		24 <sup>s</sup> 12 55"8

El lector que necesite más datos y fórmulas, deberá adquirir el Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid, 2006.

# Modelos Geopotenciales en la Península Ibérica: IBERGEO95 y EGM96

Jorge Martín Gutiérrez

ING. GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

DEP. EXPRESIÓN GRÁFICA EN ARQUITECTURA E INGENIERÍA (UNIV. DE LA LAGUNA)

José María Lara Cabeza

ING. GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

AZIMUT S.A.

## Resumen

Los trabajos geodésicos realizados por técnicas GPS proporcionan altitudes elipsóidicas, siendo necesario el conocimiento del geoide a la hora de transformar las anteriores altitudes en altitudes sobre el geoide. Si  $h$  es la altura elipsóidica (medida sobre la normal al elipsoide) y  $H$  la altitud sobre el geoide (medida sobre la dirección de la vertical o normal al geoide), se podrían relacionar,  $H \sim h - N$ , donde  $N$  es la altura del geoide u ondulación del geoide, medida, al igual que  $h$ , sobre la normal al elipsoide; conocida  $N$  en todo punto, se tiene definido el geoide. En este artículo se ha pretendido indicar de forma simple y esquemática una de las posibles formas de calcular un geoide. También se realiza el trabajo de determinar el modelo de geopotencial IBERGEO95 y EGM96 para la zona de la Península Ibérica, realizando la comparación entre ambos.

## I. INTRODUCCIÓN

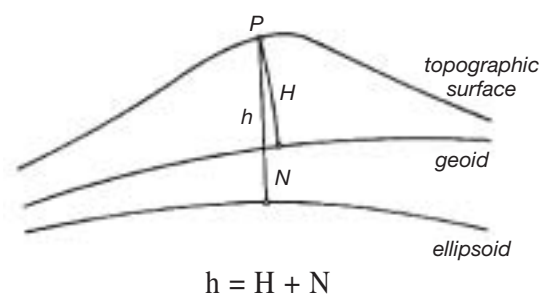
La Geodesia tiene por objeto el estudio de la forma y dimensiones de la Tierra, para lo cual, sobre la superficie objeto de estudio se medirán puntos distribuidos por toda ella, de cuya posición se deducirá la forma del territorio. Dichos puntos se referirán a una superficie, que puede ser real o arbitraria.

Si se prolongase por debajo de los continentes el nivel medio de los mares en calma, se obtendría una superficie equipotencial de forma irregular; el geoide, que aproximadamente se adapta a un elipsoide de revolución ligeramente achatado por los polos. Dado que el geoide es irregular y por lo tanto no es posible usarlo como superficie de referencia para determinar la situación de la proyección de los puntos de la superficie topográfica, se hace preciso adoptar, a estos efectos, una superficie que se adapte en lo posible al geoide y que será un elipsoide de revolución.

Hay que diferenciar perfectamente geoide de elipsoide de referencia; el geoide es una superficie FÍSICA y REAL, mientras que el elipsoide no es más que una superficie de referencia que sirve para el cálculo de la situación de los puntos medidos en la superficie topográfica (también llamados puntos geodésicos) y a partir de ella determinar la forma del geoide.

La utilización de los sistemas de posicionamiento por satélite para aplicaciones geodésicas ha sido muy importante. Dichos sistemas propor-

cionan altitudes elipsóidicas, de manera que para poder determinar la altitud sobre el geoide será necesario relacionar estas dos altitudes, siendo la diferencia entre ambas una cantidad que se denomina ondulación del geoide.



Siendo  $h$  la altitud medida en la dirección normal al elipsoide,  $H$  la altitud medida en la dirección normal al geoide y  $N$  la distancia de separación entre elipsoide y geoide para cada punto.

La diferencia entre ambas altitudes pone de manifiesto el ángulo que forma la normal al elipsoide y la dirección de la plomada, que se denomina desviación relativa de la vertical.

## 2. ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS-84

El elipsoide de referencia mundial o modelo geodésico mundial terrestre de mejor precisión calculado hasta el momento es el WGS-84

(Word Geodetic Survey-84), realizado por la NIMA (Nacional Imagery and Mapping Agency) utilizando datos, técnicas y tecnologías disponibles en 1996. Este sistema de referencia mundial para la Tierra es el mejor para aplicaciones cartográficas, de posicionamiento y navegación hasta el momento, razón por la cual este elipsoide ha sido el elegido por todas las instituciones y trabajos a nivel internacional.

Para establecer el sistema de coordenadas WGS-84 se siguen los criterios del Internacional Earth Rotation Service (IERS – 1996). El marco de referencia terrestre del WGS-84 está establecido por un conjunto de coordenadas de estaciones distribuidas por todo el globo terrestre (Colorado Spring, Ascensión, Diego García, Kwajalein, Hawai). Dichas coordenadas llevan directamente a la localización del origen, la orientación del los ejes y la escala del elipsoide WGS84.

Las coordenadas de las estaciones de referencia se obtuvieron mediante observaciones GPS para la época 1997.0.

Para mantener la precisión centimétrica de las posiciones del marco de referencia, éstas han de actualizarse considerando el movimiento de las placas tectónicas, los efectos derivados de las mareas terrestres y la concordancia entre los sistemas de referencia celeste convencional (CCRS) y terrestre convencional (CTRS), es decir WGS-84. La relación entre ambos se debe mantener, teniendo en cuenta que la Tierra esta afectada de efectos temporales de movimiento del polo, rotación, precesión y nutación.

$$[CCRS] = Q(t) R(t) W(t) [CTRS]$$

Donde [CCRS] está basado en el catalogo de estrella llamado FK5, Q(t) = [P] [N] (Precesión y Nutación), R(t) es la rotación, W(t) es el movimiento del polo y [CTRS] es el marco de referencia de WGS84.

En los datos obtenidos por observaciones GPS estas correcciones son introducidas automáticamente.

El fin más importante del elipsoide es dar cotas geodésicas a los puntos de la superficie terrestre.

Los parámetros que definen el elipsoide WGS84 son:

- Constante gravitacional  $KM = (3986004,418 \pm 0,008) \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$  (incluye la masa de la atmósfera)
- Velocidad angular de rotación terrestre  $w = 7292115 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$
- Parámetros Geométricos:
  - Semieje mayor  $a = 6378137,0 \text{ m}$
  - Aplanamiento  $1/f = 298,257223563$
  - Radio medio de los semiejes  $R1 = 6371008,7714 \text{ m}$
  - Radio de la esfera de igual área  $R2 = 6371007,1809 \text{ m}$
  - Radio de la esfera de igual volumen  $R3 = 6371000,7900 \text{ m}$

- Parámetros Físicos:
  - Potencial del elipsoide  $U_0 = 62636860,8497 \text{ m}^2/\text{s}^2$
  - Gravedad en el ecuador  $g_e = 9,7803253359 \text{ m/s}^2$
  - Gravedad en los polos  $g_p = 9,8321849378 \text{ m/s}^2$
  - Constante  $k$  de la fórmula de la gravedad  $k = 0,00193185265241$
  - Parámetro  $m = 0,00344978650684$

### 3. MODELO GEOPOTENCIAL

El campo gravífico de la tierra se puede determinar a partir de un modelo geopotencial. El modelo geopotencial proporciona el potencial de la gravedad terrestre en cada punto para ser utilizado en aplicaciones geodésicas. La gravedad terrestre está afectada por atracción gravitatoria, atracción centrífuga, atracción luni-solar, atracción planetaria y aceleración de coriolis.

El campo de gravedad de la tierra es la suma del potencial gravitatorio y el potencial centrífugo.

$$V = K \int \frac{dm}{r} = K \int \frac{d\vec{m}}{r}$$

$$\vec{a}_g = \text{grad } V$$

Potencial Gravitatorio

$$V(r, \kappa) = \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \sin^2 \kappa$$

$$V(x, y, z) = \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2)$$

$$\vec{a}_c = \text{grad } V$$

Potencial Centrífugo

El potencial gravífico será:

$$W = V + \dots$$

$$W(r, \kappa) = K \int \frac{d\vec{m}}{r} + \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \sin^2 \kappa$$

∴

$$\vec{g} = \vec{g}(r, \kappa) = (g_r, g_\kappa, g_\lambda) = \text{grad } W$$

$$\vec{g} = \frac{EW}{Er} \hat{e}_r + \frac{1}{r} \frac{EW}{E\kappa} \hat{e}_\kappa + \frac{1}{r \sin \kappa} \frac{EW}{E\lambda} \hat{e}_\lambda$$

El campo gravitatorio de la Tierra (potencial gravitatorio terrestre) se representa desarrollando armónicos esféricos:

$$V(r, \kappa, \lambda) = \frac{KM}{r} \left[ 1 + \sum_{n=2}^{m_{max}} \sum_{m=0}^n \frac{r^n}{r^n} P_{nm}(\cos \kappa) [C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda] \right]$$

$$P_{nm}(x) = \frac{(2n-1)!! (2n+1)!!}{(n+m)!} P_n(x) \quad \begin{matrix} m=0 & k=1 \\ m \neq 0 & k=2 \end{matrix}$$

siendo  $K$  la constante gravitacional,  $M$  la masa de la Tierra (incluyendo su atmósfera),  $a$  el radio ecuatorial terrestre que se toma como refe-

rencia,  $\varnothing$  la velocidad angular de rotación de la Tierra, las funciones  $P_{nm}$  son las funciones asociadas de Legendre de primera clase (de grado  $n$  y orden  $m$ ) fuertemente normalizadas,  $r, \lambda$  y  $\phi$  las coordenadas esféricas del punto de cálculo y los coeficientes  $C_{nm}$  y  $S_{nm}$  los llamados coeficientes armónicos. Conocidos estos últimos, se tiene definido lo que se denomina un modelo de geopotencial o, lo que es igual, puesto que al geoide es una determinada superficie equipotencial del campo gravítico terrestre, se tendrá definido el geoide.

La constante  $m_{max}$  que aparece en la expresión del potencial gravítico, indica el grado máximo del modelo de geopotencial (de forma indirecta proporciona una indicación de la precisión del geoide que se puede obtener). Modelos simples consideran sólo hasta el orden 50 ó 60, considerándose geoides de precisión aquellos obtenidos a partir de modelos en los que se conocen los coeficientes armónicos hasta grado 360.

Desarrollando lo anterior, se obtiene la expresión matemática que define el modelo geopotencial.

$$W = K \int \frac{dm}{r} + \frac{1}{2} \varnothing^2 r^2 \sin^2 \lambda$$

$$W(r, \lambda, \phi) = W_0$$

$$W_0 = 6,263687 \Delta 10^7 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

#### 4. MODELO DE GEOIDE IBERGEO95

El Instituto de Astronomía y Geodesia de Madrid, en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid y dirigido por M. J. Sevilla, ha desarrollado un nuevo modelo de geoide gravimétrico para la Península Ibérica.

Los datos que utilizaron para la confección del mismo fueron:

- Un modelo digital del terreno de España con resolución espacial de 1000 x 1000 metros facilitado por el IGN y un modelo digital (ETOPO5U) para la zona de Portugal.
- Un modelo geopotencial esférico (OSU91A).
- Valores de anomalías de gravedad de aire libre en un total de 186.313 puntos.

El método utilizado fue la evaluación integral de la Stokes. Se aplicaron las técnicas de transformada de Fast Fourier (FFT) y las transformada de Fast Hartley (FHT).

El geoide calculado fue comparado para ondulaciones obtenidas por nivelaciones GPS y se obtuvieron precisiones de 1,0 ppm.

El campo gravitatorio de la tierra (potencial gravitatorio terrestre) se representa desarrollando armónicos esféricos:

$$W(r, \lambda, \phi) = \frac{GM}{r} \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\cos \lambda) \right] + \dots$$

donde  $r, \lambda, \phi$  son coordenadas polares (radio geocéntrico, colatitud y longitud respectivamente) del punto donde el potencial  $W$  es determinado,  $GM$  es la constante gravitacional,  $a$  es el semieje mayor del elipsoide de referencia,  $P_{nm}(\cos \lambda)$  son las funciones asociadas de Legendre de primera clase (de grado  $n$  y orden  $m$ ) fuertemente normalizadas, los coeficientes  $C_{nm}$  y  $S_{nm}$  los llamados coeficientes armónicos, ... es el potencial de fuerza centrífuga ... =  $(1/2) \varnothing^2 r^2 \sin^2 \lambda$ , donde  $\varnothing$  es la velocidad angular.

El potencial de rotación del elipsoide de referencia se representa por la expresión:

$$U(r, \lambda, \phi) = \frac{GM}{r} \left[ \frac{M}{M'} + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{a}{r} \right)^{2n} P_{2n}(\cos \lambda) \right] + \dots$$

donde  $M'$  es la masa del elipsoide de referencia.

La distribución del potencial viene dado por la expresión:

$$T(r, \lambda, \phi) = W - \Phi U = \frac{GM}{r} \sum_{n=2}^{\infty} \left( \frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (OC_{nm} \cos m\lambda + OS_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\cos \lambda)$$

donde  $OS_{nm}$  e  $OC_{nm}$  son las diferencias entre el modelo geopotencial y el elipsoide potencial,  $M$  y  $M'$  tienen diferencias muy pequeñas y por ello se sustituye  $M'$  por  $M$ .

Teniendo en cuenta las condiciones de la Geodesia física referentes a las anomalías de la gravedad:

$$Og(r, \lambda, \phi) = \frac{GM}{r^2} \sum_{n=2}^{\infty} (n \Phi) \left( \frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (OC_{nm} \cos m\lambda + OS_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\cos \lambda) \quad (1)$$

De modo que tendremos para la ondulación del geoide:

$$N(r, \lambda, \phi) = \frac{GM}{r^3} \sum_{n=2}^{\infty} (n \Phi) \left( \frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (OC_{nm} \cos m\lambda + OS_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\cos \lambda) \quad (2)$$

donde  $g$  es el valor de la gravedad normal del punto  $P(r, \lambda, \phi)$ .

La anomalía reducida  $Og_{red}$  se obtiene a partir del modelo de anomalías gravimétricas  $Og_{mod}$  (1) y a partir de las anomalías de gravedad medidas u observadas  $Og_{obs}$ .

$$Og_{red} = Og_{obs} - Og_{mod} \quad (3)$$

El modelo geopotencial OSU91A completo alrededor de los 360° fue utilizado para obtener la reducción de anomalías de gravedad de aire libre (3) en el modelo del geoide (2), obteniendo un mapa del modelo de anomalía de gravedad de aire libre.



¿Navega sin rumbo?

[www.al-top.com](http://www.al-top.com)

El mejor puerto.



Si usted navega por internet, visite nuestra nueva web. Manténgase informado de todas las novedades del mundo de la topografía, geodesia y construcción: NUEVOS PRODUCTOS, OFERTAS, EVENTOS, ARTÍCULOS TÉCNICOS, FERIAS, PROMOCIONES, DESCARGAS DE SOFTWARE, CONSULTE NUESTRO CATÁLOGO DE PRODUCTOS... Una experiencia virtual que le acercará cada vez más a nosotros.

**TopoCenter** PUNTOS DE APOYO TOPOCENTER EN SU ZONA:  
BARCELONA 93 340 05 73 - 655 559 111 | MADRID 91 371 82 98 - 629 590 874 | LEVANTE 961 460 839 - 618 557 128  
PAIS VASCO 945 13 10 24 - 616 012 096 | GALICIA 986 848 021 - 618 303 238 | BALEARS 660 125 100

Bofarull, 14, bajos 08027 Barcelona  
Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18  
[www.al-top.com](http://www.al-top.com) [al-top@al-top.com](mailto:al-top@al-top.com)



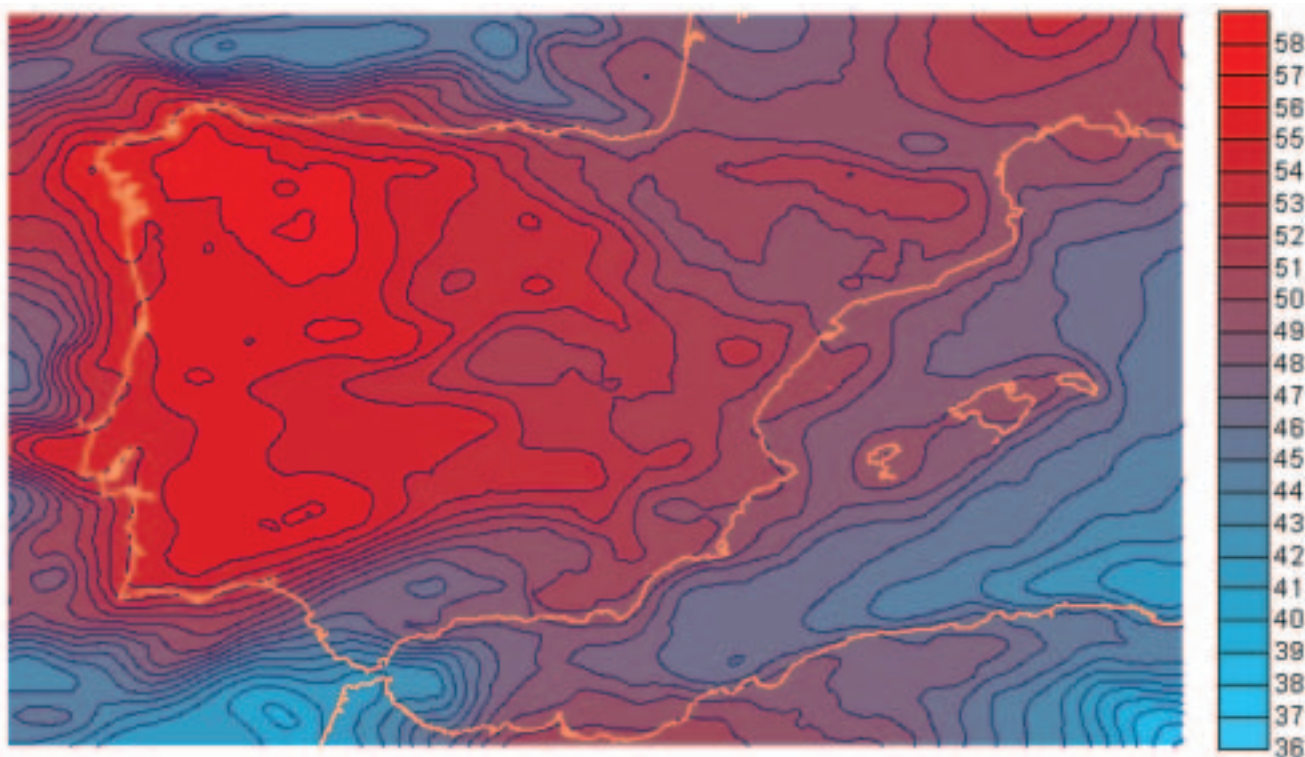


Fig. 1. Modelo Geopotencial. IBERGEO95

En la figura 2 se representa el valor de la desviación de la vertical (en segundos) siendo este valor el ángulo formado por la vertical al elipsoide y la vertical al geoide, en cada punto, del cual tenemos datos.

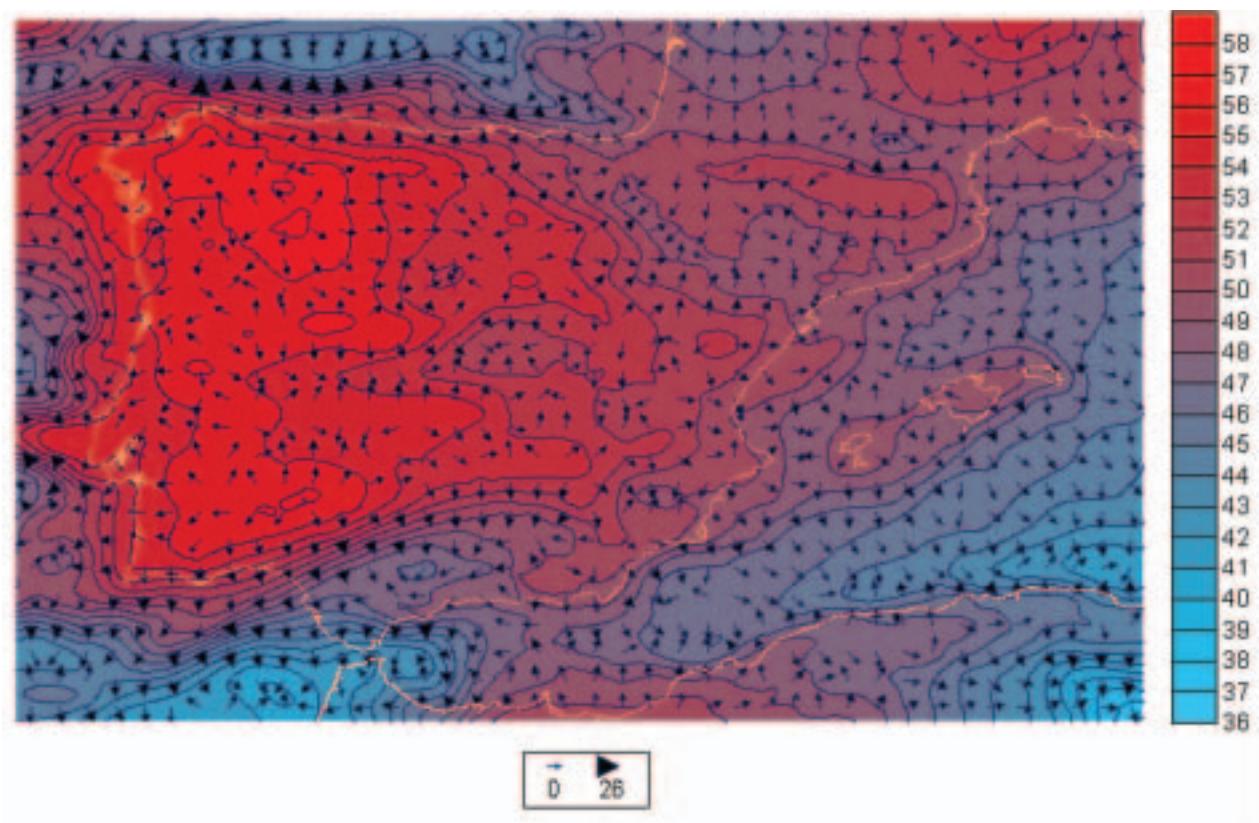


Fig. 2. Desviación de la vertical. IBERGEO95-WGS84

### 5. MODELO GEOIDE EGM-96

En el año 1996 se presentó en el *International Symposium on Gravity, Geoid and Marine Geodesy*, en Tokyo, el modelo de geopotencial EGM96 (*Earth Gravity Model 1996*).

Desarrollado mediante la colaboración de distintos centros de investigación, fundamentalmente el *Laboratory for Terrestrial Physics - NASA Goddard Space Flight Center* y la *National Imagery and Mapping Agency*, aunque también han colaborado la *Hughes - STX Corporation*, *Ohio State University* y *The University of Texas at Austin*.

Se utilizaron para su elaboración gran cantidad de datos de la gravedad, incluso de zonas donde antes no se disponían (zonas del océano Ártico, Groenlandia y la Antártida). Estos datos se obtuvieron de observaciones láser a satélites (TOPEX/POSEIDON, Stella, Starlette, SEASAT, Peole, LAGEOS, etc.), observaciones Doppler a satélites (SEASAT, RADCAL, OSCAR-14, Nova-1, HILAT, GEOSAT, etc.), altimetría de satélite (TOPEX/POSEIDON, GEOSAT y ERS-1), observaciones GPS (TOPEX/POSEIDON, GPS/MET y ELJVE), observaciones TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System) al satélite E17VE, observaciones SST Doppler (Satellite to Satellite Tracking) entre los satélites GEOS-3 y ATS-6, observaciones DORIS (Doppler Orbit determination and Radio-positioning Integrated on Satellite) a los satélites TOPEX/POSEIDON y SPOT-2 y observaciones ópticas a satélites (GEOS-1, GEOS-2, Midas-4, BE-C, DI-D, Echo-IRB, etc.).

Este modelo está definido hasta el grado 360, es decir, se han calculado del orden de 131.000 coeficientes armónicos, lo que hace que se puedan restituir ondulaciones del geode con semilongitudes de onda del orden de 45 km para nuestras latitudes. Ha sido desarrollado para ser utilizado principalmente como referencia geodésica, determinación de órbitas de satélites más precisas, con fines oceanográficos y para estudios geofísicos.

Las calibraciones realizadas sobre el error cometido en la determinación de este geode proporcionan los errores medios cuadráticos, considerando sólo hasta el grado 70:

En áreas continentales	28 cm en latitudes comprendidas entre 66° y 82° y 21 cm considerando toda la superficie terrestre
En áreas oceánicas	18 cm en latitudes comprendidas entre 66° y 82° y 12 cm considerando toda la superficie terrestre. 11 cm en latitudes inferiores a 66°

Se ha de notar que estos errores son entre dos y tres veces inferiores a los que se estimaron para anteriores geoides de precisión, como, por ejemplo, los JGM-1, 2 y 3 (Joint Gravity Model).

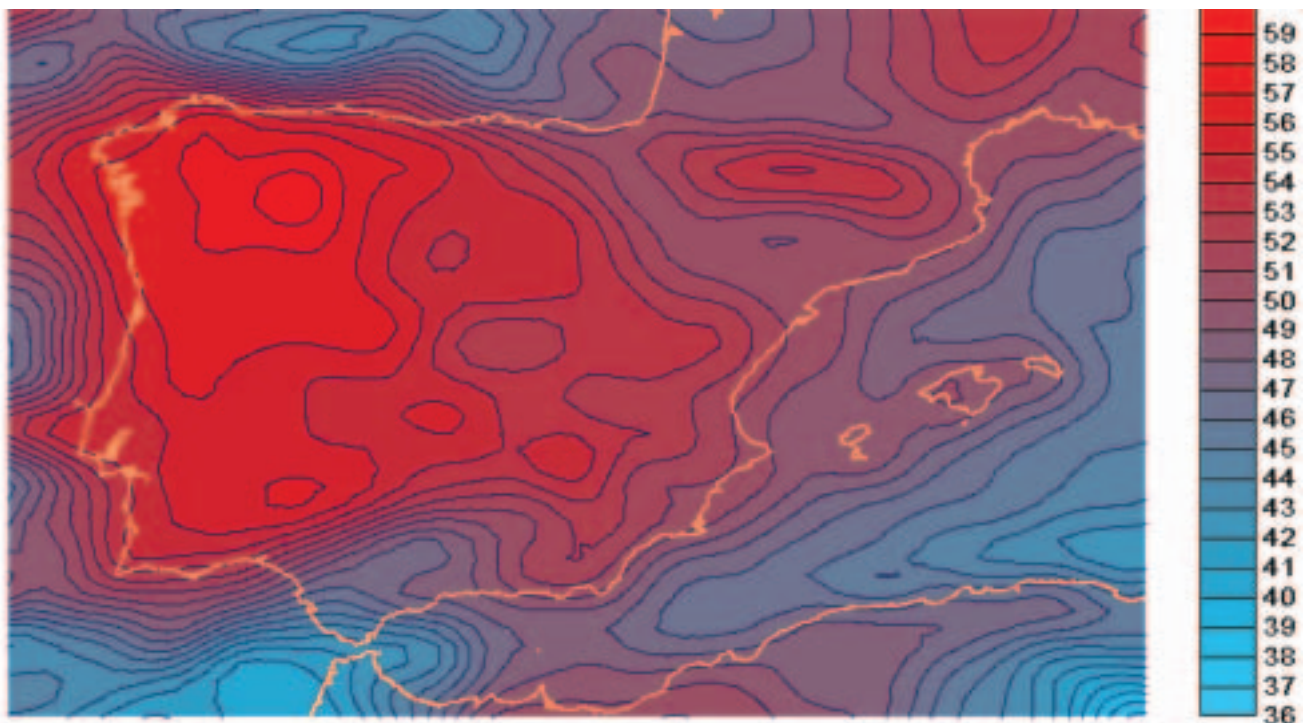


Fig. 3. Modelo Geopotencial. EGM-96

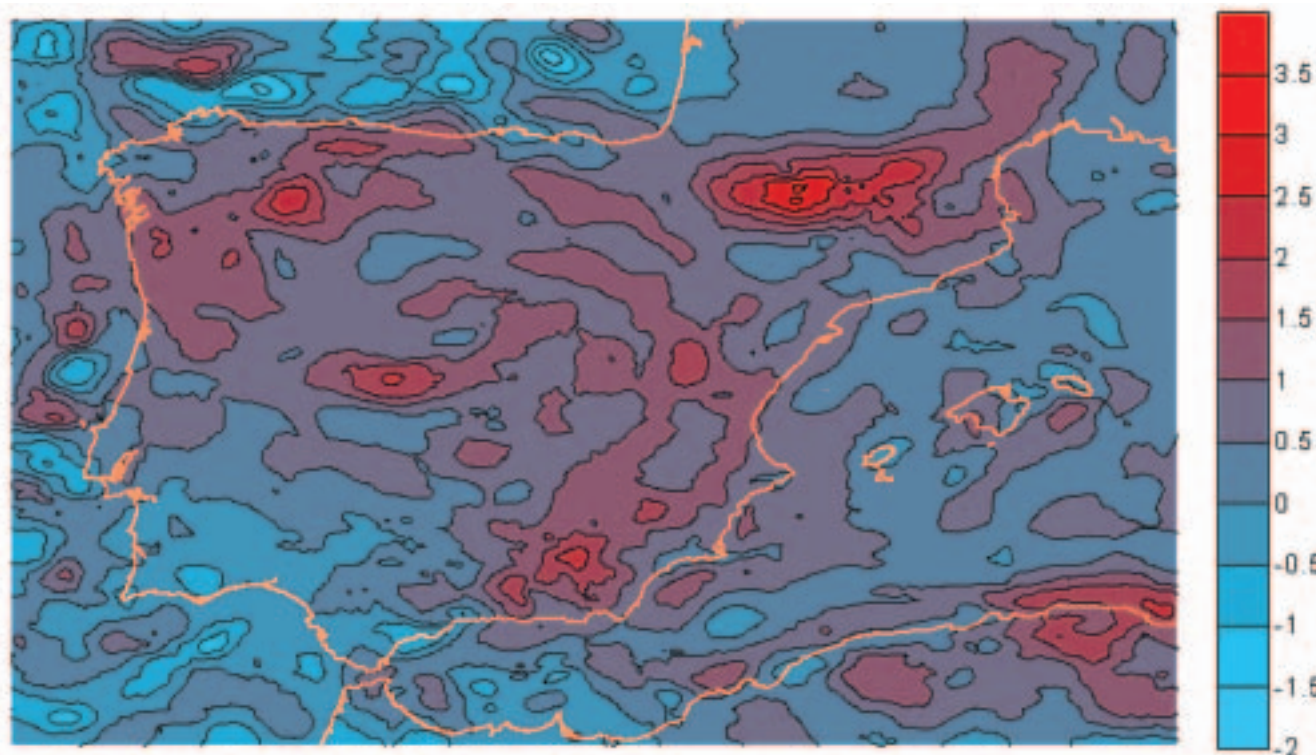


Fig. 4. Diferencias entre Geoide (IBERGEO 95 y EGM-96)

## 6. COMPARACION ENTRE MODELOS IBERGEO- 95 Y EGM-96

En la figura 4 quedan representadas las diferencias entre los dos modelos anteriores. Para la realización de esta figura se ha calculado la diferencia de los valores entre ambos modelos, IBERGEO 95 y EGM-96.

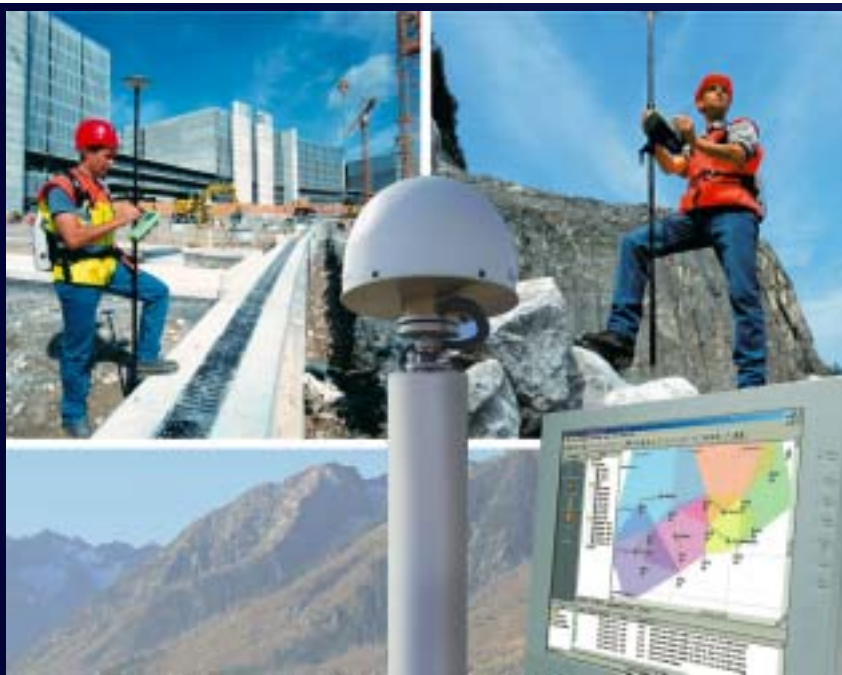
Las diferencias entre ambos geoides son pequeñas, pues se trata de dos geoides de precisión. Si cabe, el Ibergeio 95, al ser local, es más preciso.

Se aprecian discrepancias cercanas a 3,5 metros por la provincia de León, Pirineo Oscense y puntual en zona de Sierra Nevada (Granada). Todas ellas son zonas de alta montaña que pueden estar influenciadas por las compensaciones isostáticas.

En el resto del territorio se puede afirmar que las diferencias entre ambos geoides varían entre 0 y 1 m, siendo la media de aproximadamente 60 cm.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Peláez, J.: Apuntes Curso WGS84 y EGM 96. Programa de doctorado Ciencia y Tecnología de la Ingeniería Geodésica y Cartográfica. Universidad de Jaén. Junio 2005.
- Sevilla, M. J.: "A new Gravimetric Geoid in the Iberian Peninsula". [www.mat.ucm.es/deptos/iag/principa4.html](http://www.mat.ucm.es/deptos/iag/principa4.html).
- Peláez, J.: EGM96. "Un nuevo modelo de geoide de precisión". Julio 1997. Mapping interactivo.
- Blázquez, E. B., Gil, A. J., Rodríguez-Caderot, G.: "AndalusGeoid2002: The new Gravimetric Geoid Modelo of Andalucía". Paper Stud. Geophys. Geod. 47 (2003), 511-520.
- Tziavos, I. N. (1993a): "Numerical Considerations of FFT Methods in Gravity Field Modelling". Wissenschaftliche Arbeiten der F.V. n.188. Univ. Hannover. Hannover
- Tziavos, I. N. (1993b): "Gravity Field modelling using the Fast Hartley Transform". Proc. Session G3 EGS XVIII General Assembly, Wiesbaden, pp 46-53. ■



### GPS TIEMPO REAL

SmartRover  
Serie 1200  
Serie 500



### ESTACION TOTAL

SmartStation  
Serie 1200  
Serie 800 - 700 - 400



### NIVEL

NA2/NAK2  
DNA10/03  
RUGBY 100/200  
RUGBY 300/400



### ACCESORIOS Y SERVICIOS

Disto  
Software  
Material de marcado  
Servicio Técnico

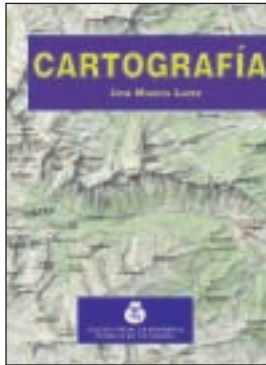
# ACRE

902 490 839 / 617 326 454  
informacion@acre-sl.com  
www.acre-sl.com  
www.laserescaner.com

## Alquiler y Venta

Autovia A-42.  
Km 35-36. Salida Yeles  
Nave 13  
Illescas - Toledo

# Libros Técnicos



Título: Cartografía  
Autor: José Martín López

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



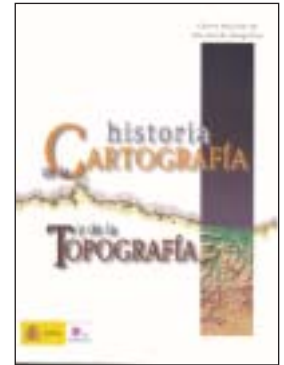
Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000  
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

21,03 € Ref.: 038



Título: Cartógrafos Españoles  
Autor: José Martín López

27,10 € Ref.: 021



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

41,60 € Ref. 039



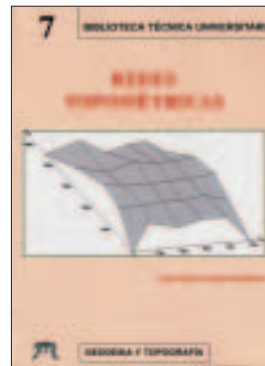
Título: Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital  
Autor: José Luis Lerma García

43,34 € Ref. 5006



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

11,54 € Ref.: 804



Título: Redes Topométricas  
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

22,83 € Ref. 6008



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

18,10 € Ref.: 6006



Título: Problemas de Fotogrametría I  
Autor: José Lerma García

10,20 € Ref.: 5001



Título: Problemas de Fotogrametría II  
Autor: José Lerma García

11,75 € Ref.: 5003



Título: Problemas de Fotogrametría III  
Autor: José Lerma García

8,70 € Ref.: 5002



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

18,54 € Ref.: 5004



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

24,10 € Ref.: 030



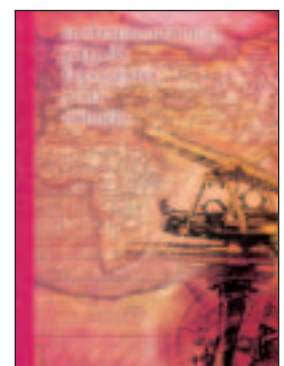
Título: Geodesia y Cartografía Matemática  
Autor: Fernando Martín Asín

32 € Ref. 205



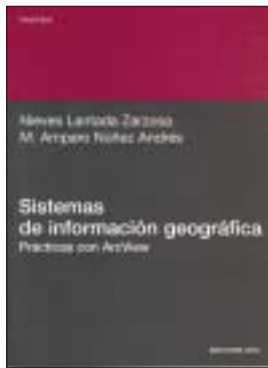
Título: Transformaciones de coordenadas  
Autores: J. A. Pérez y J. A. Ballell

18 € Ref.: 6007



Título: Instrumentación para la Topografía y su cálculo. Autor: Ignacio de Paz

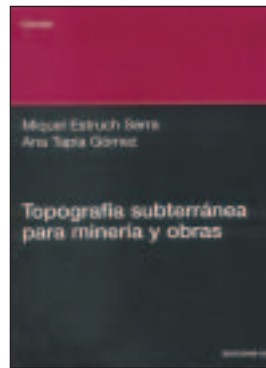
26,75 € (+CD por 33,70 €)  
Ref. 7001



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



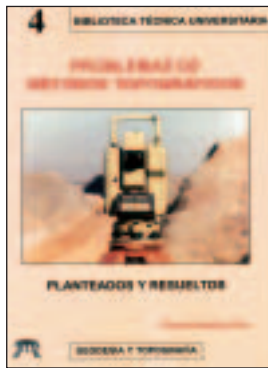
Título: **Topografía de obras**  
 Autor: Ignacio de Corral Manuel de Villena  
**25,00 € Ref. 802**



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



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



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



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



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



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

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



Título: **Catastro de Rústica**  
 Autores: José Luis Berné Valero y Carmen Femenia Ribera  
**31,68 € Ref. 5005**



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



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



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

**Boletín de Pedido a la Revista TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA** Avda. de la Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 Madrid  
 Teléfono: 91 553 89 65 - Fax: 91 533 46 32

N.º Ref.	Cantidad	Título	Precio unitario	Total

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

Nombre .....  
 Dirección ..... Tel. ....  
 Ciudad..... Provincia ..... C.P. ....

Forma de pago:  talón nominativo  giro  transferencia C/C: 2032-0037-50-3300010988  
 Remitir justificante de giro o transferencia. **NOTA: Estos precios son con IVA incluido.**

# Vida Profesional

## JUNTA GENERAL DE COLEGIADOS DEL COITT

El pasado 25 de febrero se celebró, en el salón de actos del Instituto Geográfico Nacional, la Junta General de Colegiados del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, con el siguiente orden del día.

1. Aprobación, si procede, del acta de la Junta General de Colegiados del día 26 de febrero de 2005
2. Memoria anual del año 2005. Aprobación, si procede. Informe de otras actividades no contempladas en ella
3. Reglamento de Régimen Interior con todas sus Normativas. Discusión y aprobación, si procede
4. Propuestas de Seguro de Responsabilidad Civil y otros
5. Estudio y aprobación, en su caso, de: cuotas de colegiación, base reguladora (B), de los actuales honorarios orientativos y tasa mínima de visado (T)
6. Informe de Tesorería. Aprobación del ejercicio económico de 2005 Aprobación del presupuesto de 2006. Nombramiento de Censores de cuentas
7. Nombramientos, si procede, de: Colegiado de Honor a D. Manuel Chueca Pazos y Colegiado Distinguido a D. Víctor Paredes Miguel
8. Propuestas de las Delegaciones Territoriales
9. Ruegos y preguntas.

La Junta se desarrollo según lo previsto, acordándose, por unanimidad, los nombramientos como Colegiado Distinguido de D. Víctor Paredes Miguel y como Colegiado de Honor de D. Manuel Chueca Pazos.

D. Víctor Paredes Miguel causó alta en el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, con el número 265, el día 12 de septiembre de 1966. Desde dicha fecha se dedicó al ejercicio libre de la profesión, primero en sociedad con D. Salvador Balias Roncero y posteriormente en solitario, destacando en todos esos años de ejercicio profesional la calidad técnica de los trabajos realizados, que en su totalidad fueron visados, siendo por ambos motivos un referente para la profesión. Posteriormente, el Ayuntamiento de Leganés, mediante concurso público, le nombró responsable de la cartografía de este municipio madrileño, habiéndose ganado en los muchos años en que desempeñó este cargo, hasta su reciente jubilación, el respeto y apoyo a su gestión por parte de los responsables municipales. Entre otras cosas, dirigió la realización del

plano topográfico del citado ayuntamiento, el cual pasa por ser la mejor cartografía municipal de la Comunidad de Madrid, y en cuyo pliego de condiciones incluyó, como requisito, el visado del mismo por parte del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. A raíz de su meritoria labor; la plantilla de I.T. en Topografía del municipio de Leganés se ha incrementado con la creación de dos plazas más y, gracias a las gestiones por él realizadas, se ha establecido prácticamente la obligatoriedad del visado para todos los trabajos topográficos que se realizan en dicho municipio, siendo, por ejemplo, imprescindible para gestionar licencias de urbanismo, o de cualquier otra índole, que requieran un plano topográfico, práctica que se ha extendido a otros municipios madrileños vecinos de Leganés.

D. Manuel Chueca Pazos es Ingeniero de Minas, estudios que realizó en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid. En 1961 ingresó por oposición en el Cuerpo Nacional de Ingenieros Geógrafos, siendo desde 1968 Doctor Ingeniero Geógrafo, título que obtuvo con la tesis titulada *"Mecanización del Plano Nacional Topográfico Parcelario"*. Es Catedrático de Universidad por oposición desde 1983. Tras solicitar la excedencia voluntaria en el IGN, durante un periodo trabajó para la empresa privada, confeccionando planes de labores en minas a cielo abierto mediante fotogrametría terrestre, siendo pionero en la aplicación de este método en España. Hasta su reciente jubilación ha sido fundador y primer Director del



Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y de la E.T.S.I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica (antes EUIT Topográfica) de la UPV; fundador primer vicepresidente y Director del Instituto Cartográfico Valenciano; fundador y primer coordinador del Programa de Doctorado en Geodesia, Cartografía y Sistemas de Información Geográfica de la UPV; y ha dirigido numerosas tesis doctorales. Igualmente, ha dirigido la realización del Mapa Oficial de la Comunidad Autónoma Valenciana a escala 1:10.000 y ha sido autor de numerosos artículos técnicos y libros, entre los que destaca su *Tratado de Topografía* en tres tomos (Tomo I - *Teoría de Errores e Instrumentación*, Tomo II - *Métodos*

*Topográficos*, Tomo III - *Redes Topográficas Locales y Microgeodesia*). Ha sido distinguido con la Medalla de Oro Colectiva al Mérito en el Trabajo (1970), otorgada por el Gobierno de España como gerente Ejecutivo de la Compañía Minera de Sierra Menera S.A., y el Premio a la Excelencia Docente (curso 2000-2001) otorgado por la UPV dentro del Proyecto Europa. Actualmente es Coordinador del Plan de Estudios y Título de Grado de Ingeniería Geodésica, Cartografía y Topografía en el Espacio Europeo de Educación Superior, a convocatoria de la ANECA (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte), habiendo coordinado la realización del Libro Blanco de Ingeniero en Geomática y Topografía, primero publicado por la ANECA de una especialidad de Ingeniería.

## HOMENAJE EN LA DELEGACIÓN TERRITORIAL DE ANDALUCÍA DEL COITT



Ingenieros Técnicos en Topografía, habiendo sido Secretario de su Junta de Gobierno en varias ocasiones y Vocal en otras.

D. Manuel Tapia Grande, I.T. en Topografía, cursó sus estudios en la Escuela de Topografía de Madrid (actual E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía), ingresando por oposición en el Cuerpo de Topógrafos Ayudantes de Geografía y Catastro del Instituto Geográfico Nacional (actual Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía) en 1968, siendo destinado a Huelva, donde ha ejercido sus funciones hasta su jubilación, acaecida este mes de febrero. Colegiado con el número 420, ha desempeñado el cargo de Delegado Provincial del COITT en Huelva durante muchos años, cargo que ostenta en la actualidad.

Desde estas páginas deseamos a ambos una feliz andadura en esta nueva etapa de su vida.

El pasado 18 de febrero se celebró en Sevilla una comida de homenaje con motivo de la jubilación de D. Luis Martín Domingo y D. Manuel Tapia Grande, a la que asistieron todos sus compañeros del IGN, tanto en activo como jubilados, y numerosos colegiados de la Delegación de Andalucía.

D. Luis Martín Domingo, I.T. en Topografía, cursó sus estudios en la Escuela de Topografía de Madrid (actual E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía), ingresando por oposición en el Cuerpo de Topógrafos Ayudantes de Geografía y Catastro del Instituto Geográfico Nacional (actual Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía) en 1966, siendo destinado a Sevilla, donde ha ejercido sus funciones hasta su jubilación, acaecida este mes de febrero. Colegiado con el número 184, a lo largo de su vida profesional ha desempeñado varios cargos en la Delegación Territorial de Andalucía del Colegio Oficial de



**De izquierda a derecha, D. Manuel Tapia Grande, D. Antonio Nuevo Bono, Delegado en Andalucía del COITT, y D. Luis Martín Domingo.**

## Relación de Altas y Bajas habidas en el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía en el año 2005

### ALTAS DE COLEGIADOS

González Lozano, Santiago	Andalucía	Gómez Pérez, Xose Fernando	Asturias
Moreno Moral, Antonio	Andalucía	Grueso Fernández, María	Asturias
Adalid Cruz, Ana María	Andalucía	Díaz Del Busto, Susana Engracia	Asturias
Cabrera González, Ramón	Andalucía	García Núñez, Abel	Asturias
Álvarez Medina, Esperanza	Andalucía	García González, Joaquín	Asturias
García Alcántara, Antonio	Andalucía	Cabeza Fernández, María Carmen	Asturias
Jiménez Moreno, Rafael	Andalucía	González Pernía, Pablo	Asturias
Gómez Domínguez, Alfredo	Andalucía	Castán Fernández, Carlos	Asturias
Camacho Sánchez, Fco. Javier	Andalucía	Muñiz García, Juan José	Asturias
Cárdenas Herrera, Antonio David	Andalucía	González Romero, Cristina	Asturias
Calvo Del Valle, Francisco José	Andalucía	Pons Pons, Rafael Ángel	Baleares
Román Gómez, Francisco Javier	Andalucía	Mari Ruix, Juan Marcos	Baleares
Millán Navas, Manuela	Andalucía	Gener Llorens, José Luis	Baleares
López Alcaide, María Isabel	Andalucía	Segura Martínez, Ignacio	C. Valenciana
Lozano Rubio, Manuel	Andalucía	González Gómez, Julio	C. Valenciana
Díaz Romero, Juan	Andalucía	Esteve Hurtado, Álvaro	C. Valenciana
González Oubiña, Miguel	Andalucía	Rubio Núñez, Remedios	C. Valenciana
Amaro Mellado, José Lázaro	Andalucía	Alarcón Abietar, Luis	C. Valenciana
Moreno Piedra, María del Carmen	Andalucía	Del Río Lorenzo, Julio	C. Valenciana
Jiménez García, José Daniel	Andalucía	Díaz Verdú, Silvestre	C. Valenciana
Sánchez Hurtado, Marta	Andalucía	Sola Climent, José Fernando	C. Valenciana
Sánchez Medina, Vicente	Andalucía	Fortea Ruiz, Ricardo	C. Valenciana
Álvarez González, Yolanda	Andalucía	Ruiz Marín, Rafael	C. Valenciana
Rosales García, José Antonio	Andalucía	Martínez Martínez, Pedro	C. Valenciana
Díaz Coca, Carlos	Andalucía	Sos Del Diego, Ruth	C. Valenciana
Martínez Abolafia, Sergio	Andalucía	De Gregorio del Burgo, Pedro	C. Valenciana
Carazo Calderón, Carlos Javier	Andalucía	Marín Murillo, David	C. Valenciana
Molinero Roldan, M <sup>a</sup> Trinidad	Andalucía	Boluda García, José Manuel	C. Valenciana
Ruiz Rodríguez, Javier	Andalucía	Aparisi Simo, Vicente Juan	C. Valenciana
García Galiano, José Antonio	Andalucía	García Moreno, Alfredo	C. Valenciana
Arcos Neguillo, José María	Andalucía	Hernández Jiménez, Gerardo	C. Valenciana
Robles González, Raúl	Andalucía	Asensio Ors, Carlos	C. Valenciana
De La Torre Fuentes, Francisco	Andalucía	Gómez Martín, Javier	C. Valenciana
Manzanero Domínguez, Vicente	Andalucía	García Palau, Juan	C. Valenciana
Holgado Fabero, Aurora	Andalucía	Rubio Parrilla, José Ángel	C. Valenciana
Chiachio Santiago, Modesto Javier	Andalucía	Catalá Pellicer, José Luis	C. Valenciana
Carranza Ruiz, Mónica	Andalucía	Rodrigo Pascual, Vicent	C. Valenciana
Fornieles Rubio, Francisco José	Andalucía	Escriba Molins, Miguel	C. Valenciana
Arjonilla Sampedro, Francisco	Andalucía	Forés Ahuir, Estefania	C. Valenciana
González Blázquez, Raúl	Aragón	Muñoz Gómez, Ferrán	C. Valenciana
Gil Laplaza, Daniel	Aragón	Tormos Sáez, Raúl	C. Valenciana
Lafragüeta Pérez, Lorena	Aragón	Valmaña Ricart, Jesús	C. Valenciana
Granda García, José Antonio	Asturias	Ortiz Serrano, Cristina	C. Valenciana
Gutiérrez Cantero, David	Asturias	Peret Martínez, Elisa María	C. Valenciana
Velasco García, Rubén	Asturias	Aleixandre Gómez, Ana María	C. Valenciana
Rodríguez Piñeiro, Gabriel	Asturias	Barres Alfonso, Jorge Alberto	C. Valenciana
Fernández Muñiz, Víctor Jesús	Asturias	De La Concepción Domingo, Roberto	C. Valenciana
García Alonso, Javier	Asturias	Cuñat Núñez, Héctor	C. Valenciana
Vázquez Bartolomé, Rene	Asturias	Villoslada del Valle, M <sup>a</sup> José	C. Valenciana
Rodríguez Fernández, Teresa	Asturias	Sierra Requena, Rafael	C. Valenciana
Cuesta Amores, Lorena	Asturias	De La Salud Gutiérrez, Enrique	C. Valenciana
Fernández Rodríguez, Sergio	Asturias	Román Pipaón, Mónica	Canarias
Taberna Pérez, Jorge	Asturias	Guerra Rodríguez, Orlando César	Canarias
Rodríguez Fernández, Raquel	Asturias	Hernández Rubio, María del	Canarias
Fernández Morales, José Ramón	Asturias	Martín Betancor, Moisés	Canarias
De San José González, Javier	Asturias	Castillo González, Antonio	Canarias
Míguez Ramos, Santos	Asturias	Suárez Almeida, Jaime Ángel	Canarias
Hevia Castiello, Iván	Asturias	Hernández Santana, Alejandro	Canarias
Rodríguez Santiago, Santiago	Asturias	Carrión Pérez, Vanesa	Canarias
Del Cerro Villalain, David	Asturias	Cruz Florido, Yurena de las	Canarias
Carro Fernández, Ana María	Asturias	Rodríguez Alonso, Israel D.	Canarias
Rey Rodríguez, Damián	Asturias	Domínguez Asencio, Lidia Arminda	Canarias
Castaño González, Ángel	Asturias	Melián Coruña, José Manuel	Canarias
Rodil Pérez, Rene	Asturias	Armas Reyes, Salvador Manuel	Canarias
		Gallo Jiménez, Jesús	Canarias
		García Medina, Bernardo	Canarias
		Rodríguez González, Vicente	Canarias



**FALLECIDOS**

Pineda de la Vega, José I.	Andalucía
Ruiz de Quero Ruiz de Quero, Antonio	Andalucía
Dragan García, Pablo H.	Andalucía
Bañuls Terol, Rafael	C. Valenciana
Blanch Gasco, Luis	C. Valenciana
Baixauli Pons, Francisco	C. Valenciana
Villanueva García, Enrique	C. Valenciana
Aguña Martín, Julián	Castilla y León
Castet Gómez, Clemente	Galicia
Pasarín Díaz, Rosario	Galicia
Padilla Padilla, Antonio	Madrid
San Juan Acevedo, Eugenio	Madrid
Del Saz Fernández, Pablo	Madrid
Álvarez Carrillo Alborno, Carlos	Madrid
Bustelo Buhigas, Álvaro	Madrid

**BAJAS VOLUNTARIAS**

Sánchez Martínez, Jesús D.	Andalucía
Colmenero González, Manuel	Andalucía
Colmenero Jiménez, Luis Javier	Andalucía
Domingo García, Juan	Andalucía
Teba Colmenero, Carlos Javier	Andalucía
García Ortega, David	Andalucía
Castillo Ramírez, Félix Ignacio	Asturias
Fernández Jiménez, Ana María	Asturias
Guerra Díaz, Raquel	Asturias
Díaz Gutiérrez, José Ángel	Asturias
Rubio Fernández, Belarmino	Asturias
Moreno Sánchez, Crescencio	Asturias
Ferrer Jiménez, M <sup>a</sup> Teresa	C. Valenciana
Romar Andrés, David	C. Valenciana
Bueno Muñoz, Víctor	C. Valenciana
Narro Fidalgo, Pablo Pedro	C. Valenciana
Moll i Cervera, Estefanía	C. Valenciana
Gómez Caveró, Álvaro	C. Valenciana
López Hortelano, David	C. Valenciana
Vázquez Chirivella, Alfonso	C. Valenciana
Sánchez Martínez, Fernando	C. Valenciana
Celda Montalar, Héctor	C. Valenciana
González Santana, Aida T.	Canarias
Vega Ruiz, M <sup>a</sup> del Carmen	Canarias
Alemán Flores, M <sup>a</sup> Elena	Canarias
Hoyos Fernández de Gaceo, Javier	Cantabria
Mardones Orive, Marta	Castilla y León
García Cano, M <sup>a</sup> Teresa	Castilla y León
Gómez Santos, Alfonso	Castilla y León
Pulido Barberán, Esther	Cataluña
Lancho Teruel, Mayte	Cataluña
Guilera Giralt, Robert	Cataluña
Castell Colell, Bautista	Cataluña
Martín Hernández, Raquel	Extremadura

Gutiérrez Domínguez, José Manuel	Extremadura
Blanco Delgado, M <sup>a</sup> Elena	La Rioja
Miguel Somovilla, M <sup>a</sup> Pilar	La Rioja
Allas Portal, Restituto	Madrid
Benito Oterino, José Manuel	Madrid
De La Fuente Padilla, José	Madrid
Maceda Parada, J. Antonio	Madrid
Fernández Ortega, Rafael	Madrid
Hernández Fernández, Alberto	Madrid
Espinosa Rueda, José I.	Madrid
González Fernández, M <sup>a</sup> Isabel	Madrid
Arias Priede, José María	Madrid
Santamaría González, Antonio	Madrid
García Poveda, Luis M.	Madrid
Eglicerio Román, Javier	Madrid
Herrero Martín, Gemma	Madrid
García Hernando, Ismael	Madrid
Martín de Fuentes Hernán., Ángel	Madrid
Martínez Prados, Cristóbal	Madrid
Jiménez Sánchez, María José	Madrid
Villalba Domínguez, Félix José	Madrid
López de San Román Blanco, Ana	Madrid
Crespo Alonso, Almudena	Madrid
Otero Martín, Pilar	Madrid
Porres Salvador, Sara	Madrid
Villegas Merediz, Cristina	Madrid
García-Cuerva Keller, José Luis	Madrid
Madrid Ruiz, Fco. Javier	País Vasco
García Salazar, José Antón	País Vasco
Uriarte Aberasturi, Javier	País Vasco
López de Tusio Martínez, Olga	País Vasco
López Díaz de Garayo, Estíbaliz	País Vasco
Aramburu Domingo, Amaya	País Vasco
Del Moral Varona, Daniel Ángel	País Vasco
Moraza Ibáñez de Garayo, Rebeca	País Vasco
Rodríguez Sierra, José María	País Vasco
Ruiz Rodríguez, Rubén	País Vasco
García Beitia, Ángel	País Vasco

**BAJAS POR APLICACIÓN DEL ARTÍCULO 48.2**

Cuenca López, M <sup>a</sup> del Rocío	Andalucía
Pamos Bueno, M <sup>a</sup> Dolores	Andalucía
Lendínez Cantero, Yolanda	Andalucía
Vinue Visus, Arturo	C. Valenciana
Parareda i Sala, M <sup>a</sup> Carmen	Cataluña
Agustín Bretos, José María	Cataluña
Prado Lacal, M <sup>a</sup> Teresa	Madrid
Romero Pernudo, Isaac	Madrid
López Dávila, M <sup>a</sup> Luisa	Madrid
Díaz Solera, Raúl	Madrid
Del Pozo Delgado, José M.	Madrid
Fernández García, Sonia Beatriz	Madrid
Mata Arranz, David	Madrid
Rodríguez Chavarro, Milton	Madrid
Romeral de la Peña, Emiliano	Madrid

# Geo center

## VENTA

ESTACIONES - NIVELES OPTICOS  
NIVELES LASER - ACCESORIOS

Nuevo programa **POCKET DATA** sobre  
WINDOWS CE (adaptable a cualquier PDA)



## SERVICIO TECNICO

### NUEVOS SERVICIOS

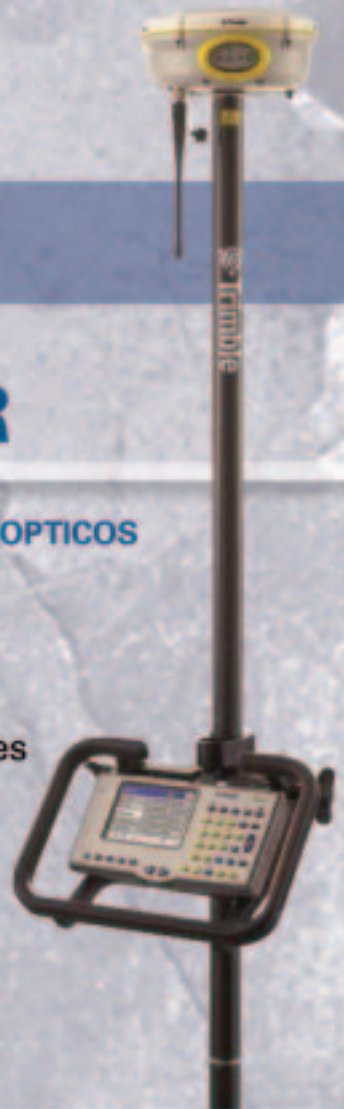
Calibraciones 24 horas  
Calibración cita previa  
Contratos de mantenimiento a medida

## ALQUILER

GPS - ESTACIONES - NIVELES OPTICOS  
NIVELES LASER

**¡¡LLAMENOS!!**

siempre tenemos  
estaciones disponibles





# Índice Comercial de Firmas



**Alquiler y venta de instrumentos topográficos**

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




SERVICIO TÉCNICO OFICIAL

**BATIMETRÍAS**

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

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

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



**BERDALA**  
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS  
Y GEODÉSICOS  
SERVICIO TÉCNICO

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



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

**EDEF**  
**Estudio de Fotogrametría**

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

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

Oficina y Asistencia Técnica  
Edificio Trébol  
C/. Doctor Zamenhof, 22  
28027 MADRID  
Tel. 91 744 07 40 - Fax 91 744 07 41  
C/. Nicaragua, 46, 5ª planta - 08029 BARCELONA  
Tel. 93 494 94 40 - Fax 93 494 94 42



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

<http://www.geocenter.es>

DISTRIBUIDOR OFICIAL  
VENTA Y ALQUILER




**TOPCON EUROPE POSITIONING B.V.**  
Pª Ferrocarril, 335, 2ª - 2ª  
08860 Castelldefels (Barcelona)  
Tel. 93 145 87 32 • Fax 93 145 87 33

e-mail: topografia@topcon.es  
<http://www.topcon.es>

**ATICSA**  
Distribuidor Oficial

**Leica** INTERGRAPH TCP-IT  
Geosystems

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



**MEDITEX**  
MEDICIONES TOPOGRÁFICAS EXTREMEÑAS, S.L.L.

**ALQUILER DE G.P.S.  
Y SERVICIOS TOPOGRÁFICOS**

06800 Merida • e-mail meditexsl@hotmail.com  
TLF. 924 304 984 • 679 631 689 • 659 904 344



**grafinta**  
SOCIEDAD ANÓNIMA  
Distribuidor en España

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

**ACRE**

**Alquiler y venta G.P.S.  
Instrumentos Topográficos**

Autovía Madrid-Toledo  
925-490839 617 326454  
[www.acre-sl.com](http://www.acre-sl.com)




**S&C**  
Distribuidor



Santiago & Cintra Ibérica, S.A.  
C/ José Echegaray, 4 - P.A.E. Casablanca B5  
28100 Alcobendas (Madrid)  
Tel. 902 120 870 - Fax 902 120 871  
e-mail: info@santiagocintra.es

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

Sistemas G.P.S. 

*Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico*

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

Ningún equipo  
está completo, sin un  
buen

# GUÍA

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

*cnig*

CENTRO NACIONAL  
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Y además...

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

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