



## Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

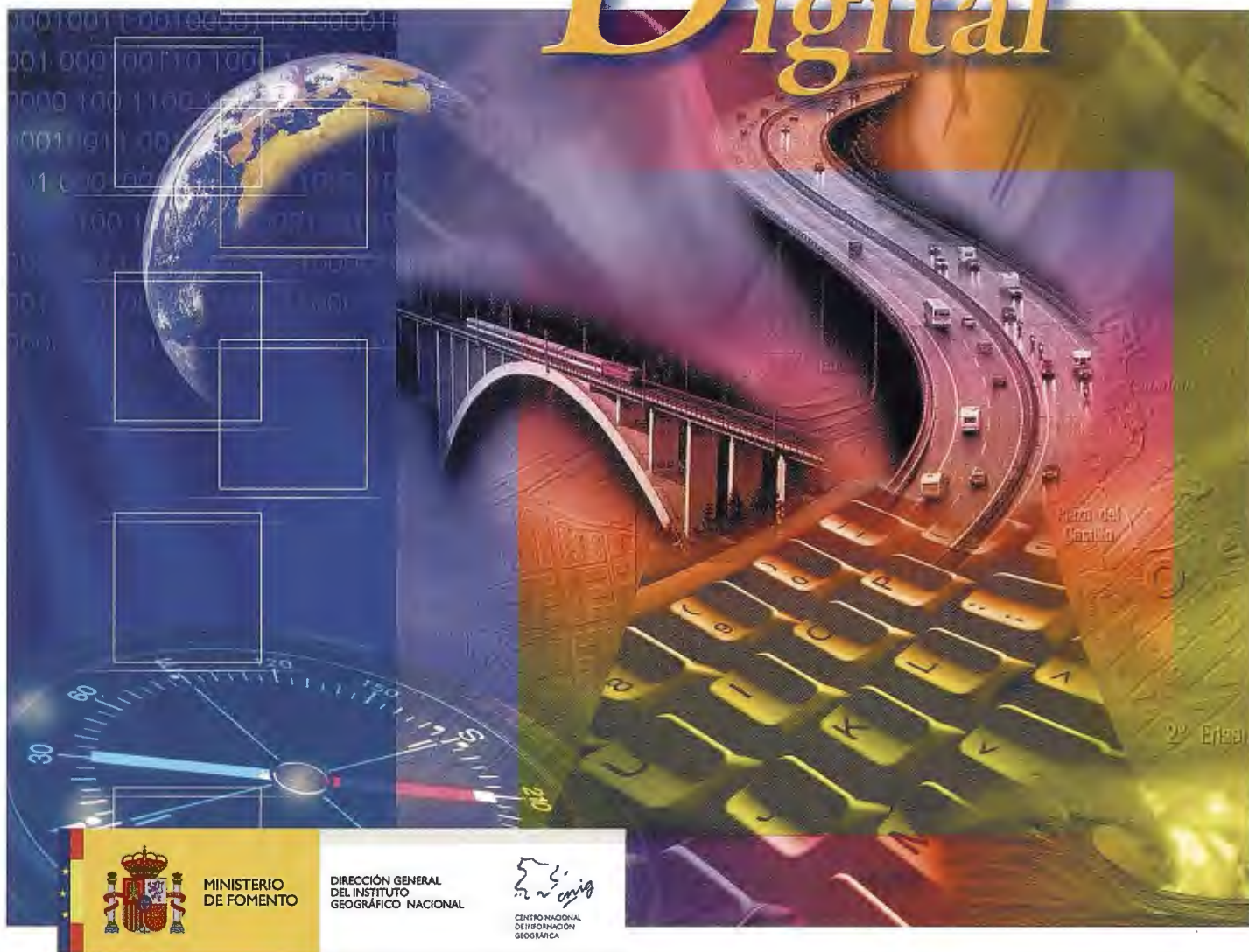
CATASTRO

TURISMO





# Cartografía Digital



MINISTERIO  
DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL  
DEL INSTITUTO  
GEOGRÁFICO NACIONAL



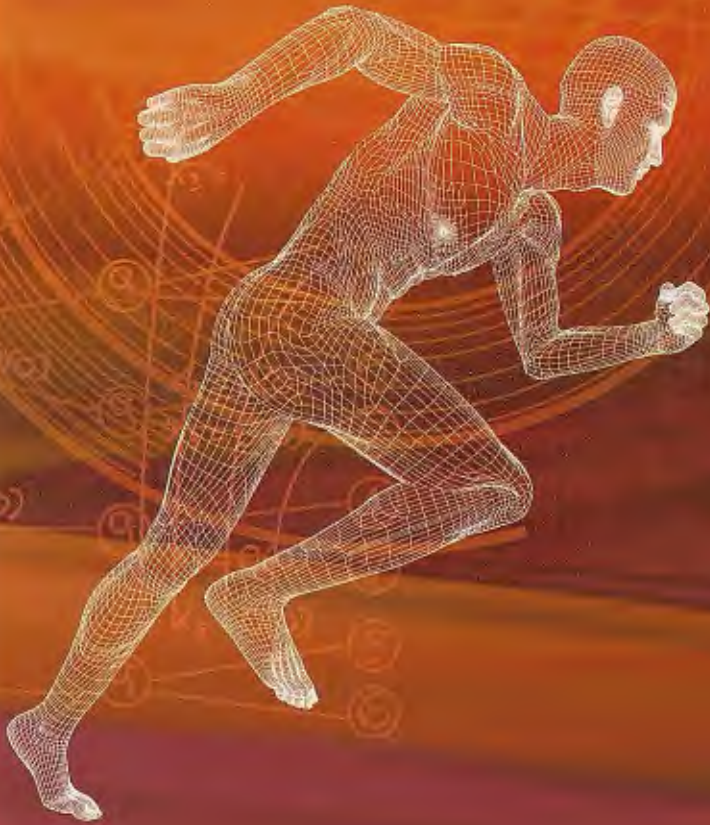
CENTRO NACIONAL  
DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN1 000, 500, 200, 25),  
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),  
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1 000, 200, 25),  
LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,  
FOTROGRAFÍA AÉREA, MAPA POLÍTICO DE EUROPA,  
MAPA POLÍTICO DEL MUNDO, CALLEJEROS Y OTROS PRODUCTOS.

Oficina central y 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) • <http://www.cnig.es>



# ¡Simplemente el mejor!



- 2.000 m de alcance sin prisma
- Tecnología superior de auto seguimiento y rápida localización
- Plataforma Windows CE – fuente abierta a desarrollar sus aplicaciones
- Gran alcance de comunicación

**It's time.**



## **Serie GPT-9000A**

La más rápida tecnología de scanning robótica

[www.topcon.es](http://www.topcon.es)

[www.inland.es](http://www.inland.es)



# MAPPING

## COMITE CIENTIFICO

### PRESIDENTE DE HONOR:

D. Rodolfo Nuñez de la Cuevas

### EDITOR JEFE.

D. José Ignacio Nadal Cabrero

### EDITOR:

D. Andrés Seco Meneses

*Universidad Pública de Navarra, España*

### MIEMBROS.

D. Javier González Matesanz

*Instituto Geográfico Nacional, España*

D. Benjamín Piña Paton

*Universidad de Cantabria, España*

D. Andrés Díez Galilea

*Universidad Politécnica de Madrid, España*

D. Stéphane Durand

*École Supérieure de Géomètres*

*Et Topographes, Le Mans, Francia*

Dña. Emma Flores

*Instituto Geográfico, El Salvador*

Dña. Tatiana Delgado Fernández

*Grupo Empresarial Geocuba, Cuba*

D. Luis Rafael Díaz Cisneros

*Cesigma, Cuba*

Dña. Sayuri Mendes

*Instituto de Geografía Tropical, Cuba*

Dña. Rocío Rueda Hurtado

*Universidad de Morelos, México*

Dña. María Iniesto Alba

*Universidad de Santiago, España*

Dña. Cleópatra Magalhaes Pereira

*Universidad de Oporto, Portugal*

D. Javier García García

*Instituto Geográfico Nacional, España*

D. Jorge Delgado García

*Universidad de Jaén*

## SUMARIO

6 ESTUDIO FOTOGRAMÉTRICO DE LA TORRE DEL HOMENAJE DE TORRES ALBÁNCHÉZ (JAÉN).

12 NUEVOS SENSORES AEROTRANSPORTADOS Y SU APLICACIÓN EN ENTORNOS URBANOS.

16 ERRORES ACCIDENTALES EN EL DNA03 EMPLEANDO MIRA ESTÁNDAR.

18 CORRESPONDENCIA DE IMÁGENES BASADA EN ÁREA.

24 SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED GEODÉSICA VENEZOLANA.

34 UN MODELO DE MUSEO NATURAL.

38 GENERACIÓN DE MAPAS LITO-EDAFOLÓGICOS DE ANDALUCÍA.

46 APLICACIÓN DEL LÁSER ESCÁNER TERRESTRE PARA LEVANTAMIENTOS ARQUITECTÓNICOS, ARQUEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS.

52 APLICACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS EN EL PRIMER ENLACE GEODÉSICO ENTRE EUROPA Y ÁFRICA.

58 BREVES APUNTES SOBRE LA CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA EN ESPAÑA, DESDE EL SIGLO XVI AL XVIII.

69 NUEVA FOTOGRAMETRÍA AEREA DE OBJETO PROXIMO.

71 " AGUAS DE MATARÓ : LA GESTIÓN RESPONSABLE DEL AGUA COMO RECURSO ESCASO "

78 REAL DECRETO 1545/2007, DE 23 DE NOVIEMBRE, POR EL QUE SE REGULA EL SISTEMA CARTOGRÁFICO NACIONAL.

**Foto Portada:** Nivel de precisión. Anónimo hacia 1900. Dimensiones: 38,5 x 19,5 x 14 cm. Anteojo de 36 cm de distancia focal y de 3,9 cm de apertura con cruz filar **Edita:** Revista Mapping, S.L. **Redacción, Administración y Publicación:** C/Hileras,4 Madrid 28013 - Tel. 91 547 11 16 - 91 547 74 69 [www.mappinginteractivo.com](http://www.mappinginteractivo.com). E-mail: [mapping@revistamapping.com](mailto:mapping@revistamapping.com) **Diseño Portada:** R & A MARKETING **Fotomecánica:** P.C. **Impresión:** COMGRAFIC **ISSN:** 1.131-9.100 **Dep. Legal:** B-4.987-92.

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



# Entre en el mundo de la imagen raster con ABSIS

Distribuidor Oficial para España de ER Mapper

## Nuevas Funcionalidades / ER Mapper 7.0 y Image Web Server 7.0\*

Soporte del nuevo formato JPEG2000.

Compresión de las imágenes sin pérdidas.

Incorporación de nuevos asistentes de producción.

\*Compatible con FireFox y Plug-in para Macintosh.

## ER Mapper

Helping people manage the earth

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

[ermapper@absis.es](mailto:ermapper@absis.es)

Alaba 140-144  
Planta 3, P. 3  
**08018 Barcelona**

T 902 210 099  
F 934 864 601

[abs@absis.es](mailto:abs@absis.es)

Santa Engracia 141  
Planta 4, Ofic. 1  
**28003 Madrid**

T 915 352 478  
F 915 343 942

[abscentro@absis.es](mailto:abscentro@absis.es)

AbsisDeleg:  
Lleida / València  
A Coruña / Sevilla  
Tarragona / Girona

[www.absis.es](http://www.absis.es)





# Estudio fotogramétrico de la Torre del Homenaje de Torres de Albánchez (Jaén)

MOZAS CALVACHE, Antonio T.<sup>(1)</sup>; PÉREZ GARCÍA, José Luis.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén,

---

---

## Resumen

En este trabajo se presenta la metodología desarrollada y los resultados obtenidos del levantamiento fotogramétrico de los lienzos interiores y exteriores de la Torre del Homenaje de la localidad jiennense de Torres de Albánchez, así como del montaje tridimensional de la misma. Las líneas básicas de este levantamiento incluyen, la rectificación de fotografías mediante un software desarrollado para esta finalidad, la generación de los mosaicos correspondientes a cada uno de los lienzos planos existentes y el montaje tridimensional de la edificación junto a su contorno. Para finalizar se realiza una descripción de los productos obtenidos justificando el potencial de la metodología planteada en este trabajo, destacando como principales ventajas la utilización de instrumental de bajo coste y la no necesidad de estereoscopia.

**Palabras clave:** Fotogrametría terrestre, rectificación proyectiva, modelización.

## Abstract

In this work, we present the developed methodology and the obtained results of the photogrammetrical survey on the inside and outside walls of the Tower of the Honoring in Torres de Albánchez (Jaén-Spain), as well as its three-dimensional assembly. The basic lines of this survey are the rectification of photographs using software developed for this purpose, the generation of the mosaics corresponding to each of the flat existing walls and the three-dimensional assembly of the building with its contours. To finish, we realized a description of the obtained products justifying the potential of the methodology used in this work, showing as principal advantages the use of low cost instruments and no stereoscopy is needed.

**Keyword:** Terrestrial Photogrammetry, projective rectification, modelling.

## 1. Introducción

El desarrollo de los estudios arquitectónicos y arqueológicos del patrimonio histórico se apoya cada vez más en disciplinas técnicas como la ingeniería topográfica, cartográfica y fotogramétrica que generan representaciones fidedignas del terreno para dichos estudios. La aparición de nuevas tecnologías, tales como las cámaras fotográficas digitales de alta resolución o instrumental topográfico con medida directa sobre el objeto (medida a sólido), está permitiendo la utilización de estas técnicas de bajo coste en trabajos arqueológicos y arquitectónicos (Pérez y Mozas, 2006). De esta forma, los productos obtenidos con estas técnicas pueden ser utilizados en la realización de diferentes trabajos previos a la restauración o documentación del patrimonio histórico, tales como la realización de estudios estratigráficos de los paramentos, el análisis del estado actual de la edificación objeto de estudio, así como para el diseño del proyecto de rehabilitación o restauración más adecuado.

Desde que aparece la necesidad de representar la realidad mediante un documento gráfico, muchas y diferentes han

sido las metodologías e instrumentos utilizados. Algunas de ellas permitían simplemente obtener una representación gráfica de la misma, sin tener en cuenta el carácter métrico de esta. En este grupo podríamos incluir la realización de dibujos artísticos, toma de fotografías o captura de escenas mediante video. Estos documentos, aun cuando pueden representar de una manera muy realista la escena, tienen el inconveniente del carácter no métrico del mismo por lo que en la mayoría de los casos no se pueden utilizar para extraer la información necesaria (medida de distancias, superficies, etc.). En un segundo grupo se encuentran las diferentes técnicas de dibujo técnico a escala, ya sea utilizando instrumental topográfico como el dibujo sobre papel milimetrado apoyado con medidas reales sobre el objeto. Pero estos documentos, aun cuando permiten la extracción de información métrica del objeto tienen el inconveniente, por un lado, de la subjetividad y experiencia del operador (dos operadores diferentes obtendrán representaciones diferentes de la misma realidad) así como de la edición de los datos obtenidos en campo. Por ello, es necesaria la obtención de otro tipo de documentos que posean, en la medida de lo posible, un carácter métrico y un grado coherente de objetividad en la representación de la realidad.

En este punto, la fotogrametría es una técnica que le confiere un carácter métrico a las diferentes tomas fotográficas que se puedan realizar sobre el objeto, mediante las técnicas de rectificación, ortorectificación y la obtención de proyecciones de diferente índole.

Cada vez son más los trabajos, tanto nacionales (Sánchez et al., 2007), como internacionales (Mata et al., 2004) que utilizan estas técnicas (Hanke & Grussenmeyer, 2002) para obtener productos con un enfoque de carácter profesional, investigador o puramente promocional o turístico.

Con estas premisas se presenta en este documento el estudio fotogramétrico realizado en la Torre del Homenaje de Torres de Albánchez (Jaén), donde se han utilizado técnicas topográficas, de rectificación fotogramétrica, generación de mosaicos y modelización tridimensional (Pérez y Mozas, 2006).

Esta fortaleza se encuentra situada dentro del casco de la población. Se trata de una construcción del siglo XIV compuesta de 3 plantas más cubierta. Cada planta se encuentra dividida en 2 salas. El acceso a las distintas plantas se realiza a través de 3 escaleras que se encuentran al fondo de las salas situadas más al Norte. Las dimensiones de la torre son 17 metros de altura por 11 de anchura aproximadamente.



## 2. Metodología y resultados

La metodología empleada se describe de manera clara y esquemática en la Figura 1:

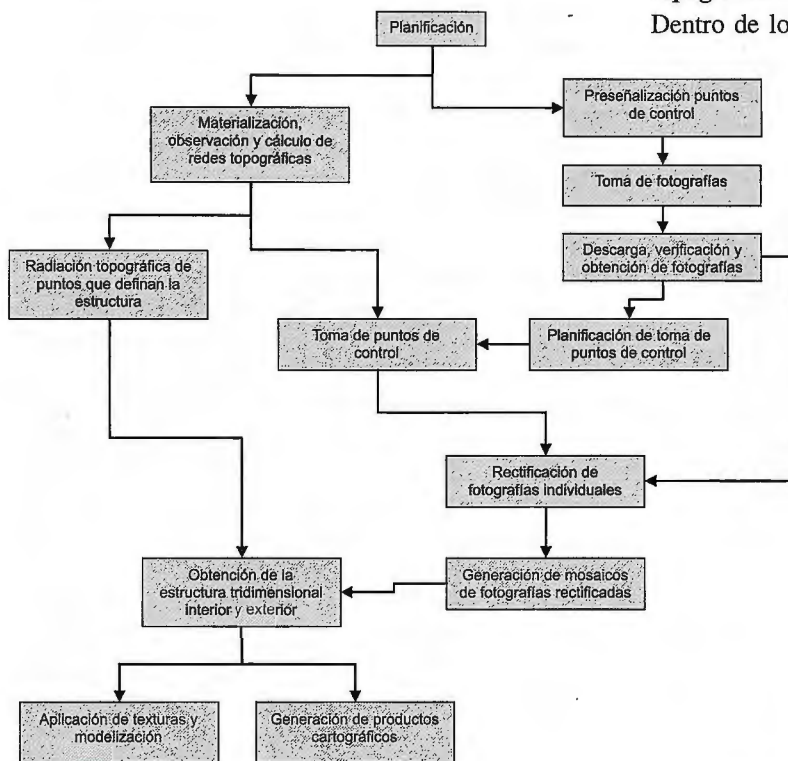


Figura 1. Esquema general del proceso metodológico

### 2.1. Planificación

El levantamiento fotogramétrico se presenta inicialmente condicionado por una serie de circunstancias propias de una construcción antigua que acrecienta la necesidad de análisis y planificación de todos los trabajos a desarrollar. La primera fase consiste pues, en el análisis en campo de los trabajos a realizar, contemplando las diversas posibilidades para tomar las decisiones más adecuadas en cada caso. Este análisis inicial del problema va a ser muy importante para determinar la metodología, los medios y los tiempos adecuados para poder abordarlo con éxito, consiguiendo el objetivo planteado en este proyecto.

Los condicionantes más importantes encontrados son, por un lado, el reducido espacio físico del interior y algunas zonas del exterior de la torre, la existencia de una gran cantidad de zonas inaccesibles u ocultas por vegetación, edificación y otros elementos, y por otro, la necesidad de relacionar el trabajo bajo un mismo sistema de coordenadas y las escalas de trabajo planteadas (1:50 y 1:100).

Este análisis inicial de la zona de estudio, junto con los condicionantes existentes permiten determinar, por ejemplo, el objetivo de la cámara a utilizar, el número de fotogramas necesarios por lienzo, los lugares idóneos de disparo, las horas del día más idóneas para la realización de las fotografías en cada uno de los lienzos, el número y posición aproximada de los puntos de apoyo necesarios para obtener la rectificación de las mismas, etc.

Con la observación y toma de datos preliminares necesarios, realizada en campo, y pensando siempre en las características de los productos necesarios, se procede en gabinete a la planificación de los trabajos topográficos a rea-

lizar, así como de los tiempos y orden de realización de cada una de las fases del proyecto.

### 2.2. Materialización, observación y cálculo de redes topográficas

Dentro de los trabajos iniciales a nivel topográfico que

presenta un proyecto de esta envergadura, se puede destacar la materialización de una red principal de puntos que abarque toda la zona, y la densificación de una red secundaria que permita la toma de todos los detalles necesarios para la definición de los elementos objeto de estudio, así como los puntos de apoyo necesarios para los trabajos fotogramétricos.

Estos trabajos fueron desarrollados con una estación total de 7" de apreciación y con un alcance máximo de medida de distancias sin reflector superior a 500 metros. Otro aspecto importante a tener en cuenta es la elección de un sistema de coordenadas local para el proyecto. Este sistema común a todo el proyecto obliga a enlazar las bases exteriores con las de cada una de las plantas interiores. Este importante escollo, se supera realizando visuales a través de las ventanas o huecos presentes en la torre.

La elección de los puntos que conforman la red desde ceñirse a criterios como minimizar el número de observaciones para limitar el error cometido, contar con visibilidad desde el punto de estación al punto anterior y posterior del itinerario, distribuir los puntos regularmente no teniendo tramos ni excesivamente largos ni cortos, donde se acrecientan los errores de distancia o angulares respectivamente, etc. A causa de los condicionantes encontrados en la zona a estudiar, se decide realizar una red principal mediante una poligonal o itinerario cerrado, partiendo de un punto origen con unas coordenadas determinadas.

La densificación de la red principal en itinerarios secundarios se realiza utilizando la misma metodología. De esta forma, se realizan itinerarios exteriores a la torre para poder tener acceso a todos los detalles que definen su estructura, así como, en cada una de las plantas del interior realizando las observaciones de las visuales de enlace a través de las ventanas o huecos presentes en la misma.

Todos los itinerarios realizados, al ser cerrados permiten obtener los errores de cierre de los mismos, de forma que se puedan compensar las coordenadas obtenidas.

### 2.3. Toma de fotografías

El trabajo fotogramétrico comienza, como es natural, con la toma de fotografías necesarias, que fueron realizadas con una cámara digital reflex de 8.2 mega píxeles, y con un objetivo de 24 mm.

En esta fase se ha de tener en cuenta una serie de factores que facilitarán los futuros trabajos.

- El número de fotogramas por lienzo ha de ser el menor posible. Cuanto mayor sea este número, mayor será el de puntos de control necesarios

- La resolución (numero de unidades terreno/píxel de la imagen) mínima de las mismas debe permitir obtener imá-



genes rectificadas a la escala mayor planteada (1:50).

•La radiometría de las imágenes correspondientes al mismo lienzo deberá ser muy similar, de tal manera que se minimicen las diferencias radiométricas entre ellas a la hora de realizar el mosaico. •La fotografía se deberá tomar lo más vertical y perpendicular al lienzo que sea posible, para evitar grandes diferencias en la escala de la misma además de sensación de proyección en la imagen rectificadas (en zonas no pertenecientes al plano de rectificación, tales como ventanas, puertas, etc.).

Las fotografías, una vez realizadas, son verificadas para comprobar la existencia de solapes entre las que componen un lienzo y asegurar una radiometría similar en las mismas.

#### 2.4. Planificación, preseñalización y observación de los puntos de control.

Una vez situadas, calculadas y corregidas las bases topográficas en todos los lugares necesarios, se estará en disposición de dar coordenadas a los puntos que se van a utilizar en la futura rectificación de cada una de los fotogramas necesarios para la obtención de los lienzos correspondientes. Como se analizará más adelante, para la utilización de la técnica de rectificación proyectiva se usarán, al menos, 4 puntos de control por cada fotografía.

La obtención de estas coordenadas se realiza mediante el método de radiación. Es decir, se medirán sus coordenadas de forma directa a partir de una de las bases topográficas de coordenadas conocidas. Los puntos a obtener para cada fotografía son planificados de forma previa a su medida en campo (Figura 2).



Figura 2. Planificación de los puntos de control

En los lienzos accesibles se han preseñalizado los puntos a medir mediante dianas debidamente colocadas (Figura 3). En los lugares donde esta metodología no ha podido ser utilizada, nos servimos de detalles bien determinados y localizables tanto en las fotografías a rectificar como en el lienzo a modelizar. Esto nos obliga a disponer de las fotografías definitivas antes de la medición de los puntos de apoyo.

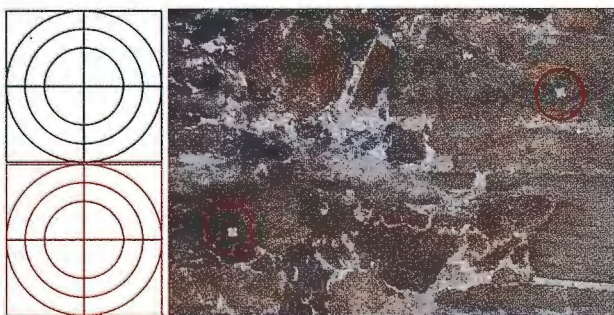


Figura 3. Preseñalización de los puntos de control

#### 2.5. Toma de puntos que definan la estructura

Además de los puntos de control para la rectificación de las imágenes, se lleva a cabo también la captura de los puntos que determinan los contactos o límites de los diferentes lienzos. Estos datos serán posteriormente de gran utilidad en las fases de mosaico y modelización de las diferentes salas.

En cualquier caso, la toma del punto conlleva la codificación del mismo, de tal manera que sea fácilmente identificable en los posteriores trabajos de gabinete por lo que ha de desarrollarse un sistema de codificación de los mismos acorde con el trabajo a realizar.

#### 2.6. Rectificación de imágenes

El proceso de rectificación va a consistir en la corrección de la fotografía realizada, o parte de ella, de la distorsión provocada por la perspectiva cónica fotográfica. El modelo matemático utilizado para ello es la transformación proyectiva. La rectificación permite pasar de un plano existente en la realidad, al correspondiente plano proyectado por el proceso fotográfico y viceversa. Se pueden relacionar pues, las coordenadas espaciales pertenecientes al plano existente con sus coordenadas fotográficas correspondientes. Para esto, solo se tendrá que obtener las coordenadas planas objeto y coordenadas planas imagen de al menos 4 puntos de cada una de las imágenes a rectificar. El proceso general será:

- Selección de los puntos espaciales que generan el plano.
- Obtención del plano formado por esos puntos (Miranda et al., 2004)
- Obtención de coordenadas planas de los puntos espaciales que intervienen en el cálculo de la transformación proyectiva.
- Medición de las coordenadas imagen de los puntos espaciales que intervienen en la transformación proyectiva.
- Cálculo de la transformación proyectiva.
- Aplicación de la transformación y obtención de las imágenes rectificadas.

El proceso de rectificación se realiza a través de la herramienta informática Fotoarq3d desarrollada para este proyecto (Figura 4).



Figura 4. Generación de plano del lienzo con Fotoarq3d

#### 2.7. Generación de mosaicos

La generación de los mosaicos está motivada por dos circunstancias. En primer lugar, porque en la mayoría de los lienzos son necesarias varias fotografías, y por otro lado, en algunos casos es necesario hacer la limpieza de elemen-



tos no pertenecientes al lienzo en cuestión (Sánchez et al., 2007), en este caso, la solución adoptada ha sido la de realizar varias tomas de la misma zona desde puntos de vista diferentes y posteriormente realizar el mosaico seleccionando en cada punto del mismo aquella imagen en la que el obstáculo no está presente (Figura 5).

Con el mosaico generado se procede al recorte de las imágenes eliminando las zonas exteriores y laterales de huecos no pertenecientes al lienzo plano.

Como resumen, el proceso fotogramétrico llevado a cabo en este trabajo se muestra de forma esquemática en la Figura 6.



Figura 5. Eliminación de oclusiones. (A) Fotografías (B) rectificadas y mosaico

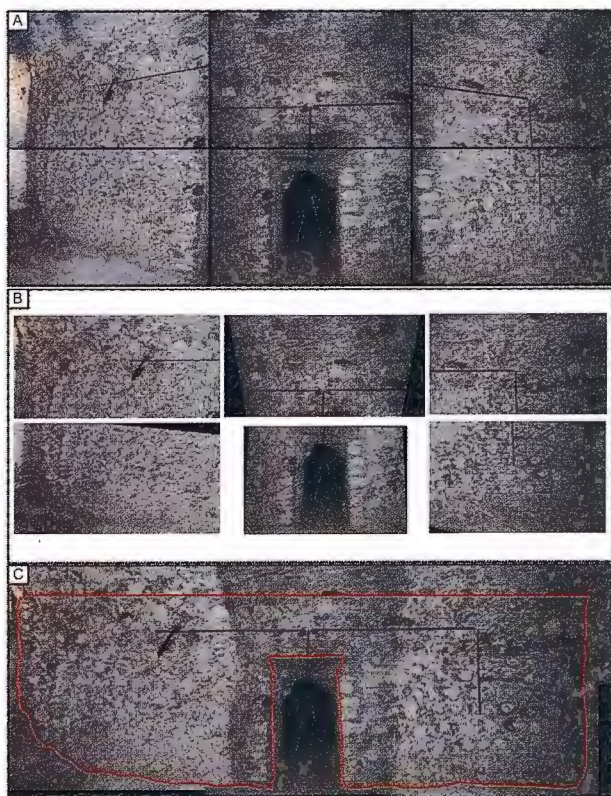


Figura 6. Proceso de obtención de mosaicos. (A) Fotografías (B) rectificación individual (C) Obtención de mosaico y eliminación de zonas fuera de lienzo plano.

## 2.8. Obtención de la estructura tridimensional

Una vez obtenidos todos los lienzos y determinados los planos de cada uno de ellos, estaremos en disposición de transformar estos al sistema de coordenadas global, mostrando de esta manera los lienzos en su posición real y absoluta y obteniendo de esta forma una estructura tridimensional de todo el proyecto (Figura 7).

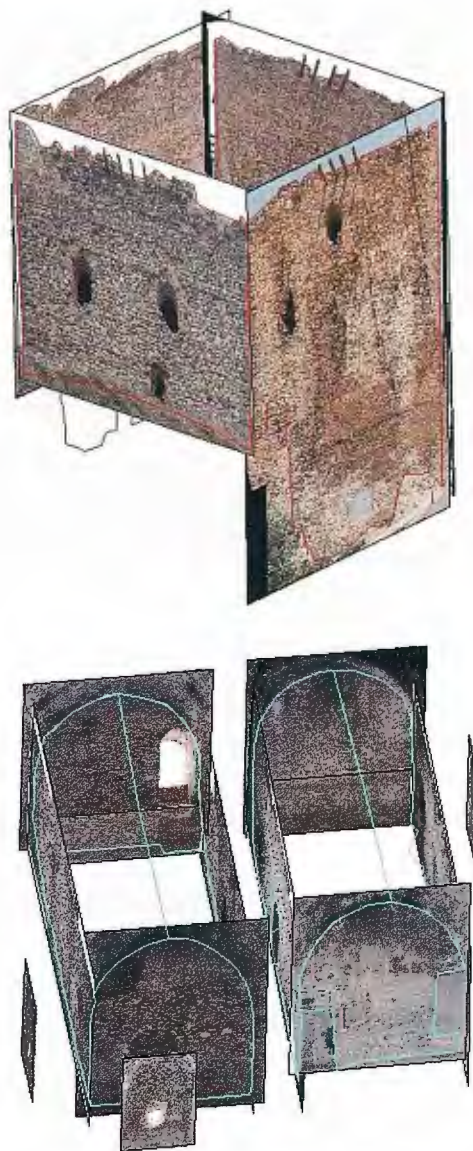


Figura 7. Estructura exterior de la torre. Estructura planta primera

Para esto, se montan las imágenes sobre la estructura de puntos obtenidos con la radiación topográfica. A partir de estas imágenes planteadas en posición real, se pueden, en caso necesario obtener otros puntos que definan los límites de los lienzos si no pudieron ser obtenidos mediante topografía.

Con toda la estructura planteada se genera una triangulación de cada lienzo o superficie obteniendo una malla tridimensional de toda la torre.

## 2.9. Aplicación de texturas y modelización

Definidas las imágenes rectificadas en su posición real, estamos en disposición de utilizarlas como texturas en un modelado tridimensional de la edificación (Figura 8), con la enorme ventaja de estar utilizando la imagen real de cada posición sin necesidad de utilizar una textura virtual. A esta textura se le añade la superficie topográfica del exte-



rior y del suelo de cada una de las plantas y de las escaleras, así como una representación interpolada de las diferentes ventanas y puertas de la edificación. A estos últimos elementos se les asignará una textura no real pero que tenga similitud con la realidad.

En la Figura 8 se muestran algunas vistas tridimensionales de la modelización realizada.

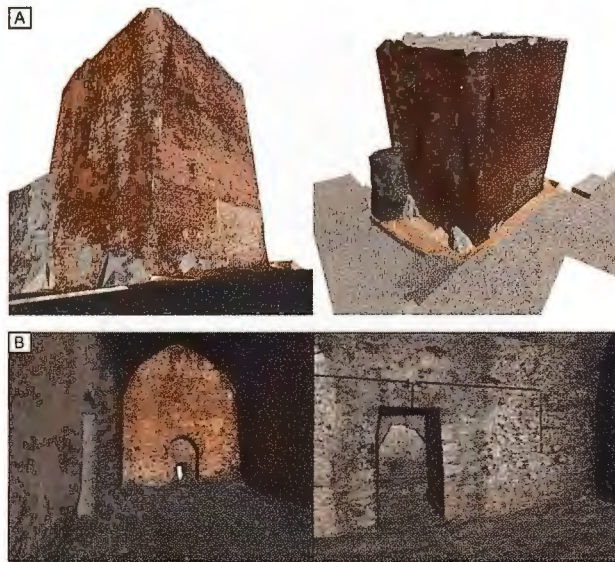


Figura 8. Vistas modelizadas del exterior (A) e interior de la torre (B)

### 2.10. Obtención de productos cartográficos

A partir de la estructura tridimensional previamente realizada se obtienen como productos métricos los planos de cada lienzo a la escala correspondiente determinada en el proyecto (Figura 9).

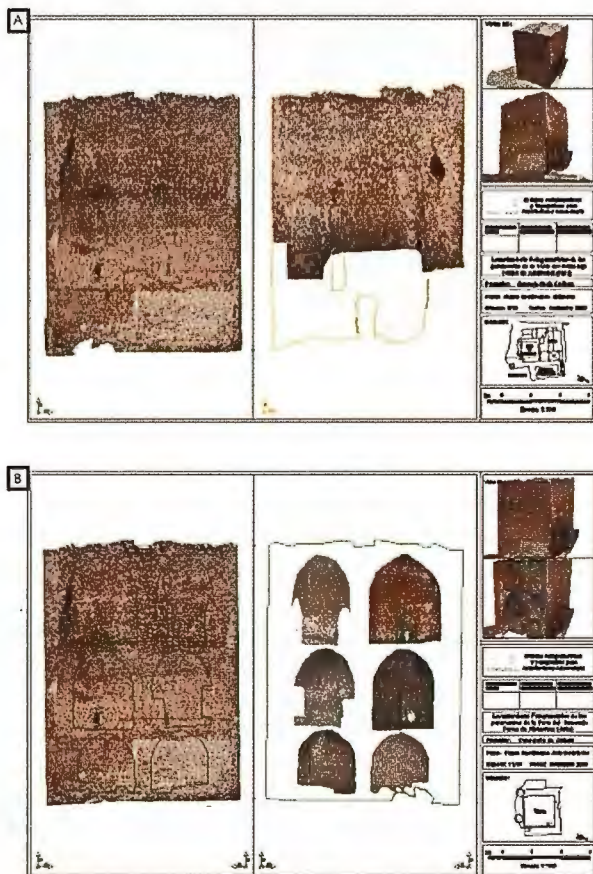


Figura 9. Plano de exteriores N y W (A) y comparativa lienzos E exterior e interiores (B).

Sin embargo, el principal producto derivado es el modelo tridimensional planteado en formato CAD, ya que supone un producto global más completo y manipulable por los posibles usuarios del mismo (Arquitectos, arqueólogos, etc.), del que se pueden derivar todo tipo de secciones, mediciones, vistas, vuelos virtuales, etc.

### 3. Conclusiones

En este artículo se ha presentado un resumen de los trabajos topográficos y fotogramétricos realizados en la Torre del Homenaje de Torres de Albánchez (Jaén).

Para la realización del mismo, se ha descrito una metodología completa adaptada a las circunstancias propias de esta edificación.

La gran envergadura del proyecto ha permitido realizar el levantamiento fotogramétrico en numerosas situaciones, tanto espaciales, como de iluminación, etc., lo que garantiza la viabilidad del método utilizado y su aplicabilidad a otros proyectos similares.

El montaje tridimensional ha supuesto una comprobación de los errores cometidos durante el proceso, debido a las mínimas desviaciones obtenidas en el encaje de los lienzos.

Los productos obtenidos permiten a los usuarios el trabajo con un modelo tridimensional de toda la torre en formato CAD, de manera, que pueden obtenerse todo tipo de productos derivados que interesen en función del estudio en cuestión.

Por último, la reducción de costes de este tipo de estudios gracias a la aplicación de nuevas herramientas informáticas e instrumentación más económica que otras actualmente implementadas, hace viable cualquier proyecto de este tipo en la actualidad.

### Referencias

Hanke K.; Grussenmeyer P. (2002). "Architectural Photogrammetry: Basic theory, Procedures, Tools", Digital Photogrammetry. Ed. Taylor & Francis, pp. 300-339.

Mata E.; Cardenal J.; Castro P.; Delgado J.; Hernández M. A.; Pérez J. L.; Ramos M.; Torres M. (2004). "Digital and Analytical photogrammetric recording applied to cultural heritage. A case study: St. Domingo de Silos, Church (XIV th Century, Alcalá la Real, Spain)", International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 35 (B5), pp. 455-460, Estambul.

Miranda A.; Valle J. M.; Lopetegui A. (2004). "Enfoque Cartográfico de los modelos virtuales de elementos patrimoniales", VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, Madrid.

Pérez J. L.; Mozas A. T. (2006). Informe Técnico "Levantamiento Fotogramétrico de los Paramentos de la Torre del Homenaje. Torres de Albánchez (Jaén)", Proyecto de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. EXP. I062016CA23JA.

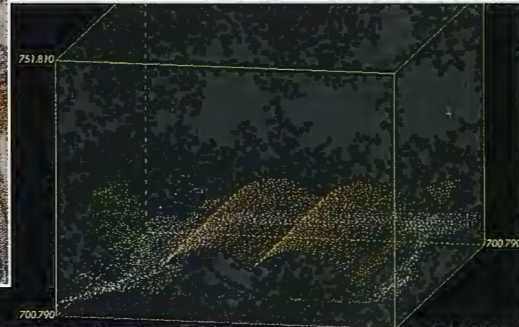
Sánchez J.; Valdepeñas A.; de Sanjosé J. J. (2007). "Levantamiento tridimensional y representación virtual de la plaza de Santa María en el caso antiguo de Cáceres", Topografía y Cartografía, Volumen XXIV, Nº 141, pp. 24-32, Madrid.



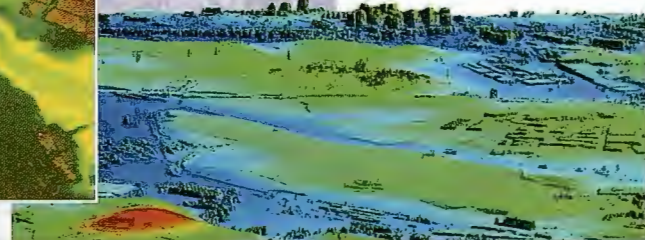
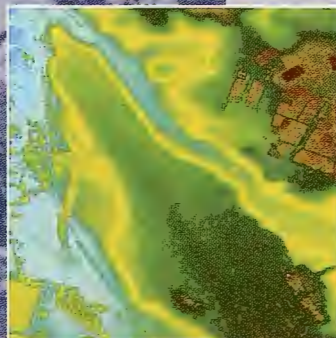
# Sensores Lidar

¿Quiere ver el mundo con otra perspectiva?

El sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) es un sistema láser de medición a distancia, que permite la modelización rápida y precisa del terreno, compuesto por un receptor GPS y un sistema inercial (proporcionan la posición, trayectoria y orientación del láser), un emisor y un barredor (scanner) que permite obtener una nube muy densa y precisa de puntos con coordenadas XYZ.



Vuelo digital + LIDAR. 18 cm, Comunidad de Madrid



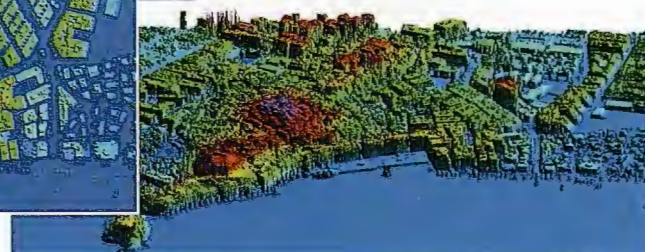
Aeropuerto de Pamplona. Modelo Digital de Superficie generado por LIDAR - Malla de 2x2m

## Aplicaciones:

- Aplicaciones cartográficas
- Modelos hidráulicos
- Estudios forestales
- Modelos tridimensionales urbanos
- Seguimientos de costas
- Líneas eléctricas, inventario, puntos críticos

## Productos derivados:

- Curvas de nivel
- Modelos hidráulicos
- TINs
- Cubicaciones
- Perfiles transversales o longitudinales
- Mapas de pendientes
- Mapas de exposiciones
- Visualización 3D



LIDAR en Almuñécar (Granada) para estudios de inundabilidad

## Ventajas frente a otras técnicas:

- 1 **Precisión altimétrica:** 10-15 cm
- 2 **Densidad de puntos:** 0,5 a 8 puntos/m<sup>2</sup>
- 3 **Homogeneidad** en todas las áreas de un proyecto
- 4 **Obtención de MDT y MSD**
- 5 **Continuidad del MDT:** debajo de arbolado, debajo de edificación, eliminación de estructuras
- 6 **Precio:** Excelente relación precisión/precio
- 7 **Rapidez:** cortos plazos de entrega para grandes superficies



Paseo de la Habana, 200 • 28036 Madrid (Spain)  
Tel: +34 91 343 19 40 • Fax: +34 91 343 19 41 • info@stereocarto.com

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





# CICLO NUEVAS TECNOLOGIAS STEREOCARTO CONFERENCIA: NUEVOS SENSORES AEROTRANSPORTADOS Y SU APLICACIÓN EN ENTORNOS URBANOS.



El pasado mes de Diciembre se celebró en el Hotel Alfonso XIII de Sevilla una nueva edición de las Conferencias: Nuevos sensores Aerotransportados y su aplicación en entornos urbanos.

El Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA) colaboró activamente en la consecución de la jornada, estando presididas por su Director General, Don Rafael Martin de Agar, y contando además con la participación de diversas personalidades pertenecientes al Instituto que apoyaron con su presencia el éxito de la conferencia.



D. Alfonso Gómez Molina, Director General de STEREOCARTO, realizó una presentación en que se analizaron con detalle las ventajas que supone el uso simultáneo de Cámaras Digitales junto con sensores LIDAR para la obtención de datos.



STEREOCARTO, cuenta en este momento con 3 Cámaras digitales, 2 DMC del fabricante Zeiss/Intergraph mas 1 ADS40 de la casa Leica, junto con 2 sensores LIDAR ALS50 II, lo que posiciona a la empresa como la firma privada de nuestro país con mayor capacidad de producción del sector.



Beechcraft King Air 200 - Stereocarto

Además, recientemente se ha sumado a la flota de aeronaves de Stereocarto, un nuevo avión Beechcraft King Air 200 con capacidad para portar 2 sensores simultáneamente y con un techo de vuelo de 32800 pies, lo que permitirá cubrir un amplio abanico de trabajos a distintas alturas de vuelo, ampliando de forma considerable la capacidad de producción de la empresa.

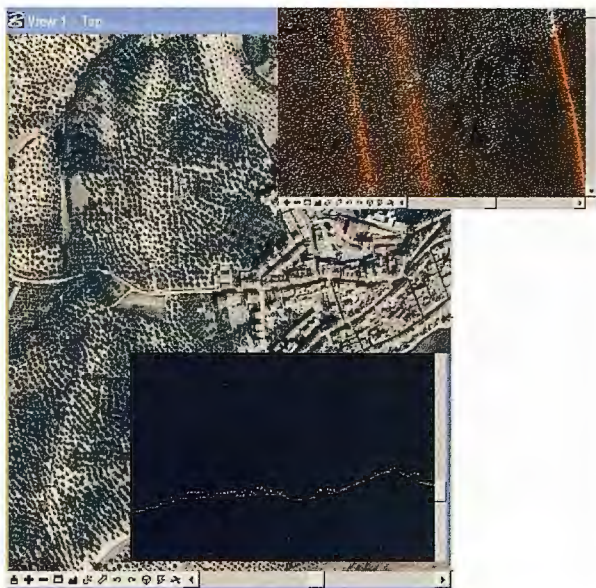
El nuevo aparato, una vez finalizadas las modificaciones necesarias para la realización de trabajos fotogramétricos, empezará a dar servicio de forma inmediata.



Lidar Terrestre – Bosque en Valsain y Fachada de Santa Marina (Córdoba)



Se dispone también de un nuevo LIDAR terrestre, en fase de estudio y que se ha empleado en la captura de fachadas de monumentos, estudios forestales, etc. De especial interés esta resultando la combinación de datos obtenidos por sensores aerotransportados con el sensor terrestre.



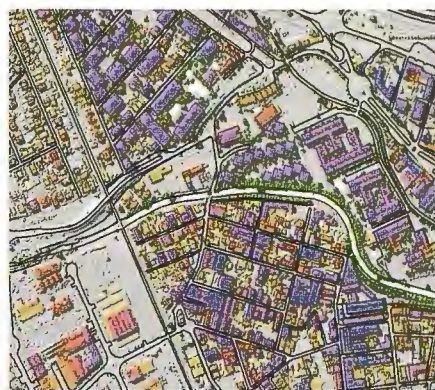
A continuación, D. Tomás Fernández de Sevilla, Director del Dpto. de Tecnología de Stereocarto, explicó el caso práctico del uso combinado Cámara Digital + LIDAR aerotransportado aplicados al proyecto PNOA 10 y 25 cm, proyecto que STEREOCARTO viene realizando desde hace tiempo.

Además del ICA, hubo otras empresas como TERRA XXI, representada por su Director General, D. Maximino Galán que explicó las ventajas del uso de datos capturados de forma simultánea (Imagen + datos LIDAR) y su aplicación en entornos urbanos, resaltando el valor añadido que supone desde el punto de vista urbanístico, el disponer de un modelo de datos preciso y con una riqueza de puntos y detalle, de difícil obtención mediante métodos tradicionales.



"En la actualidad existe gran cantidad de tecnologías basadas en sensores aerotransportados que ayudan a la ingeniería geográfica y territorial. Estas tecnologías nos permiten, desde cubicar volúmenes hasta el control de vertederos, la auscultación de conducciones de fluidos o la simulación para determinar zonas de riesgo de inundación.

*La aplicación de estas nuevas tecnologías al urbanismo no es sencilla puesto que para algunos es una forma de arte, para otros en una ciencia, para otros nor-*



*mativas teóricas y para otros ingeniería de planificación. Este último enfoque permite la utilización de las nuevas tecnologías para la planificación urbana, el diseño así como la gestión territorial y urbana.*

*La nueva legislación del suelo exige a los gestores públicos disponer de información pública, actualizada sobre el suelo y el urbanismo y que esté accesible por medios telemáticos. Todas las nuevas tecnologías que ayudan mejorar la calidad y capacidad de actualización, a la información geográfica y territorial, están ayudando de alguna forma a facilitar el cumplimiento de la ley del suelo.*

*En urbanismo la mayor parte de la información necesaria se recopila en la fase de avance del plan general. Dicha información incluye información tipográfica, planimétrica, altimétrica, poblacional, económica y medioambiental. Ese gran estudio que se realiza al plantear un Plan General, suele cambiar poco durante la subsiguiente aprobación del plan y suele quedar obsoleta tras los primeros años de aplicación del Plan a la gestión municipal.*

*Por ello para una mejor gestión integral del urbanismo municipal se pueden utilizar las nuevas tecnologías basadas en sensores aerotransportados juntos con sistemas de gestión municipales para mantener actualizada la información urbanística y así conseguir la transparencia y objetivización de la gestión en base a datos actualizados."*

D. Alfonso Andrés, Director General de INCLAM, hizo una espectacular demostración de varios modelos hidráulicos generados mediante tecnología LIDAR, que han permitido realizar estudios de gran precisión y como herramienta de ayuda a la toma de decisiones, ante posibles avenidas en zonas urbanas.



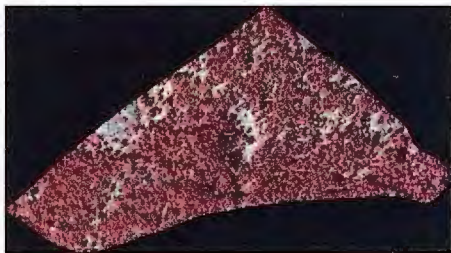
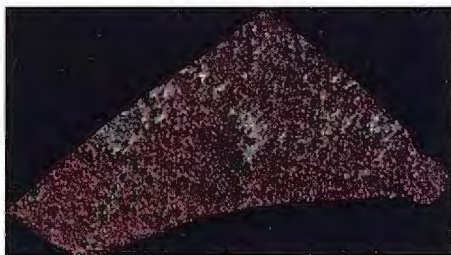
"Los modelos mostrados, basados en el programa GUAD2D, permiten simular el flujo de agua considerando todas las dimensiones espaciales y la evolución tem-



poral, mediante aplicación completa de las ecuaciones dinámicas del flujo, obteniendo valores del calado en todos los puntos y la velocidad del agua en sus dos componentes, a lo largo de todo el desarrollo de la inundación. La precisión matemática de estos modelos se complementa de forma ideal con la que la tecnología LIDAR permite alcanzar en el conocimiento del terreno."



D. Alberto Cerrillo, de la empresa TECNOSYLVA, centró su intervención en el uso de la fusión de datos procedentes de cámara digital (canales RGB e IR) y modelos digitales generados a partir de fuentes de datos LiDAR, incluyendo los valores de número de retorno e intensidad del láser.

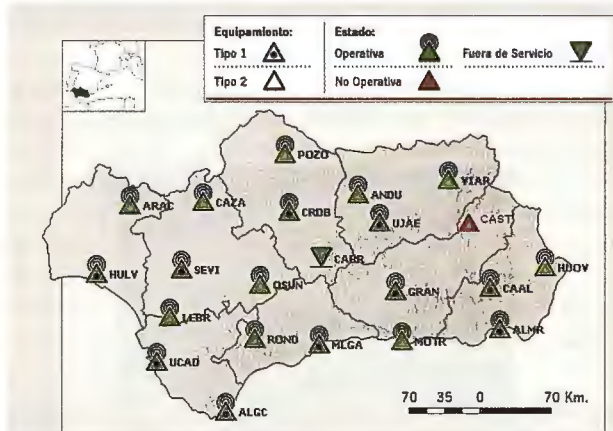


"La principal utilidad derivada del empleo de estos datos, de manera conjunta, la encontramos en el análisis orientado a objetos de imágenes de alta resolución que, mediante técnicas de lógica borrosa y atendiendo a la estructura espacial de la imagen relaciona parámetros como forma, agrupación, vecindad y distribución entre otros y permite una segmentación espacial muy precisa; siendo especialmente útil en tareas de inventario forestal, discriminación de la interfaz urbano-forestal, estimación de la fracción cobrada cubierta, diferenciación de estructuras, etc."

Finalmente, D. Manuel Berrocoso, Profesor de la Universidad de Cádiz (Lab. De Astronomía, Geodesia y Cartografía), expuso la puesta en marcha de la RAP (Red Andaluza de Posicionamiento), que sin duda supone un gran avance en la obtención de datos que facilitará de forma notable, el trabajo de los profesionales del sector.



"La Red Andaluza de Posicionamiento (red RAP), esta compuesta por 22 estaciones repartidas homogéneamente por el territorio andaluz. Nace con el objetivo de ser el marco de referencia en Andalucía para aplicaciones científicas y técnicas tales como el control geodinámico, determinaciones precisas del geode, determinación de puntos de apoyo para vuelos fotogramétricos, aplicaciones topográficas, apoyo a actualizaciones catastrales, gestión de ámbitos agrícolas, aplicaciones SIG, navegación terrestre, marítima y aérea, etc. Dicho marco está ligado al sistema de referencia oficial en España ETRS89."

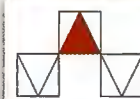


La red RAP permite obtener un posicionamiento preciso a partir de observaciones GPS mediante el uso de las correcciones diferenciales en tiempo real (RTK o DGPS) o en posproceso realizando descargas de archivos RINEX desde el portal Web (<http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/redandaluzadeposicionamiento>)

A la finalización de las presentaciones, se celebró una Mesa Redonda, presidida por D. Agustín Villar - Asesor del Instituto Cartográfico de Andalucía.

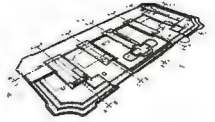
Se hizo un resumen de las jornadas y se debatieron las preguntas realizadas por los asistentes a las mismas, agradeciendo a organizadores y asistentes su dedicación y tiempo para que el evento resultara un éxito, como así fue.





**GeoTres de**

INGENIERÍA DE MODELIZACIÓN Y EXPLORACIÓN GEOMÉTRICA



### Topografía 3D de Alta Definición

Trabaja con información detallada y precisa "as built", gracias al escaneado y modelado tridimensional

Le proporcionamos los datos en cualquier soporte y tecnología: nube de puntos, mallas polícaras, modelos de superficie, modelos de sólidos, ortoimágenes, sistemas diedrico, etc.



### GPS TIEMPO REAL CENTIMETRICO

IBEREF MADRID

Red de estaciones de referencia

- *Duplique su productividad*
- *Convierta sus Referencias en móviles*
- *Trabaje a más distancia con más precisión*
- *Olvídese de vigilar sus Referencias*

en Madrid y Toledo



#### 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

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

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





# ERRORES ACCIDENTALES EN EL DNA03 EMPLEANDO MIRA ESTÁNDAR.

De la Cruz González, José Luís. - Dpto. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén.  
Ruiz Lendínez, Juan José. - Dpto. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén.

## Resumen

El cálculo de los errores accidentales en niveles electrónicos, no se puede realizar de una manera tradicional. El nivel electrónico realiza la medición del desnivel de una forma ajena al operador. Esta forma de trabajo obliga a controlar el instrumento según la norma ISO 17123-2. El problema surge cuando la distancia de trabajo no coincide con la distancia especificada por la norma. En el presente trabajo se realiza un estudio de los resultados obtenidos aplicando el método de trabajo de la norma a distintas distancias, comparando resultados de los errores producidos.

## Abstract

Accidental errors in electronic levels can not be obtained by traditional methods. The electronic level makes the operator out the measurement of a not our own form. This form of work calls for controlling our appliance according to the standard ISO 17123-2. Several problems arise when the distance of work does not agree with the distance of the standard. In this paper we analyze some results obtained by means of the application of different distances standard, comparing results of the errors.

**Palabras claves:** errores accidentales, ISO 17123-2, error kilométrico, niveles electrónicos.

**Key words:** Accidental errors, ISO 17123-2, kilometric error, electronic levels.

## 1. Introducción.

En los niveles electrónicos (o digitales) no puede plantearse el cálculo de los errores accidentales, y por lo tanto el error kilométrico, del mismo modo en que se obtienen para los niveles analógicos (de la Cruz, 2004). Con estos últimos se podía calcular el error angular como la componente cuadrática de los errores de verticalidad, puntería y error de lectura en mira. Sin embargo, con los niveles electrónicos el modo de operar se reduce a ajustar el enfoque del instrumento de modo que este pueda calcular una distancia aproximada a la mira, y realice la lectura de desnivel y de distancia correspondiente.

A partir de aquí tenemos dos trabajos, uno el comprobar la estabilidad del instrumento con distintas clases de luz ambiente (de la Cruz, 2007) y el otro intentar calcular el error accidental.

Lógicamente, el error accidental ya no lo podemos plantear como un error angular simplemente, se hace necesaria una herramienta que indique qué desviación típica está cometiendo el instrumento al realizar la lectura. Esta herramienta la es proporcionada por la norma ISO-17123-2.

En cualquier caso, el problema se plantea cuando la distancia de trabajo es diferente de los 30 metros (distancia nivel-mira) con los que, tal y como indica la citada norma, la casa fabricante entrega sus resultados.

En el presente trabajo se han realizado observaciones por el método del punto medio, estando la distancia entre el nivel y la mira comprendida en un intervalo de 5 a 40 metros.

## 2. Observaciones y resultados.

Para realizar la observación de la Norma ISO-17123-2, se ha empleado el nivel digital DNA03 de la casa comercial Leica. Las características técnicas de este instrumento son proporcionadas por la propia casa comercial en <http://www.leica-geosystems.com>

En un principio se ha planteado estudiar únicamente el error provocado por el instrumento y una mira estándar, dejando ésta última fija y perfectamente nivelada mediante la sujeción ejercida por medio de un pequeño trípode. Aunque en condiciones de trabajo normales no es esta la forma usual de operar, mediante el empleo de este sistema de sujeción, se elimina el efecto negativo introducido por el pulso del auxiliar que porta la mira. Sería conveniente tener esta circunstancia en cuenta más adelante.

Con las condiciones anteriormente descritas se obtuvo los resultados que se recogen en la tabla 1.

Distancia nivel-mira. (m)	Desviación típica ( $\sigma$ ). (mm)	Error kilométrico según $\sigma$ (mm)
5	0.022	0.15
10	0.018	0.09
15	0.025	0.10
20	0.039	0.13
25	0.082	0.25
30	0.125	0.34
35	0.163	0.43
40	0.11	0.29

Tabla 1. Resultados de las desviaciones típicas según la norma a distintas distancias.

Al estar la norma calculada para visuales adelante y atrás, si se desea saber cual es el error cometido para una sola visual (1 mira) debe dividirse entre raíz de 2 (tabla 2).

Según indica la propia casa comercial (Leica), la desviación típica del eje es de 3", por tanto se puede conocer cual será el error provocado por la falta de verticalidad del DNA03 a diferentes distancias de observación (tabla 2).

De este modo puede afirmarse que el error provocado por el sistema de correlación al realizar una lectura en la mira vendrá dado por diferencia entre el error observado y el error provocado por la falta de verticalidad. (Expresiones 1 y 2).

$$\sqrt{E_V^2 + E_m^2} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \quad (1) \quad E_m^2 = \left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)^2 - E_V^2 \quad (2)$$

Siendo:  $E_V$  el error de verticalidad a distintas distancias.

$E_m$ : el error cometido al leer en la mira.

$\sigma$ : la desviación típica observada.



Los resultados que se obtienen se muestran en la tabla 2.

Distancia (m)	$(\sigma/\sqrt{2})^2$ (mm)	$E_v^2$ (mm)	Diferencia (mm)
5	0.000242	0.0000528	0.00018
10	0.000162	0.000211	-0.00005
15	0.000312	0.000475	-0.00016
20	0.000760	0.000846	-0.00008
25	0.003362	0.001322	0.00204
30	0.007812	0.001903	0.00591
35	0.012284	0.002591	0.010693
40	0.006050	0.003384	0.002665

Tabla 2: Resultados de comparar el error generado por el error de verticalidad a distintas distancias y la desviación típica observada para una mira.

Como puede observarse, el error cometido a leer en la mira presenta un abanico amplio de valores. Entre ellos, aparecen valores negativos. Recordemos que lo que se ha calculado con la diferencia es el ya mencionado error de lectura en la mira elevado al cuadrado.

No obstante, se ha intentado ajustar a los resultados obtenidos una curva mediante la metodología de los mínimos cuadrados, obteniéndose unos valores para el coeficiente de correlación de Pearson muy bajos y nada significativos (para las 25 funciones que se han probado).

Todo ello conduce a pensar que el error de lectura por el método de correlación es debido más a la propia mira, que debe recordarse que es estándar, que al propio sistema de correlación del instrumento empleado.

Distancia nivel-mira. (m)	Desviación típica ( $\sigma$ ). (mm)	Error kilométrico según $\sigma$ (mm)
5	0.04	0.33
10	0.04	0.24
15	0.06	0.24
20	0.08	0.29
25	0.05	0.17
30	0.07	0.22
35	0.07	0.21
40	0.22	0.57

Tabla 3. Desviaciones típicas y errores kilométrico según norma ISO-17123-2 a distintas distancias, observado con viento.

Una vez se llega a esta conclusión, se han realizado diversos test, en los que se ha comprobado la estabilidad del instrumento diversas condiciones en relación al viento. Así, y asegurando en todo momento que el nivel esférico se mantuviera "calado", se ha comprobado si el compensador electrónico del instrumento aguantaba en condiciones desfavorables. Los resultados para las desviaciones típicas y errores kilométricos que se han obtenido en estas condiciones se muestran en la tabla 3.

Como puede apreciarse, los valores son algo mayores que en el caso de la observación realizada en ausencia de viento, pero aún así, el compensador electrónico ha "aguantado" perfectamente, sin ni siquiera acercarse a la desviación típica que da la casa Leica para el instrumento.

Finalmente, se procedió a realizar las mismas observaciones, pero en este caso sujetando las miras a pulso, sin utilizar el trípode ya mencionado. Para este caso el resultado que se obtuvo fue de un error kilométrico de 1,16 mm. A este valor obtenido se le ha pasado el test de  $\chi^2$ , con respecto al valor de 1 mm. que ofrece la casa Leica como valor de error kilométrico, cumpliendo el test de hipótesis.

### 3. Conclusiones

Como puede apreciarse en la tabla 3, la diferencia entre realizar las observaciones empleando un trípode o sin él, es notable, por lo que puede deducirse que, con el nivel DNA-03 de Leica, el mayor error que se comete empleando mira estándar, es provocado por el pulso del auxiliar que porta la mira durante el proceso de observación.

### 4. Referencias

De la Cruz González, J.L. (2004) Normas de Calidad, Errores accidentales y errores sistemáticos en los niveles automáticos. Mapping, número 92, pp:70-72

De la Cruz González, J.L. (2007) Comparación de errores sistemáticos en el DNA03. Estabilidad en las medidas en función de la variación de luz ambiente. Mapping, número 116, pp:42-44  
Norma ISO 17123-2

**La Tienda Verde**  
**LIBRERÍA ESPECIALIZADA**  
**CARTOGRAFIA**  
**LIBROS Y GUÍAS DE MONTAÑA, NATURALEZA Y VIAJES**  
**DISTRIBUIDORA DE CARTOGRAFIA Y LIBROS DE MONTAÑA**

C/ Maudes, 23 (Viajes y Naturaleza)  
 Tel: 915 353 810 / 915 353 794 - Fax: 915 342 639  
 C/ Maudes, 38 (Mapas y Libros de Montaña)  
 Tel: 915 330 791 / 915 343 257 - Fax: 915 333 244

Distribución.  
 Tel: 915 337 351 - Fax: 915 333 244  
 Web: www.tiendaverde.org  
 e-mail: info@tiendaverde.org



# CORRESPONDENCIA DE IMÁGENES BASADA EN AREA

Griselda María Luccioni  
 José Eduardo Juliá  
 Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

## Resumen

Este trabajo presenta los resultados obtenidos con métodos de correspondencia basados en áreas, tales como correlación cruzada, correlación subpíxel por interpolación y correspondencia subpíxel por mínimos cuadrados. Para ello, se diseñaron algoritmos que se implementaron en Matlab y se realizaron pruebas con imágenes digitalizadas a partir de fotografías aéreas. Los resultados, evaluados a través del coeficiente de correlación y de la falta de intersección de pares de rayos homólogos, muestran la superioridad del procedimiento de correspondencia por mínimos cuadrados pero permite, a la vez, apreciar la buena calidad de los otros dos procedimientos citados. En especial, el más sencillo y menos costoso en tiempo de proceso, la correlación cruzada, produjo resultados sensiblemente mejores que los esperados.

## Abstract

This article show the results obtained with methods of area-based matching such as cross-correlation, subpixel correlation by interpolation and least squares correlation. For this purpose, algorithms were designed and implemented in Matlab. Several proofs were carried out with digitized images of aerial photography. The results, judged by means of the correlation coefficient and the lack of intersection of homologous rays, show the superiority of the least squares approach, but they also show a good quality of the other procedures. In particular, the easiest and less costly in processing time, the cross - correlation approach, yielded results sensibly better than those expected.

## 1. Introducción

De los tres métodos para correspondencia de imágenes, los basados en área, en entidades y en relaciones, este trabajo se ocupa del primero: la correspondencia basada en área, también llamada correspondencia basada en intensidades. En este tipo de correspondencia se comparan las distribuciones de niveles de gris de pequeñas áreas de dos imágenes llamadas ventanas (Fig. 1).

Entre los métodos de correspondencia basados en área, el más difundido en las aplicaciones de la fotogrametría es el de correlación cruzada, que suele denominarse simplemente correlación. En algunos procedimientos se lo emplea como única herramienta, mientras que en otros, sus resultados constituyen un paso inicial para otros algoritmos que permiten obtener precisiones subpíxel tales como la Correlación Subpíxel por interpolación y la Correspondencia por Mínimos Cuadrados.

### 1.1. Correlación cruzada

La correlación cruzada trabaja bien y rápido cuando las áreas a corresponder contienen suficiente señal y cuando son mínimas las distorsiones geométricas y radiométricas, algo que, en general, se cumple si se trabaja con imágenes aéreas estándar (Gruen, 1985).

$$\bar{g}_L = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_L(x_i, y_j)}{n \cdot m} \quad \bar{g}_R = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_R(x_i, y_j)}{n \cdot m}$$

Denominando  $g_L(x, y)$  y  $g_R(x, y)$  a las funciones que representan los valores de gris de los píxeles de las ventanas

izquierda ( $L$ ) y derecha ( $R$ ) (Fig. 1), ambas de tamaño  $n \times m$ , los niveles medios de gris de cada ventana  $\bar{g}_L$   $\bar{g}_R$  son: El coeficiente de correlación cruzada entre ambas ventanas se denota con  $\rho$  y está definido por:

$$\rho(g_L, g_R) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_L(x_i, y_j) - \bar{g}_L)(g_R(x_i, y_j) - \bar{g}_R)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_L(x_i, y_j) - \bar{g}_L)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_R(x_i, y_j) - \bar{g}_R)^2}}$$

A modo de ejemplo, el valor del coeficiente de correlación cruzada calculado con esta fórmula para las ventanas seleccionadas en la Fig. 1 es de  $\rho = 0.8699$

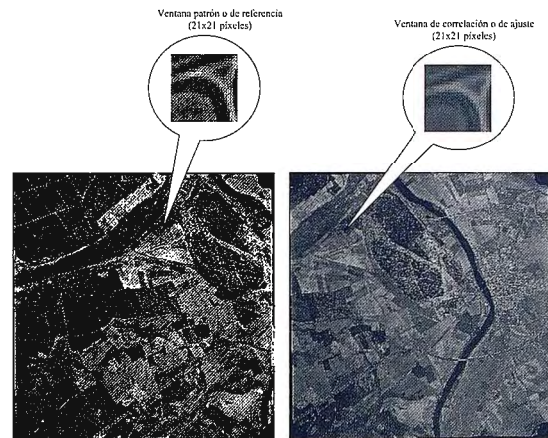


Fig.1 Se muestra ampliada la selección de dos ventanas homólogas de 21x21 píxeles en un par de imágenes

Para obtener ventanas homólogas por el algoritmo de la mejor correlación cruzada se recurre a una idea muy sencilla: se elige una ventana de referencia (patrón) en la imagen izquierda que contenga al punto a corresponder y otra que se denomina ventana de ajuste de igual tamaño en la imagen derecha que se moverá dentro de una ventana de búsqueda mayor (Fig. 2 y Fig. 3). La ventana de ajuste se desplaza píxel a píxel, a lo largo y ancho de toda la ventana de búsqueda, calculándose en cada posición el coeficiente  $\rho$  entre las dos ventanas. La posición de la ventana de ajuste en que se obtiene el mayor valor de  $\rho$  permite establecer la correspondencia entre el píxel central de esa ventana y el píxel central de la ventana patrón. Cuanto más se aproxima el coeficiente de correlación  $\rho$  a 1, mayor será la semejanza entre ambas ventanas; un valor 1 (óptimo) implica que las ventanas son idénticas y un valor igual a cero significa que no existe correlación alguna. Si se trabaja con imágenes positivas y negativas, el signo de  $\rho$  es negativo.

Con este método no se logra la mejor precisión y, en general, es empleado para lograr una primera aproximación a partir de la cual se aplican los procedimientos que se des-



criben a continuación. Sin embargo, en este trabajo se mostrarán resultados que insinúan casi una precisión subpíxel para la simple correlación cruzada cuando se analiza la falta de intersección. Todo esto hace pensar que este procedimiento podría ser usado, sin otro aditamento ulterior, cuando no sea necesario alcanzar la máxima precisión.

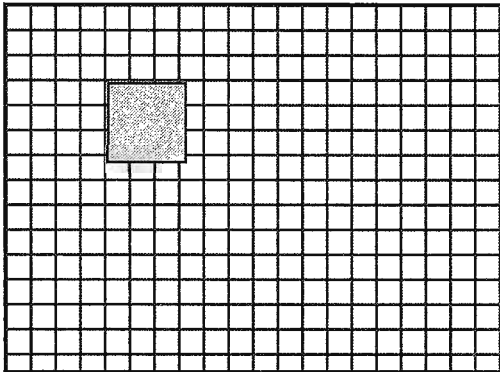


Fig.2  
Ventana  
Patrón o  
Referencia

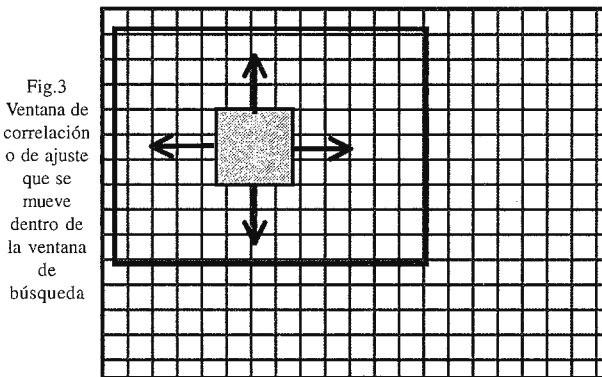


Fig.3  
Ventana de  
correlación  
o de ajuste  
que se mueve  
dentro de  
la ventana de  
búsqueda

La Fig. 4 representa en un gráfico los distintos valores del coeficiente de correlación cruzada (calculado entre la ventana patrón y la ventana de ajuste de la Fig. 1, cuando esta última se mueve píxel a píxel sobre la ventana de búsqueda de 30x30 píxeles).

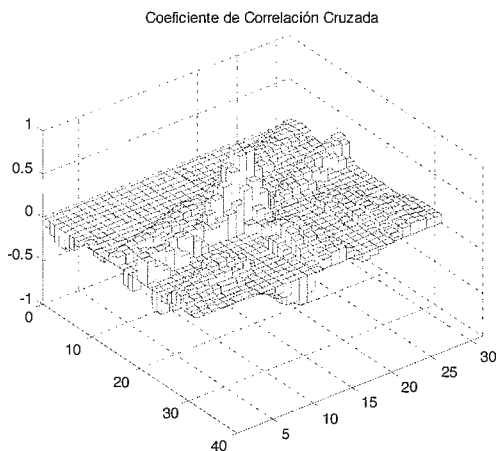


Fig.4 Coeficiente de Correlación Cruzada obtenido cuando la ventana de ajuste se mueve píxel a píxel sobre la ventana de búsqueda

### 1.2 Correlación Subpíxel por interpolación

En el algoritmo del mejor coeficiente de correlación  $\rho$ , la correlación calculada es discreta en términos del píxel  $(i,j)$  de la imagen de referencia en la ventana de búsqueda. Si se requiere precisión subpíxel, esta se puede lograr interpolando un máximo de la función de correlación. Esa función puede ser un polinomio de segundo grado como sugiere Kraus (1997):

$$\rho = \bar{\rho} + v = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \quad (1)$$

Donde hay 6 incógnitas que son los coeficientes:  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ . Estos se pueden determinar usando los valores de  $\rho$  obtenidos para una pequeña ventana centrada en el píxel de máximo valor, según se muestra en la Fig. 5.

Los coeficientes  $a_k$  se pueden obtener resolviendo el sistema para una ventana chica, por ejemplo de 3x3 o de 5x5 píxeles alrededor del punto de máxima correlación. Esto resulta en un sistema de más ecuaciones que incógnitas que se resuelve por mínimos cuadrados. La Fig. 5 muestra la correlación discreta en una ventana de 5x5 píxeles alrededor del píxel de máxima correlación. La Fig. 6 muestra la superficie correspondiente al polinomio obtenido a partir de los valores de la ventana de la Fig. 5.

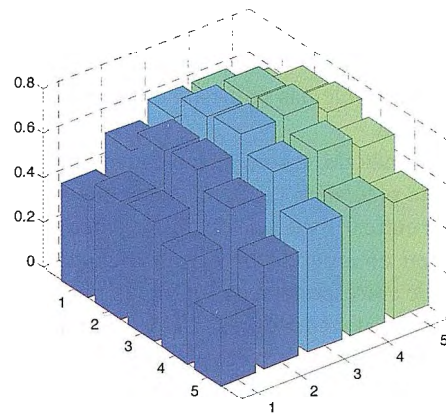


Fig.5 Valores discretos del coeficiente de correlación  $\rho$  sobre una ventana de 5x5 píxeles

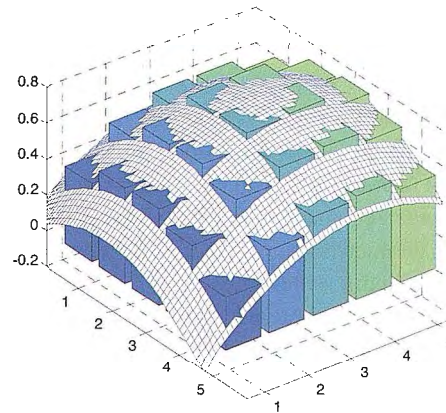


Fig.6 Polinomio de interpolación de 2do. grado en x e y sobre la ventana de 5x5 píxeles.

Para encontrar el valor máximo se deriva (1) con respecto a x y a y y se iguala a cero, resultando el sistema:

$$\begin{pmatrix} 2a_4 & a_3 \\ a_3 & 2a_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{max} \\ y_{max} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -a_1 \\ -a_2 \end{pmatrix}$$

Al resolver este sistema se obtiene el punto de coordenadas  $(x_{max}, y_{max})$  que corresponde a la coordenadas del valor máximo de  $\tilde{n}$  obtenido por interpolación.

El valor de gris de la ventana con centro en el punto de coordenadas  $(x_{max}, y_{max})$  se obtienen por interpolación bilineal sobre la imagen.



Una vez que se calculan las coordenadas con precisión subpíxel  $(x_{max}, y_{max})$ , si se calcula el coeficiente de correlación para la nueva ventana centrada en ese punto; este es en general mayor que el coeficiente obtenido para la ventana centrada en la posición original de valor entero.

### 1.3 Correspondencia Supíxel por Mínimos Cuadrados

En las técnicas de mínimos cuadrados, en lugar de maximizar el coeficiente de correlación, la idea es minimizar la diferencia de niveles de gris entre la ventana patrón y la ventana de ajuste. Esto logra haciendo que la posición y la forma de la ventana de ajuste vayan cambiando hasta que se llegue a un mínimo de diferencia entre la ventana patrón (fija) y la ventana de ajuste deformada.

Durante el ajuste los parámetros de transformación se obtienen en base a un modelo matemático cuyo número de parámetros de transformación debe ser suficiente para compensar las diferencias geométricas y radiométricas de las ventanas a corresponder.

La elección del modelo matemático depende de las ventanas a corresponder. Un modelo matemático inadecuado puede producir problemas de inestabilidad numérica en la correspondencia.

La ventaja del método de correlación con mínimos cuadrados es su alta precisión; las precisiones que se obtienen pueden estar entre 0.1 y 0.3 de píxel. Son métodos fiables que permiten conocer la precisión alcanzada en los parámetros de correspondencia y también permiten hacer un análisis estadístico de los resultados, facilitando la detección y eliminación de errores groseros.

La desventaja es que no es un procedimiento directo sino iterativo y lleva en cada paso asociado un remuestreo de la ventana de ajuste. En algunos casos la iteración no converge, sobre todo si no se suministran aproximaciones cercanas al punto (de 1 o 2 píxeles).

#### 1.3.1 Modelo matemático

Siguiendo las ideas básicas desarrolladas en Ackermann (1984) y en Schenk (1999), sean  $g_L(x,y)$  y  $g_R(x,y)$  funciones que representan los valores de gris de cada punto de las ventanas izquierda ( $L$ ) y su homóloga la ventana derecha ( $R$ ). Estas ventanas conjugadas difieren además del ruido en su geometría (son imágenes diferentes) y en su radiometría (son diferentes fotografías). El método de mínimos cuadrados, consiste en rectificar esas diferencias radiométricas y geométricas por medio de una solución iterativa.

Se pueden suponer dos tipos de relaciones entre las ventanas  $g_L$  y  $g_R$ : la transformación radiométrica  $T_R$  y la transformación geométrica  $T_G$ .

$$g_L(x_L, y_L) = T_R(g_R(x_R, y_R))$$

$$g_L(x_L, y_L) = g_R(T_G(x_R, y_R))$$

La mejor elección para una transformación radiométrica  $T_R$  es una transformación lineal: un cambio de nivel de brillo  $h_0$  y un ajuste de contraste  $h_1$  que permite ajustar la ventana de ajuste a la ventana patrón. (Rosenholm, 1987)

$$g_L(x_L, y_L) = h_0 + h_1 g_R(x_R, y_R)$$

La transformación geométrica  $T_G$  se emplea para rectificar las distorsiones de perspectiva. Para pequeñas áreas, es

suficiente la siguiente transformación bidimensional afín entre las coordenadas de las dos ventanas (Gruen, 1985).

$$\begin{pmatrix} x_R \\ y_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_1 & a_2 \\ a_4 & a_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_L \\ y_L \end{pmatrix}$$

con los 6 parámetros  $a_m, m=0,1,2,3,4,5$

Llamando  $r(x,y)$  al ruido que mide las diferencias de niveles de gris entre la ventana patrón y la ventana de ajuste, se tiene:

$$g_L(x_L, y_L) + r(x_L, y_L) = h_0 + h_1 g_R(x_R, y_R)$$

La expresión general del modelo matemático definido a partir de la transformación radiométrica lineal y de la transformación geométrica afín bidimensional se obtiene de:

$$F = g_L(x, y) + r(x, y) = h_0 + h_1 g_R(a_0 + a_1 x + a_2 y, a_3 + a_4 x + a_5 y)$$

Para linealizar  $g_R$  con respecto a sus parámetros de transformación, se usa un desarrollo en serie de Taylor, despreciando términos de segundo orden se llega a las ecuaciones de observación de las diferencias de los niveles de gris con 8 parámetros:

$$r(x, y) = g_R^0(x, y) - g_L(x, y) + (g_R)_x h_1 (da_0 + x da_1 + y da_2) + (g_R)_y h_1 (da_3 + x da_4 + y da_5) + dh_0 + g_R(x_R, y_R) dh_1$$

Donde:

$g_R^0(x_R, y_R)$  son valores de gris de la ventana de ajuste original.

$(g_R)_y$   $(g_R)_x$  son los gradientes en las direcciones  $x$  y  $y$  para los píxeles de la ventana

El sistema se aplica para cada píxel  $(x,y)$  de la ventana; por lo tanto es altamente redundante, aún para ventanas pequeñas de 10x10 píxeles. Resulta, así, el sistema de las ecuaciones de observación en forma matricial:

$$r = A \Delta a - c$$

Donde  $A$  es una matriz de  $(m \times n)$  filas y 8 columnas de la siguiente forma:

$$A = \begin{pmatrix} (g_R)_x & x_1 (g_R)_x & y_1 (g_R)_x & (g_R)_y & x_1 (g_R)_y & y_1 (g_R)_y & 1 & g_R \\ (g_R)_x & x_2 (g_R)_x & y_2 (g_R)_x & (g_R)_y & x_2 (g_R)_y & y_2 (g_R)_y & 1 & g_R \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (g_R)_x & x_n (g_R)_x & y_n (g_R)_x & (g_R)_y & x_n (g_R)_y & y_n (g_R)_y & 1 & g_R \end{pmatrix}$$

El vector  $\Delta a$  de las incógnitas tiene la forma:

$$\Delta a = \begin{pmatrix} da_0 \\ da_1 \\ da_2 \\ da_3 \\ da_4 \\ da_5 \\ dh_0 \\ dh_1 \end{pmatrix}$$

Y el vector  $c$  corresponde a las diferencias de niveles de gris píxel a píxel:

$$c = \begin{pmatrix} g_L(1,1) - g_0^R(1,1) \\ g_L(2,1) - g_0^R(2,1) \\ \vdots \\ g_L(n,m) - g_0^R(n,m) \end{pmatrix}$$

El vector solución a este sistema se obtiene de:

$$\Delta a = (A^T P A)^{-1} A^T P c$$



Donde  $P$  es una matriz de pesos, que en este trabajo se aproxima con la matriz identidad.

Con la ecuación de observación ya linealizada se aplica el método de mínimos cuadrados. Este método requiere aproximaciones iniciales a los parámetros, éstos pueden ser:

$$a_0=0 \quad a_1=1 \quad a_2=0 \quad h_0=0$$

$$a_3=0 \quad a_4=0 \quad a_5=1 \quad h_1=1$$

$$g_R^0(x, y) = g_R(x, y)$$

Después de la primera iteración,  $g_R^0(x, y)$  se reemplaza por  $g_R^1(x, y)$  obtenida a partir de las coordenadas modificadas por los parámetros mediante una interpolación bilineal sobre la imagen derecha y aplicando los parámetros de transformación radiométrica.

Para aquellas aplicaciones en donde no hay grandes diferencias en intensidades entre las imágenes, no es necesaria una transformación radiométrica, sino que basta con una transformación geométrica afin (6 parámetros). En otros casos es suficiente determinar un desplazamiento de las coordenadas; entonces el problema se reduce la determinación de sólo 2 parámetros; en este caso también se puede agregar una transformación radiométrica de 2 parámetros pasando así a 4 parámetros. La Tabla 1 muestra las distintas transformaciones usadas, la matriz del sistema de ecuaciones de observación y los valores iniciales dados a las incógnitas.

En todos los casos, con 8 parámetros, con 6 parámetros, con 4 parámetros o con 2 parámetros, la solución se encuentra en un proceso iterativo donde la ventana de ajuste se va transformando con los valores de los parámetros  $\Delta a$  obtenidos al resolver el sistema y que se van acumulando con cada iteración. La ventana de ajuste se remuestrea en cada paso de la iteración, lo que implica un proceso de interpolación bilineal de los niveles de gris de los píxeles de la imagen original. La iteración termina si los valores de los  $\Delta a$  están por debajo de una determinada cota o cuando se cumple un número máximo prefijado de iteraciones (para el caso de divergencia).

La tabla 2 muestra los valores de  $\rho$  obtenidos por distintos métodos de correspondencia para las ventanas seleccionadas de la Fig. 1. Se puede observar que en este caso la mejor correspondencia se logra con el método de mínimos cuadrados de 8 parámetros que incluye una transformación afin y además una corrección radiométrica. Es importante destacar también que el método de interpolación con un polinomio logra un valor de  $\rho$  muy cercano, con mucho menos costo computacional.

Parámetros	Transformación	Matriz	Valores Iniciales
2	$x = a_0 + i$ $y = a_1 + j$	$[g^x \ g^y]$	$[0; 0]$
4	$x = h_0 + h_1(a_0 + i)$ $y = h_2 + h_3(a_1 + j)$	$[g^x \ g^y \ l \ g]$	$[0; 0; 0; 1]$
6	$x = a_0 + a_1 i + a_2 j$ $y = a_3 + a_4 i + a_5 j$	$[g^x \ g^{x,x} \ g^{x,y} \ g^y \ g^{y,x} \ g^{y,y}]$	$[0; 1; 0; 0; 0; 1]$
8	$x = h_0 + h_1(a_0 + a_1 i + a_2 j)$ $y = h_2 + h_3(a_3 + a_4 i + a_5 j)$	$[g^x \ g^{x,x} \ g^{x,y} \ g^y \ g^{y,x} \ g^{y,y} \ l \ g]$	$[0; 1; 0; 0; 0; 1; 0; 1]$

Tabla 1: distintas transformaciones para el ajuste por mínimos cuadrados

	Correlación Cruzada	Correlación Con Interpolación	Mínimos Cuadrados 2 parámetros	Mínimos Cuadrados 4 parámetros	Mínimos Cuadrados 6 parámetros	Mínimos Cuadrados 8 parámetros
Coefficiente de correlación	0.8699	0.9440	0.9095	0.9442	0.8995	0.9502

Tabla 2

Coefficiente de correlación  $\rho$  obtenido con distintos métodos de correspondencia para las mismas ventanas

## 2. Orientación relativa

Se realizó también la orientación relativa de los pares de fotografías para determinar las orientaciones angulares y las posiciones relativas que se dieron en el instante de toma. Para ello se utilizó la condición de coplanaridad que expresa que los dos centros de perspectiva del par estereoscópico, un punto del modelo y sus puntos conjugados en ambas imágenes se encuentran en el mismo plano.

Planteando la condición de coplanaridad y linealizando se llega a la siguiente ecuación de observación, válida para fotografías casi verticales:

$$py = -x' \Delta \kappa' + x'' \Delta \kappa'' + \frac{x' y'}{c} \Delta \phi' - \frac{x'' y''}{c} \Delta \phi'' + \left( f' + \frac{x'' y''}{c} \right) \Delta \omega''$$

Donde:

$x', y'$  y además  $x'', y''$  son coordenadas de puntos conjugados  
 $c$  es la distancia focal

$\Delta \kappa', \Delta \kappa'', \Delta \phi', \Delta \phi'', \Delta \omega''$  son los conocidos parámetros angulares de la orientación relativa.

$$py = y'' - y'$$

Una vez obtenidos los 5 parámetros de la orientación relativa se puede calcular la falta de intersección de un par de rayos homólogos.

En este trabajo se realiza la orientación relativa con el fin de calcular la falta de intersección de un par de rayos homólogos y utilizar este valor para evaluar la calidad de los procedimientos de correspondencia.

La tabla 3 muestra los valores de la falta de intersección (en milímetros) obtenidos para distintos métodos de correspondencia para el caso de la Fig. 1. Se puede observar que en este caso particular, la mejor correspondencia se logra con el método de interpolación con un polinomio. En general, es importante destacar que entre los métodos de mínimos cuadrados el mejor resultado corresponde al de 8 parámetros.

	Correlación Cruzada	Correlación Con Interpolación	Mínimos Cuadrados 2 parámetros	Mínimos Cuadrados 4 parámetros	Mínimos Cuadrados 6 parámetros	Mínimos Cuadrados 8 parámetros
Falta de intersección	0.0148	0.0019	0.0116	0.0141	0.0052	0.0046

Tabla 3 Falta de intersección obtenida con distintos métodos de correspondencia.

## 3. Resultados

Se realizaron varias pruebas con fotografías aéreas en escala 1:5000 (par Guardo, Fig 7) y en escala 1:25000 (par Rueda, Fig. 8) facilitadas gentilmente por el Profesor López Cuervo de la Universidad Politécnica de Madrid.

En el par de fotografías Guardo se emplearon alrededor de 500 puntos para realizar la correspondencia con los distintos algoritmos. En todos los casos se usaron los mismos puntos y una ventana patrón de 21x21 píxeles. La Tabla 4



muestra los valores obtenidos para el coeficiente de correlación promedio y la falta de intersección promedio. La Fig. 9 grafica el valor promedio en estos puntos de la falta de intersección.



Fig. 7 Fotos Guardo. Escala 1:5000  
Los puntos de correspondencia aparecen marcados.

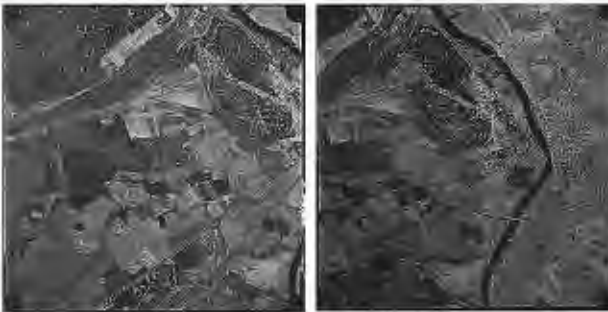


Fig. 8: Fotos Rueda. Escala 1:25000  
Los puntos de correspondencia aparecen marcados.

	Correlación Cruzada	Correlación Con Interpolación	Mínimos Cuadrados 2 parámetros	Mínimos Cuadrados 4 parámetros	Mínimos Cuadrados 6 parámetros	Mínimos Cuadrados 8 parámetros
Coefficiente de correlación	0.9096	0.9277	0.9273	0.9254	0.9394	0.9427
Falta de intersección	0.0077	0.0054	0.0054	0.0058	0.0053	0.0047

Tabla 4 Coeficiente de correlación promedio y falta de intersección promedio en milímetros para distintos métodos de correlación. Tamaño de píxel: 28 micras

De la misma manera, para el par de fotografías Rueda se emplearon también alrededor de 500 puntos para realizar la correspondencia con los distintos algoritmos. En todos los casos se usaron los mismos puntos y una ventana patrón de 21x21 píxeles. La Tabla 5 muestra los valores obtenidos para el coeficiente de correlación promedio y la falta de intersección promedio. La Fig. 10 grafica el valor promedio en estos puntos de la falta de intersección.

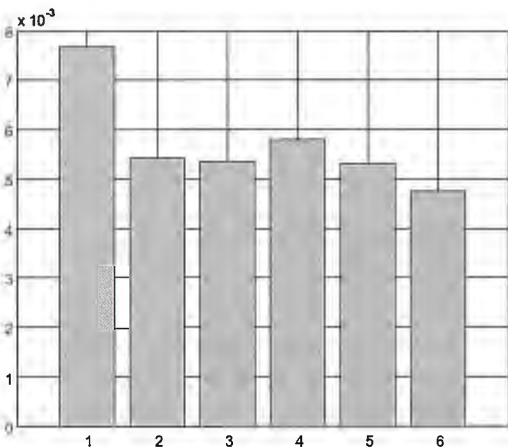


Fig. 9. Falta de intersección promedio (en milímetros) para distintos métodos de correspondencia. Las columnas 4 y 6 incluyen corrección radiométrica.

#### 4. Conclusiones

El coeficiente de correlación cruzada es un índice de la bondad de la correspondencia. Sin embargo, para evaluar la calidad de la correspondencia de imágenes en términos

de fracciones de píxel, se ha recurrido a la falta de intersección de rayos homólogos después de la orientación relativa.

	Correlación Cruzada	Correlación Con Interpolación	Mínimos Cuadrados 2 parámetros	Mínimos Cuadrados 4 parámetros	Mínimos Cuadrados 6 parámetros	Mínimos Cuadrados 8 parámetros
Coefficiente de correlación	0.9208	0.9380	0.9034	0.9386	0.8719	0.9548
Falta de intersección	0.0122	0.0072	0.0200	0.0077	0.0218	0.0058

Tabla 5 Coeficiente de correlación promedio y falta de intersección promedio en milímetros para distintos métodos de correlación.

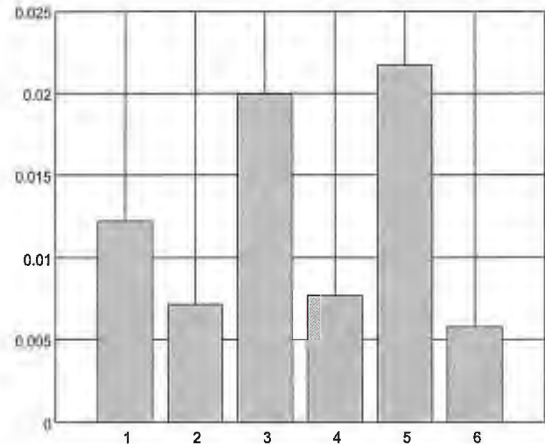


Fig. 10 Falta de intersección promedio (en milímetros) para distintos métodos de correspondencia. Las columnas 4 y 6 incluyen corrección radiométrica.

Las principales conclusiones son:

El más sencillo de los algoritmos de correspondencia, la correlación cruzada, arroja un resultado sorprendentemente bueno: entre 1/4 y 1/3 de píxel.

En el par Guardo no hay mayores diferencias entre los métodos de correspondencia subpíxel (Fig. 9). Por el contrario, en el par Rueda se obtienen resultados pobres para la correspondencia por mínimos cuadrados con 2 o con 6 parámetros (columnas 3 y 5 de la Fig. 10). Esto puede explicarse por el hecho de que en estos casos no ha sido incluida la corrección radiométrica, y justamente en las fotografías de ese par se advierten fuertes diferencias en radiometría.

Las columnas 3 y 4 de la Fig. 10 representan los resultados obtenidos con la misma transformación desde el punto de vista geométrico, pero los de la columna 4 incluyen la corrección por radiometría. La diferencia entre ambas situaciones es apreciable. Lo mismo ocurre con las columnas 5 y 6; ambas representan los resultados de una transformación afín, pero los de la columna 6 incluyen, además, la corrección radiométrica. También es notable la diferencia entre ambos casos. Todo esto indica la conveniencia de incluir el ajuste de la corrección radiométrica en el caso de estas imágenes.

La mejor correspondencia obtenida en todos los casos es la de mínimos cuadrados con 8 parámetros con un resultado de entre 1/8 y 1/6 de píxel.

#### Referencias

- Ackermann F., 1984: Digital Image Correlation: Performance and Potential Application in Photogrammetry. Photogrammetry Record, 11(64):429-439. England.
- Gruen A., 1985: Adaptive Least Squares Correlation: a powerful image matching technique. South Africa Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Cartography, 14(3), 175-187
- Kraus K. 1997: Photogrammetry. Volume 2. Advanced Methods and Applications. Ferd. Dümmlers Verlag. Bonn. Germany.
- Rosenholm D. 1987: Least Squares Matching Method: some experimental results. Photogrammetric Record, 12(79): 493-512. England.
- Schenk T. 1999: Digital Photogrammetry. Terra Science, Laurelville, Ohio, 428 pag.





## POCKET & TABLET CARTOMAP

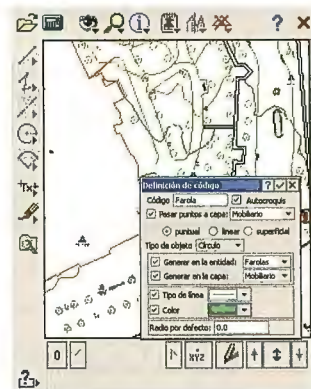
*Pocket y Tablet CARTOMAP* facilitan el trabajo en obra con diversos aparatos GPS, estaciones totales manuales, motorizadas y robotizadas en modo remoto, distanciómetros... de diferentes fabricantes (Leica, Topcon, Trimble...) y con diferentes equipos Pocket PC (Itronix, Topcon FC100, Trimble Recon y ACU Leica Allegro...) y Tablet PC (UMPC, Toughbook...).

La rapidez, calidad y funcionalidad de *Pocket y Tablet CARTOMAP 5.6* 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.

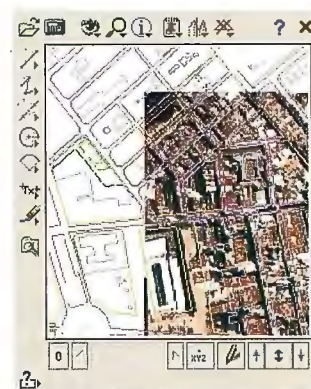
*Tablet CARTOMAP* facilita la comunicación entre campo y oficina técnica para la mayor eficacia en la elaboración de proyectos y ejecución de Obras de Ingeniería Civil, Urbanismo, Minería, Hidrología, Aeropuertos, Catastro, Agrimensura...

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

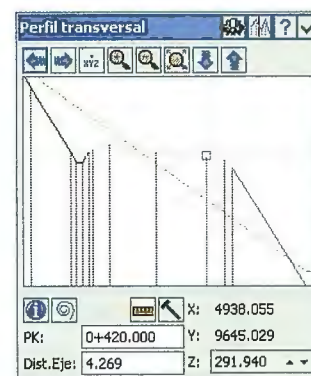
- Captura de datos
- Topografía analítica de campo
- Modelos Digitales del Terreno
- Curvado
- CAD 2D/3D
- Croquis automático asociativo
- Perfiles longitudinales
- Perfiles transversales
- Rasantes
- Replanteo
- Control de calidad
- Secciones tipo
- Ficheros Shapefile y mucho más...



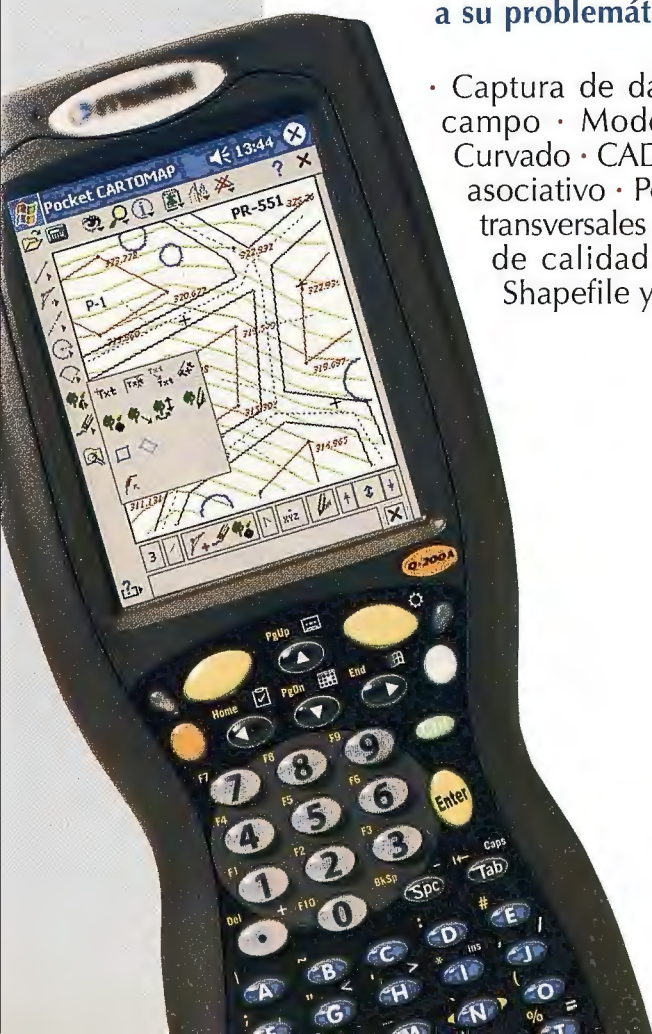
El autocroquis realiza el dibujo en tiempo real, según la codificación.



Se pueden incorporar ortofotos junto con cartografía en formato DXF.



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



## POCKET & TABLET CARTOMAP

# ¡Desde 625€!

licencia adicional de CARTOMAP Básico "Topografía y Curvado"

ANEBA Geoinformática, S.L.  
BARCELONA • MADRID • HAMBURGO  
info@aneba.com • Tel. 933.633.820



# SITUACION ACTUAL DE LA RED GEODÉSICA VENEZOLANA

Santana de Jesús Camargo Sánchez (1), Carmen Femenia Ribera(2) y José Luís Berné Valero(3)

(1) Departamento de Ingeniería Agrícola. Cátedra de Topografía Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA).

(2) Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

(3) Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

## RESUMEN

En la extensión territorial de Venezuela se presentan relieves diversos y accidentados, desde el nivel del mar hasta los 4980 metros de su Pico más alto, pasando por las paredes verticales denominadas Tepuís en el Sur del país. En esta diversidad de superficie del territorio venezolano el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar rige las normas técnicas para la formación y densificación de la Red Geodésica de Venezuela (REGVEN) que forma parte de la Red SIRGAS en Suramérica.

La nueva Red Geodésica se referencia en el Elipsoide GRS-80 y se ha desarrollado con tecnología GPS, cambiando la referencia elipsoidal que existió hasta 1999, cuando por resolución del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales se cambia del elipsoide Hayford 1924 al GRS-80. Actualmente se tienen los parámetros de transformación de un elipsoide al otro y la red REGVEN en proceso de densificación y el establecimiento de una Red de Estaciones Permanentes de Monitoreo y Observación Satelital (REMOS).

**Palabras clave:** red, SIRGAS, REGVEN, datum, elipsoide, geodesia.

## ABSTRACT

In territorial extension of Venezuela diverse reliefs and victims appear, from the level of the sea to the 4980 meters to their higher tip, happening through vertical wall denominated "Tepuis" in the South of the country. In this diversity of surface of the Venezuelan territory the Geographic Institute of Venezuela Simón Bolívar governs the practical standards for the formation and densification of the Geodesic Network of Venezuela (REGVEN) that comprises of the SIRGAS Network in South America.

The new Geodesic Network reference in Ellipsoid GRS-80 and has been developed with technologies GPS, changing the ellipsoidal reference that existed until 1999, when by resolution of the Ministry of the Atmosphere and the Natural Resources it changes of the ellipsoid Hayford 1924 to the GRS-80. At the moment the parameter of transformation from an ellipsoid to the other and network REGVEN in densification process and establishment of a Network of Permanent Station of Monitoreo and Satellite Observation are had (REMOS).

**Key Words:** network, SIRGAS, REGVEN, datum, ellipsoid, geodetic.

## 1. INTRODUCCIÓN

Con los avances tecnológicos en la actualidad, sobre todo en tecnología de posición global; da la posibilidad de obtener la posición sobre la tierra de cualquier punto, tanto en coordenadas geocéntricas, como en geográficas ó en proyección cartográfica. La creación de una Red Geodésica formada por puntos materializados llamados vértices geodésicos, que se vinculan unos a otros, conociendo sus respectivas posiciones forman una Red; que conlleva sistemáticamente a conocer la extensión del territorio que ocupan.

En el caso de la República Bolivariana de Venezuela que presenta un relieve muy heterogéneo en diferentes zonas

del país, ha desarrollado una Red basada en Sistema de Posición Global (GPS). La Red Geodésica Venezolana denominada REGVEN, que forma parte de la Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) se destaca por su precisión en más o menos dos centímetros en cada vértice.

El desarrollo de la red está regida por normas técnicas dictadas por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar en coordinación de otras Instituciones tanto públicas como privadas y logrado tener una de las más precisas de Latinoamérica y el mundo, el cual se encuentra en proceso de densificación y evolución continua colocándose entre las más avanzadas.

## 2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA

(IGVSB, Atlas de Venezuela, 2001) La República Bolivariana de Venezuela, presenta una extensión aproximada de 916445 Km.<sup>2</sup>, de territorio continental e insular; se extiende a espacios marinos, que cuentan con una extensión de mar territorial de 1270 Km.<sup>2</sup>, (Mar Caribe) aproximadamente de 12 millas náuticas y una área de 200 millas náuticas cuadradas, zona marítima contigua y plataforma continental. Esta extensión no incluye los 144000 Km.<sup>2</sup> de la zona de reclamación de Guyana.

Sus límites por el Norte con los mares territoriales de la República Dominicana, Antillas Neerlandesas (Araba, Curaçao, Bonaire, Saba, San Eustaquio); Puerto Rico e Islas Vírgenes, Martinica, Guadalupe y con Trinidad y Tobago. Por el Sur con las Repúblicas de Brasil y de Colombia. Por el Este con el Océano Atlántico y la República Cooperativa de Guayana y por el Oeste con la República de Colombia.

El territorio venezolano presenta un relieve variado y accidentado, desde plano ondulado en el llano tropical hasta las montañas andinas de nieves perpetuas y altiplano guayaneses, la cual se sintetiza en seis provincias fisiográficas, a saber:

- Plataforma Continental: Se encuentra ubicada al Norte y Noreste del país; comprende la amplia faja costera de bajo relieve, de 0 a 100 metros sobre el nivel del mar; representa aproximadamente un 18% de la superficie continental incluyendo las islas de soberanía venezolana.
- Sistema Montañoso del Caribe: Representa el 3% de la superficie del territorio venezolano, constituye un sistema montañoso complejo de tipo alpino con variadas formas del relieve tales como valles, colinas y lomas; comprendida entre la zona norte-centro-oriental y la depresión de los llanos, constituyéndose en una continuación estructural del arco insular de la Región Oriental del Caribe.



- **Cordillera de los Andes:** Constituye en una prolongación de los Andes Colombianos los cuales desde el Nudo de Pamplona (Colombia) se bifurca en La Sierra de Perijá dirigiéndose hacia noroeste y constituye el límite oeste de Venezuela y la Cordillera de Mérida o de los Andes Venezolanos en dirección noreste; en donde se destacan las cumbres máximas del relieve venezolano y entre ellas destaca el más alto del país como el Pico Bolívar con 4980 metros de altitud (IGVSB, Boletín N° 14. Determinan la altura exacta del Pico Bolívar, 2003).
- **Los llanos:** Abarcan una extensión aproximada del 25% de la superficie del país y se encuentran ubicadas en el centro del territorio venezolano, desde las cumbres andinas en el Oeste hasta la desembocadura del Orinoco en el Este y desde las estribaciones de la Cordillera de la Costa hasta el margen izquierdo del río Orinoco; presentan altitudes de 50 a 200 metros.
- **Guayana:** Representa el 45% del territorio venezolano, se encuentra desde el margen derecho del río Orinoco hasta el límite internacional de Brasil y Colombia. Presenta llanuras inclinadas y altas mesetas bordeadas con paredes verticales hasta de 2800 metros sobre el nivel del mar, llamadas Tepuís; únicas en el mundo.

Venezuela entonces, presenta una gran heterogeneidad de relieves con diferentes pendientes en toda su extensión territorial; lo cual representa un reto para algún organismo que desea conocer el tamaño y forma exacta de las dimensiones del país y para ello se logra apoyándose en una Red Geodésica que lo abarque en su totalidad.

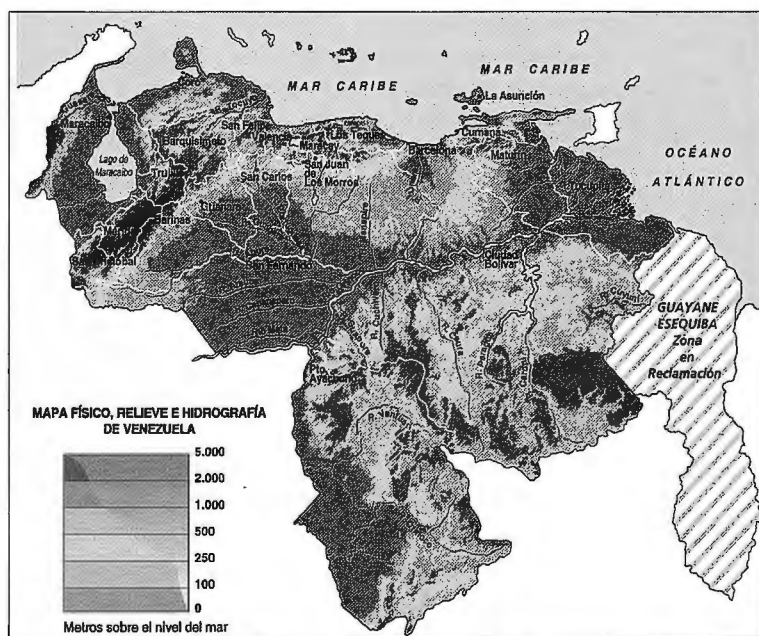


Figura 1: Mapa físico, relieve e hidrografía de Venezuela

### 3. ORGANISMOS COMPETENTES

La construcción de las redes geodésicas nacionales que han existido en Venezuela, han dependido directamente de la coordinación y control del actual Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar" o con sus nombres anteriores en su debido momento; con apoyo de instituciones públicas y privadas:

**Instituciones Públicas:** Primeramente el propio Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar", PDVSA (Petró-

leos de Venezuela S.A.), Dirección General de Fronteras del Ministerio de Relaciones Exteriores, Dirección de Geografía y Cartografía de la Fuerzas Armadas, Universidad del Zulia, Universidad Simón Bolívar, EDELCA (Electrificación del Caroní).

**Instituciones Privadas:** Entre ellas tenemos: DEL MONTE Sistemas Geodésicos Avanzados, Grupo MERCATOR, Oficina Técnica N. Maldonado, MEDISERV MG Mediciones y Servicios S.A., etc.

**Instituciones Internacionales:** Entre ellas se presenta el Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas (DGFI) y el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).

### 4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Las primeras observaciones astronómicas de Longitud Geográfica fueron realizadas por Humboldt en 1800 en la ciudad portuaria de La Guaira, más tarde cuando la Comisión del Plano Militar de 1904, establece el punto de origen para el primer sistema geodésico al Datum Cajigal ubicado en la planicie de la ciudad de Caracas, donde se inician las observaciones en 1905, con la determinaciones de la Latitud y longitud; siendo luego cambiado al Datum Loma Quintana de 1911 localizando el origen en El Mirador, en la parroquia 23 de Enero de Caracas, cuya Latitud es 10° 30' 24,680" N y Longitud 66° 56' 02,512" W y una altitud de 1077,54 m.s.n.m.; siendo el elipsoide de referencia Hayford de 1909.

En 1949 la Dirección de Cartografía Nacional inicia los levantamientos gravimétricos para el punto de origen para el planificado Provisional South American Datum de 1956 (PSAD56); estableciendo como origen el Datum Geodésico La Canoa en el pueblo de La Canoa, Estado Anzoátegui, donde su Latitud y Longitud fueron: 08° 34' 17,170" y 63° 51' 34,880" W, respectivamente; siendo referenciada al elipsoide internacional Hayford 1924.

Para 1955 en la VIII Reunión del IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia) recomienda adoptar como Datum Geodésico Provisional la Estación de Triangulación LA CANOA (PSAD56), con el elipsoide Internacional asociado, no solo para Venezuela sino para toda América de Sur. A partir de este momento se llevó a cabo el establecimiento de la Red Clásica de Triangulación (Red Geodésica de Triangulación de 1° Orden) del país, utilizando técnicas y métodos que (según Fisher, I., en 1963 y citado por Hernández J. N. et al., 2005.) se denominan como clásicas o convencionales. Dicho Datum estuvo vigente para Sudamérica hasta 1969, cuando se cambió al PSAM69; pero para Venezuela estuvo vigente hasta 1999. En el año de 1980, la Asociación Internacional de Geodesia recomienda adoptar el elipsoide GRS-80, pero se adopta desde 1999 cuando se cambia al nuevo Datum SIRGAS - REGVEN (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur - Red Geocéntrica Venezolana) en sustitución de La Canoa (Elipsoide Internacional Hayford 1924), cual será el nuevo marco de referencia y REGVEN materializa en Venezuela la densificación de la Red SIRGAS.



Este nuevo sistema de referencia se encuentra referido al ITRF (International Terrestrial Reference Frame) 94, época 1995.4 con el elipsoide GRS-80. Posteriormente el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar aumenta el número de estaciones conectadas a SIRGAS y enlazando la Red REGVEN del Norte con la Red GPS SUR para formar una sola red que abarca todo el Territorio.

El Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía (SAGECAN), hoy el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, adscrito al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables; quién rige y coordina la actividad geodésica en Venezuela, comunicó que según la Gaceta Oficial N° 36653 del 03 de Marzo de 1999, a partir del 01 de Abril de 1999 se ha adoptado de la Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN); como nuevo marco de referencia acorde con las precisiones de las nuevas técnicas de medición geodésica entre ellas el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

## 5. REDES GEODÉSICAS EXISTENTES

En Venezuela existen varios tipos de redes geodésicas, que han perdurado en el tiempo y durante muchos años han servido de control de referencia entre ellas está la Triangulación Clásica para control horizontal y la de BM's Nivel Geodésica de 1er Orden para el control vertical. Actualmente se ha cambiado de la Red de Triangulación Clásica a la Red geodésica Venezolana (REGVEN) que constituye un apéndice de la Red SIRGAS. También podemos encontrar una Red GPS al Sur de Venezuela y una Red Geodésica Metropolitana de Caracas.

**Triangulación Clásica:** Es una amplia red geodésica determinada por un conjunto de puntos y/o vértices debidamente posicionados y distribuidos en el espacio a través de coordenadas que permiten de manera exacta su localización. El sistema clásico se encuentra orientado mediante mediciones astronómicas y estructuradas en redes de diferentes órdenes; primer, segundo, tercer y cuarto orden, lo cual minimiza los errores de cálculos y mediciones.

**BM'S Nivel Geodésica 1er Orden:** La red de nivelación nacional de primer orden cubre una extensión de 15466 Km., y está compuesta por 13462 puntos de altura conocida y se encuentran distribuidos en todo el país.

**Red Geodésica Venezolana (REGVEN):** Constituye una Red Geodésica moderna muy exacta, de acuerdo a la alta calidad de las coordenadas, referidas a SIRGAS. La red geodésica de Venezuela consta con más de cien vértices nuevos, establecidos por GPS donde se encuentran diez estaciones integradas a Sistemas de Referencia Geocéntrica para América del Sur (SIRGAS).

**Red de Amazonas y Bolívar:** Es una Red GPS al sur de Venezuela ocupa una superficie de 418145 Km.<sup>2</sup> con más de treinta vértices GPS incluyendo los seis vértices vinculados al Datum REGVEN.

**Red GPS Área Metropolitana de Caracas:** Es una pequeña red geodésica para el área Metropolitana de Caracas constituida por diecisiete vértices ubicados a lo ancho y largo del valle en el cual esta inmersa la capital de Venezuela.

## 6. TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE LAS REDES GEODÉSICAS

Los levantamientos geodésicos de acuerdo al instrumental se clasifican en:

- **Levantamientos convencionales o clásicos:** Entre se destacan equipos como los teodolitos, brújulas, niveles, etc.
- **Levantamientos electrónicos:** Estos equipos que se utilizan son como el Electro tape, Distanciómetros, etc.
- **Levantamientos Satelitales (GPS):** Como su nombre indica usan el posicionamiento global a través de los satélites. El Control Básico Geodésico y se divide en Horizontal y Vertical.

El control básico horizontal puede establecerse mediante triangulación convencional, poligonales, triangulación reforzada o trilateración y también por métodos GPS. El control geodésico horizontal, consta de una red de estaciones en posiciones cuadrículas o geográficas fijas, referidas a un punto Datum horizontal común, que define un sistema referencial en donde se miden las posiciones horizontales de los accidentes cartográficos respecto a paralelos y meridianos. Este tipo de control incluye todas las estaciones horizontales materializadas en el terreno con una precisión de 1°, 2° ó 3° orden; podemos citar la anterior Red Geodésica Clásica de 1er Orden que partía del Datum La Canoa.

Las características generales de este tipo de control son:

- **Observaciones angulares:** Se lleva a cabo del tipo Azimutal, Triangulación y Poligonación; teniendo además su orden de precisión en cada tipo de 1°, 2° ó 3°. Con un número de posiciones requeridas según sea el caso.
- **Observaciones astronómicas:** Presenta el tipo de Latitud por el método de Horrebow-Talcott ó el método de Sterneck; y el tipo de Longitud. Cada tipo presenta diferentes órdenes de precisión y diferentes números de posiciones requeridas.

El control básico vertical tiene como objeto es establecer un sistema de control vertical para proporcionar elevaciones precisas en grandes áreas, para uso de estudios científicos y geográficos; además de suministrar marcas de cota fija con base a nivelaciones de orden inferior, usadas en la confección de mapas.

Según el instrumental utilizado, de la metodología y precisión de las medidas se clasifican en:

- **Nivelación de Alta precisión:** También clasificado como Primer Orden Especial se realizarán las lecturas de mira en dos sentidos (Ida y Regreso), en condiciones atmosféricas diferentes.
- **Nivelación Primer Orden:** También clasificado como Primer Orden Ordinario, se aplicarán las mismas condiciones de la anterior.
- **Nivelación Segundo Orden:** Solamente harán mediciones de Ida y Regreso, cuando no haya marcas de cota en los extremo de la línea, estas marcas debe corresponder a nivelaciones de un orden igual ó superior.
- **Nivelación Tercer Orden:** Se aplicarán los mismos requerimientos de la nivelación anterior, excepto por la precisión requerida.

Los equipos que se utilicen deben ser de alta confiabilidad y precisiones acordes con las tolerancias establecidas para cada orden de nivelación. En Venezuela se tiene la nivelación BM's Nivel Geodesia 1er Orden.

Las especificaciones técnicas de la red geodésica REGVEN se desarrollan con el objetivo de que sirva de referencia



# SOKKIA

## DITAC



GSR2700 ISX

# TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN



ESTACIÓN TOTAL ROBOTIZADA  
SERIE SRX

CONFIANZA, INNOVACIÓN, SATISFACCIÓN. . . SENSACIONES QUE

ENCONTRARÁ EN EL NUEVO PROYECTO DE

SOKKIA ESPAÑA

DITAC SOLUCIONES  
C/Albasanz, 14 Bis. 1ºE  
28037 Madrid  
Tel.: +34 91 440 13 20  
Fax: +34 91 375 95 62

info@sokkiaditac.es  
www.sokkiaditac.es



posicional para los proyectos nacionales y/o locales; los cuales consistirán en un conjunto de vértices materializados ubicados y/o distribuidos físicamente en el terreno, con su posición conocida con exactitud y referida al sistema geodésica nacional REGVEN y sus características generales son:

**Monumentación:** Los vértices geodésicos deben ser materializados físicamente por marcas geodésicas de bronce, aluminio, o cualquier otro material resistente. Se pueden utilizar clavo empotrados en estructuras estables y duraderas como aceras, azoteas de edificios, etc. Las dimensiones deben ser a 20 \*20 cm.; ó 10 cm., de radio si es circular, 10 cm., de alto y 60 cm., de profundidad; según las características del suelo que deben ser firme y estable para la selección de la ubicación del vértice y no ser susceptible a deslizamientos o inundaciones.

**Ubicación:** Los vértices de la Red Geodésica deben ser ubicados en lugar que presenten el horizonte despejado desde 20° máximo. Se debe evitar cuanto sea posible la proximidad a estaciones de emisiones electromagnéticas, como radares, repetidoras de televisión y líneas de transmisión eléctrica que puedan causar interferencia; también como cercanías a objetos metálicos en un área menor de 50 metros de radio del monumento, para disminuir al mínimo problemas de reflexión de la señal de GPS, por la cual debe estar libre de superficies reflectantes tanto naturales como artificiales.

**Nomenclatura:** El vértice geodésico tendrá un nombre asociado al poblado, a la toponimia del lugar, plaza, avenida, etc.; es decir, que tenga un nombre fácilmente reconocible. Datum, Elipsoide y Proyección Utilizadas: La nueva red REGVEN estará asociado al elipsoide Geodesia Referente System 1980 ó GRS-80. Las coordenadas de la red se deben expresar en coordenadas geodésicas y UTM. Dado que tendrán la proyección Transversal Mercator y la Cuadrícula será Universal Transversal Mercator.

**Receptores GPS:** Se podrán utilizar receptores GPS de una ó doble frecuencia.

**Alturas:** Dependiendo de la exactitud requerida la determinación de las alturas de los vértices se pueden utilizar por varios métodos. Las alturas cuasi-ortométricas se pueden obtener por nivelación geométrica o trigonométrica de precisión de cada uno de los vértices. Puede ser también a través de mediciones GPS de BM's incluidos en la Red y la altura ortométrica sea incluida en la compensación de la red geodésica con algún modelo geopotencial global como el EGM-96, OSU-91A ó CARIB-97.

Se pueden determinar con otro método las alturas de los vértices con las coordenadas geodésicas y la ondulación geoidal (N) obtenida por los modelos neopotenciales globales.

**Exactitud:** La exactitud de la red geocéntrica dependerá del propósito del vértice; clasificándose en órdenes, a saber:

- Orden A: Representa los vértices o estaciones que materializan en nuestro país al sistema SIRGAS y las estaciones GPS permanentes certificadas por el IGVSb.
- Orden B: Representa los vértices medidos en las campañas REGVEN 95 y 2000, cuya exactitud sea superior a más o menos 2 centímetros.

- Orden C: Representa los vértices de las densificaciones de los ordenes anteriores de REGVEN y con exactitud sea mejor o igual a más o menos 5 centímetros.

- Vértices Geodésicos Municipales: Pertenecientes de la red geodésica municipal la exactitud de la red debe ser menor o igual a 10 cm., con un 95% de confiabilidad.

**Resultados:** Cada proyecto en donde se hagan vértices nuevos o se rectifique los existentes deben generar un informe técnico con su descripción, objetivos, planilla de cada uno de los vértices en cuestión (incluyendo estaciones de bases RTK), gráfico de la red con sus líneas bases, modos GPS utilizados, matriz de varianza-covarianza, personal que participó, características de los receptores, software, inconvenientes y recomendaciones, etc.; las planillas diarias de observación por cada vértice que contenga entre otros datos nombre e identificación del vértice, fecha de observación hora de inicio y finalización, serial del receptor, tipo y altura de antena y data logger, coordenadas aproximadas, croquis, etc.

**Procesamiento de Datos:** En los modos de post-proceso se utilizará software de fase, con el método multiestación. Las sesiones de procesamiento de las líneas bases deben presentar soluciones fijas (FIX) o parciales y soluciones flotantes (FLOAT) para líneas bases superiores de 40 Km.

**Referencias Acimutales:** Las marcas que identifiquen las referencias acimutales deben tener las mismas características y ubicadas a una distancia menor de 100 metros del vértice principal. El procesamiento de la referencia se vinculará directamente solo al vértice principal.

Según los modos de posicionamiento GPS, se utilizará el modo relativo y apoyado en la Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN); entre los que se destacan:

**Modo Estático:** Entre sus características deben presentar:

- Tiempo de observación: Depende de la separación entre las estaciones, pero no será menor a una hora. Para distancias de 50 Km., aproximadamente el tiempo de observación no deberá ser menor de 3 horas.

- Separación máxima de las estaciones: No deberá ser mayor a 50 Km., para distancias mayores se debe realizar la consulta técnica al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

- Intervalo de captura: Se pueden usar desde 1 segundo hasta 15 segundos como máximo.

- Angulo de elevación máximo: Se permite hasta 20 grados.

- Receptores GPS: Se permite utilizar receptores de una o doble frecuencias para distancias inferiores a 20 Km., y solo receptores de doble frecuencia para distancias superiores.

- Cantidad mínima de satélites y PDOD: El número de satélite deberá ser cinco como mínimo y un PDOD de seis.

- Vinculación a vértices REGVEN: Se deben utilizar dos vértices como mínimo para vincularse a los vértices REGVEN, dependiendo de la zona y la cantidad de vértices. Si solo existe un vértice REGVEN se deben realizar dos sesiones de medición como mínimo.

- Compensación de la Red: Para la compensación tridimensional de la Red deben utilizarse los vértices de control



geodésico en la zona del proyecto, los cuales deben presentar exactitudes menores ó iguales a 5 centímetros.

- Formato de datos GPS: todos los datos GPS deberán ser transformado a formato RINEX.

**Modo Estático Rápido:** Este modo debe ser utilizado para distancias inferiores a 20 Km., de las líneas bases y el tiempo de ocupación dependerá de las distancias de separación entre los receptores para cumplir con las exactitudes exigidas. Deberá cumplir con el resto de características aplicadas al modo estático.

**Modo Tiempo Real Cinemática RTK:** Se refiere específicamente al modo tiempo real; se utilizarán correcciones diferenciales de fase portadora de señal GPS.

Estaciones Bases o Master: Entre sus características más predominantes tenemos:

- Se utilizará el modo estático ó el estático rápido para el posicionamiento de las estaciones bases y se vincularán a dos ó más vértices de la red REGVEN. En caso de un solo vértice se realizará dos sesiones como mínimo.
- Se monumentará con marcas geodésicas estables y permanentes; según las normas técnicas de marcas geodésicas.
- El intervalo de captura máximo será de un segundo con PDOD máximo de 4.

La cantidad mínima de satélites será de cinco y la separación máxima entre las estaciones bases deberá ser de 10 Km.

Estaciones Remotas o Rover: Presenta características como:

- La distancia máxima a la estación base será de 10 Km. Y el tiempo de ocupación mínimo será de cinco segundos.
- La cantidad mínima de satélites será de 5 y el PDOD máximo de 4.

## 7. TIPOS DE SEÑALES

Existen varios tipos de Monumentación de vértices en Venezuela, a continuación se presentan algunos de ellos:

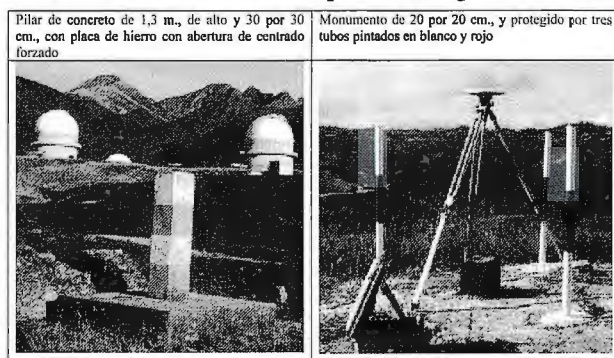


Figura 2: Vértices, IGVSB

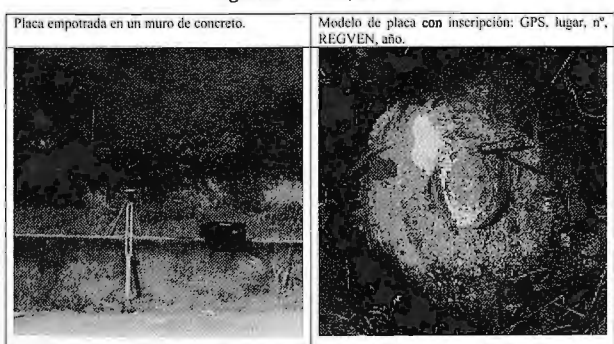


Figura 3: Vértices, IGVSB

## 8. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED GEODÉSICA

Por resolución del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales publicada en la Gaceta Oficial N° 36653, publicada el 03 de Marzo de 1999 entre en vigencia desde el 1 de Abril de 1999 como Datum oficial SIRGAS-REGVEN como el sistema de referencia geocéntrico en Venezuela, en sustitución del PSAD 56 (Hayford). REGVEN se presenta como una densificación del sistema SIRGAS en el país; adoptando el IERF (Internacional Earth Rotation Service) y el ITRF (International Terrestrial Reference Frame) con parámetros del elipsoide GRS 80 (Geodetic Reference System de 1980), en la solución ITRF 94, época 1995.4.

Se han realizado dos campañas de mediciones, la primera en el año 1995 en conjunto de la vinculación de 5 vértices de SIRGAS que correspondieron en Venezuela y 3 estaciones fiduciales, logrando como resultado el establecimiento de 67 estaciones distribuidas al norte del paralelo 5° en el territorio nacional y la segunda en el año 2000 que ocuparon 11 estaciones permanentes, con 3 estaciones fiduciales permanentes; logrando el establecimiento de 89 vértices en todo el territorio nacional. Ambas campañas se obtuvieron exactitudes de más o menos 2 centímetros y referidos a SIRGAS.

Actualmente la Red Geocéntrica REGVEN se encuentra en un proceso continuo de densificación, de manera que cubra todo el territorio venezolano, que debido a la ejecución de programas para su establecimiento y densificación ha dado como resultado la cantidad de 165 vértices en sus diferentes ordenes.

Se lograda la determinación de los parámetros de transformación entre el sistema PSAD 56 (La Canoa, ciudad de Venezuela en el estado de Anzoátegui) y el sistema SIRGAS-REGVEN, denominándose PATVEN-98, y así vincular todo el posicionamiento geodésico de las redes de triangulación y poligonación clásica referidas al Datum PSAD 56 al Sistema REGVEN. Los parámetros oficiales PATVEN-98 se detallan en la tabla 1 en donde se incluye el punto fundamental.

DX (m)	-270,933 ± 0,499
DY (m)	115,599 ± 0,499
DZ (m)	-360,226 ± 0,499
EX (")	-5,266 ± 0,473
EY (")	-1,238 ± 0,340
EZ (")	-2,381 ± 0,379
DM (PPM)	-5,109 ± 1,088
Xm (m)	2464351,594
Ym (m)	-5783466,613
Zm (m)	974809,808

Tabla 1: Parámetros Oficiales PATVEN-98 (Hoyer et al., 2002)

Según Hernández et al., (2002) "Esta red viene a proporcionar al país de un control geodésico básico nacional, de uso común entre los diferente usuarios que cada día re-



quieren de un posicionamiento geodésico preciso y adecuado a las nuevas técnicas, métodos y adecuado a las nuevas técnicas, métodos y procedimientos".

## 9. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Desde su formación, la Red Geocéntrica Venezolana

REGVEN está en un proceso de densificación de vértices pasivos de alta precisión, materializados por monumentos estables y duraderos sobre la superficie del territorio venezolano; se presenta la necesidad de tendencia a nivel mundial de establecer redes geodésicas de monitoreo permanente GPS vinculados al Sistema Geodésico Nacional de manera directa, convirtiéndolos en Vértices activos de información satelital continua.

La presente Red GPS Permanente estará conformada por un conjunto de receptores con capacidad de rastrear los satélites sobre el horizonte en forma continua, estando conectados a una red informática que envíe y almacene la información GPS para disposición de usuarios, la más usual vía Internet; cual formaría la Red de Estaciones de Monitoreo y Observación Satelital GPS (REMOS).

Se prevé que cada estación tenga un radio de cubrimiento de 150 Km., dando como resultado que se necesitan 16 estaciones aproximadamente para cubrir todo el territorio nacional; así se subsana los problemas de georreferenciación precisa de proyectos, estudios e investigaciones, tanto de aplicaciones nacionales e internacionales. Además proveerá a los usuarios nacionales de la información de GPS actualizada, rápida y confiable, necesaria en los proyectos de catastro, obras civiles, minería, límites y urbanismo, etc.

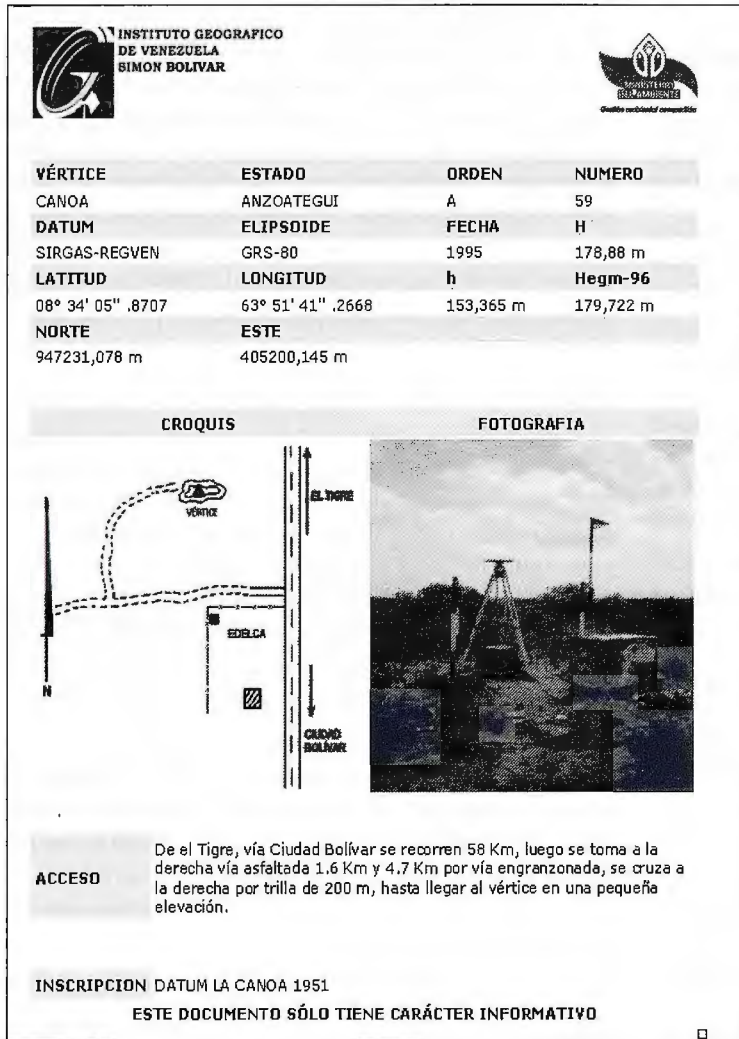


Figura 4: Reseña de Vértice, <http://www.igvsb.gov.ve/site2006/regven.php>



Figura 5: Estado actual del Sistema de Referencia Geocéntrico en Venezuela (Hernández et al.2002)

Se espera en el área de investigación, que dará soporte a la materialización de nuevos marcos geodésicos de referencia globales definidos por ITRF, en proyecto de geodinámica CASA (Central and South America, Red para el estudio de la geodinámica tectónica de América Central y América del Sur) para monitoreo de las placas tectónicas del Caribe y Sudamérica y en la elaboración de cartografía con diferentes temática donde la tecnología GPS es fundamental.

## 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

Bujana C. Daniel (2006) Sistemas de Referencia Geodésicos. Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura



**VISITA NUESTRA  
WEB**



**El Club de  
los topógrafos**

**Hazte  
Socio**

**PODRAS DISPONER DE:**

- Asesoramiento.
- Material Topográfico.
- Restitución.
- Batimetría.
- Etc.

**Mas Información en:  
<http://www.taecclub.com/>**

**¡¡ MUY INTERESANTE !!**

ra. Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Venezuela



Figura 6: Distribución espacial de la Red de Estaciones de Monitoreo y Observación Satelital GPS (REMOS) de Venezuela (Hernández et al;2005)

Clifford J. Mugnier (2000). The Bolivarian Republic of Venezuela, Grids and Datums. American Society for Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Louisiana State University, USA.

Hernández, José N. (2005) Establecimiento de la Red de Estaciones de Monitoreo y Observaciones Satelital (REMOS). Semana de Geomática 2005. Bogotá D. C. Colombia.

Hernández, José N. (2002) Evolución y estado actual del sistema de referencia geocéntrico de Venezuela. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Caracas. Venezuela  
Hoyer M., Martín A., Rodríguez Y., Borrego J., Hurtado E. (2002) Impacto de la implantación del nuevo Datum oficial de Venezuela (SIRGAS-REGVEN) en las actividades geodésicas de PDVSA EPM.

IGVSB (2003). Determinan la Altura exacta del Pico Bolívar. Boletín Geográfico. IGVSB- BG N° 14. Circular coleccionable. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Caracas. Venezuela.

IGVSB (2002). Procedimientos y especificaciones técnicas para la formación y conservación del catastro nacional. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Caracas Venezuela.

IGVSB (2001) Atlas de Venezuela. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar". Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Caracas Venezuela.

IGVSB (2001) REGVEN. La nueva Red Geocéntrica Venezolana. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Editorial La Primera Prueba. Caracas Venezuela.

SAGECAN (1999) Normas técnicas del proceso cartográfico digital. Normativa Cartográfica Venezolana. Volumen IV. Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas. Venezuela



# PLAYAS DE PUNTA UMBRÍA (Huelva)- España

## Un modelo de Museo Natural



Fernando Barranco

Ingeniero Técnico en Topografía - Profesor Asociado de la Universidad de Huelva - Dpto. de Ingeniería de Diseño y Proyectos

Nuevamente recibo una invitación de la revista MAPPING y en su nombre, el director, mi querido y entrañable amigo desde nuestra época estudiantil madrileña, para que escriba unas letras lúdicas que sirvan de relax entre tanto artículo científico y que las mentes de los lectores se relajen. Es por ello que paso a invitar a todos Vdes. amables lectores a que lean y luego si les gusta y logro enamorarles, vengan a conocer este lugar de la tierra llamado PUNTA UMBRÍA.

Dicen las enciclopedias, que Punta Umbría es una pequeña población pesquera, que en verano ve incrementada su población debido al turismo atraído por unas amplias playas de fina arena.

No se trata exactamente de eso, se trata de mucho más y es lo que deseo exponer en este artículo, para dar a conocer en esta revista dedicada entre otras cuestiones, al MEDIO AMBIENTE y sobre todo a nuestros hermanos sudamericanos donde tanto se lee esta revista, lo que yo llamo EL MUSEO NATURAL, que constituye todo el territorio de PUNTA UMBRÍA.

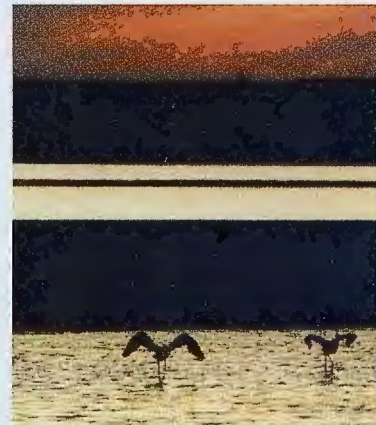


Punta Umbría, en efecto es una población que tiene sus orígenes en unos pobladores dedicados a la pesca y que ya en la época romana fabricaban ese manjar llamado "Garum" y que exportaban a todo el imperio.

La industria de la pesca aún continúa siendo una actividad importante, aunque cargada de problemas.

A finales del siglo XIX, el Gobierno español vende a la Río Tinto Company Limited las minas de RIO TINTO en la Provincia de Huelva, por mediación de un industrial financiero alemán afincado en Huelva, Don Guillermo Sundheim, que a su vez se había construido un chalet en la playa de Punta Umbría para pasar los veranos, por lo que sin duda puede ser considerado como el primer turista que llegó a estas tierras.

Sundheim sugirió al Staff de la compañía inglesa que esta playa era el lugar ideal para descansar y rehabilitarse, respirando aire puro y fresco tan necesario para los que trabajaban en las condiciones insalubres propias de las minas.



Sundheim explicaba a los ingleses las maravillas del lugar; doce kilómetros ininterrumpidos de playa de fina arena dorada, bordeada por dunas con un bosque de pinos y un mar de aguas cristalinas. La temperatura no podía ser mejor, los inviernos eran cortos y templados y muy suaves los veranos por la brisa del mar. El fondo de la playa es muy plano y desciende ligeramente por lo que un bañista puede adentrarse más de cien metros sin que el agua le cubra, no hay fangos ni piedras.

Los directivos ingleses una vez visitada la zona, quedaron sorprendidos y admirados de tanta belleza y el 22 de Septiembre de 1.896 el Gobierno Español firmó la Real Orden autorizando la ocupación de los terrenos.



Han pasado muchos años y Punta Umbría ha cambiado bastante, ocurriendo en este siglo hechos negativos y



positivos como en todos los lugares, hechos importantes y otros menos, pero el rico PATRIMONIO NATURAL, permanece intacto para que hoy podamos estar disfrutando de las mismas excelencias paisajísticas, ambientales y climatológicas que el célebre alemán contaba y disfrutaba junto a los ingenieros británicos.

En el año 1.963 y más concretamente el día 26 de Abril se independizó Punta Umbría del municipio matriz, Cartaya que era de quien dependía como Entidad Menor, es por tanto una población joven pues hace solo unos días que acaba de cumplir 41 años.

Su Termino Municipal una vez segregado del de Cartaya, quedó con 3.608 Hectáreas, una superficie no muy extensa pero si muy rica en cuanto calidad como vamos a ver a continuación.



Unas Mil Hectáreas de su territorio, son marismas que forman parte del PARAJE NATURAL MARISMAS DEL ODIEL, declarado por la UNESCO como RESERVA DE LA BIOSFERA, siendo sin duda uno de los humedales más importantes de todo nuestro territorio nacional.



En este paraje hay gran cantidad de Garzas, Garcetas y Espátulas. Dan encanto a las marismas los flamencos que hacen un alto en su camino y pasan varios días junto a nosotros. El Águila pescadora tiene también su sitio en este lugar pues tiene trabajo constantemente por la abundancia de lenguados, lubinas y doradas que se crían de forma natural en estas aguas.

Cada día son mas los visitantes que llegan a las marismas, porque sin duda allí la naturaleza se vive, se siente, se

toca, se huele, por eso el viajero romántico Richard Ford que se recorrió España a caballo y nos dejó escrito para nuestro deleite, ese magnifico ejemplar "Manual para viajeros", describió esta zona como ideal para deportistas y amantes de la naturaleza. Ford escribió esto a mediados del siglo XIX, han pasado pues más de ciento cincuenta años y poco o nada han variado nuestras marismas.

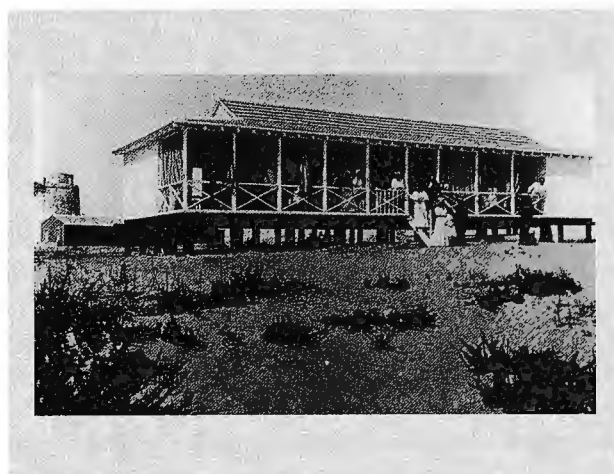
La descripción de la playa no vamos a hacerla de nuevo porque la que le hizo Guillermo Sundheim a la colonia británica sigue vigente hoy cien años después, pero vamos a dedicar unos minutos a describir el borde de una parte de la playa, nos referimos en concreto al PARAJE NATURAL "Los Enebrales".

Un cordón dunar acompaña a la playa en unos tres kilómetros de longitud, dunas sobre las que ondean pinos, sabinas y enebros.

Los enebros son unos arbolillos muy escasos, de ahí su importancia, de hojas estrechas y pinchudas y muy lentos en su crecimiento, su fruto es la enebrina, una bolita pequeña que se utiliza para aromatizar la ginebra. El lugar se mantiene intacto pese a la fuerte presión urbanística de las décadas de 1960 y 1970, donde una empresa constructora de importancia nacional estuvo a punto de plantar 4000 plazas hoteleras.



La fauna de este territorio es riquísima, destacando principalmente la colonia de camaleones que abundan en la zona y que al pasear por alguno de los senderos existentes se pueden ver atrapados a las ramas de los árboles.



Desde lo alto de las dunas, la visión es espectacular, la magnifica panorámica que se observa entre el verde del



pinar, el color siena de la arena dunar y playera, el azul del cielo y el celeste del Océano Atlántico, hace que quien va alguna vez a ese lugar, sienta deseos de volver.



En los confines del Termino Municipal, cerca del de Cartaya, existe la laguna llamada de El Portil que es sin duda otro "paisaje estrella" y por tanto considerado por la ley como Reserva Natural.

Hay un camino alrededor desde el cual podemos deleitarnos no solo viendo como revolotean por la superficie acuática los patos salvajes, sino disfrutando por el paraíso que vamos atravesando.

El premio Nóbel de literatura Gabriel García Márquez ha sido un fiel enamorado de estos lares dada su amistad con un vecino de aquí, el celebre y nombrado matador de toros, Antonio Borrero "CHAMACO"

Alrededor de la laguna hay otras casi mil hectáreas que constituyen un enorme bosque de pinos y sirve de colchón para proteger esta laguna que por ley es considerada esta superficie como "zona de protección de la laguna del Portil".



Todos estos lugares se encuentran situados a tan solo 10 minutos de la capital de la provincia, lo que hace que sean muy visitados y los onubenses en general disfruten especialmente los fines de semana recorriendo estos parajes que Pascual Madoz describía en su conocido Diccionario Geográfico y Estadístico diciendo que "los alrededores de Huelva son tan bonitos y pintorescos, que la imaginación más monótona y triste encuentra objeto donde deleitarse".

Naturalmente que un territorio así, es muy sensible, cualquier actuación le afecta, hay que ser muy delicado con él y por ello las actuaciones urbanísticas deben ser estudiadas con suma delicadeza y no cometer los errores de otras épocas pasadas donde el paisaje y el medio ambiente no interesaba, al menos de la forma que nos interesa hoy.

La ley 2 del 18 de Julio 1.989 de ESPACIOS PROTEGIDOS DE ANDALUCIA, salvaguarda los espacios que se han mencionado anteriormente, Los Enebrales, Las Marismas del Odiel y La laguna de El Portil, con lo cual tienen un altísimo porcentaje de posibilidades de conservación durante muchas generaciones venideras, pero no así los lugares que no han tenido la suerte de ser catalogados y protegidos y es ahí donde debemos comprometernos de forma deliberada.

Es por todo esto, por lo que el Ayuntamiento esta emprendiendo muchas actuaciones cuyo fin primordial es la conservación de los espacios que no han sido protegidos por la ley. Así se ha confeccionado un proyecto que va a eliminar una carretera costera y regenerar la duna existente y que fue cortada en el año 1964 para construir dicha vía, nos estamos refiriendo al PLAN ESPECIAL DE LA BOTA, donde se contempla además de la eliminación de la carretera y la regeneración del cordón dunar, la plantación de especies autóctonas y la construcción de caminos de madera para el acceso a la playa al igual que en la zona colindante Los Enebrales.



Otro proyecto que se está redactando es el Parque Dunar de La Canaleta, situado en la misma punta de Punta Umbría, en el cual se da un tratamiento a toda la zona para conservar uno de los lugares más emblemáticos de la localidad.

Se está estudiando como zona de ocio, otro de los parajes con encanto de la localidad, se trata de La Peguera, un espléndido pinar situado al borde de la ría desde el cual se divisa una de las vistas panorámicas más bonitas de toda la provincia.

Naturalmente que el pueblo progresa, que en Punta Umbría se construyen viviendas, se hacen hoteles, pero se tiene respeto por la naturaleza ya que somos conscientes que el patrimonio que hemos heredado debemos preservarlo para que las generaciones venideras lo disfruten y sigan deleitándose como actualmente lo hacemos nosotros. Os esperamos por aquí.



# Nueva Versión

# TCP-MDT

# 5

Levantamientos

Proyectos

Replanteos

Carreteras

Urbanizaciones

Canteras

Topografía

Construcción

Urbanismo

Ingeniería



## Aplicaciones para Dispositivos Móviles



Replanteo y Toma de Datos con GPS y Estación Total

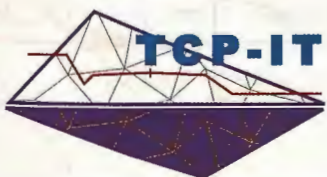
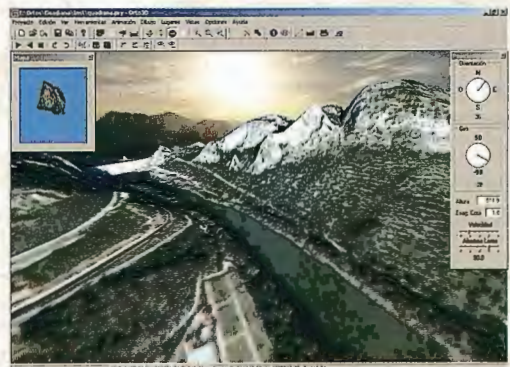
Gestión de Dibujos con potente CAD



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:



C/ Sumatra nº 9, 29190 - Málaga

Tlf: 952-439771

Fax: 952-431371

www.aplittop.com

info@aplittop.com



# GENERACIÓN DE MAPAS LITO-EDAFOLÓGICOS DE ANDALUCÍA

Monge, Guadalupe\*.

Rodríguez, Antonio José. - DAP (Junta de Andalucía).

Rodríguez, José Antonio. - DAP (Junta de Andalucía).

Anaya-Romero, María. - IRNASE (CSIC).

De la Rosa, Diego. - IRNASE (CSIC).

\* Situación actual: Prof. IES Virgen del Rosario (Benacazón). España.

## RESUMEN

En el presente trabajo se ha llevado a cabo el desarrollo de un mapa Lito-Edafológico de Andalucía a escala 1:400.000, a partir de la información cartográfica y geológica procedente del Sistema de Información Geológica y Minera (Junta de Andalucía, 1998), y de la información detallada edafológica (1.083 perfiles de suelo) de la base de datos SDBm-SEISnet (De la Rosa et al, 2001). En este sentido, se obtuvo un primer mapa litológico de síntesis de Andalucía y posteriormente las clases litológicas obtenidas del mapa se dividieron en subclases atendiendo a criterios edafológicos dominantes, y a continuación se calcularon los valores medios para los parámetros intrínsecos del suelo (materia orgánica, pH, contenido en arcilla, contenido en limo, contenido en arena, humedad equivalente a la capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente) para cada clase y subclase. Finalmente a partir de los datos medios obtenidos, se elaboraron mapas para los parámetros seleccionados. La información edáfica georreferenciada resultante del presente trabajo es una herramienta de enorme utilidad para futuras interpretaciones y evaluaciones del uso del suelo. Por otra parte, la metodología desarrollada podría ser de gran funcionalidad en zonas con escasa base de datos de suelo.

## PALABRAS CLAVE

Andalucía, bases de datos, espacialización basada en GIS, herramientas de optimización, mapa lito-edafológico, sistemas expertos, MicroLEIS DSS, SDBm-SEISnet.

## ABSTRACT

In the present work, it was undertaken the development of a lito-edaphological map of Andalusia, at an scale of 1.400.000, based on the geological and cartographic information comes from the Geological and Mining Information System (Junta de Andalusia, 1998), and from the detailed edaphological data base SDBm-SEISnet (1.083 soil profiles; de la Rosa et al, 2001). In this way, firstly, there was obtained a synthesis lithological map and then the lithological classes obtained from the map were divided in subclasses concerning dominant edaphological criteria, and afterwards the average values for the intrinsic parameters of soil were calculated (organic matter, pH, clay content, slime content, sand content, equivalent humidity to field capacity, wilting point and bulk density) for each class and subclass. Finally there were developed maps from the average data obtained for the parameters selected. The georeferenced edaphological information resulting from the present work is a very useful tool for future interpretations and land use evaluations. On the other hand, the methodology developed could be high functional in zones with short soil data base.

## KEYWORDS

Andalusia, data base, GIS based spatialization, optimization tools, lito-edaphological map, expert systems, MicroLEIS DSS, SDBm-SEISnet.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Los estudios tradicionales acerca de las dos dimensiones suelo-paisaje probablemente empezaron con V.V. Dokuchaev's zonality schemes en 1899-1900. Estos estudios demostraron que la distribución y variabilidad de suelos y por otra parte, los elementos del paisaje, generalmente coinciden, y que el conocimiento de uno permite predecir el estado del otro (Yaalon, 1971). Esta coincidencia acerca de la distribución y variabilidad en elementos del paisaje puede ocurrir a cualquier escala y en cualquier tiempo (Adams et al., 1975; Birkeland, 1999; Gerrard, 1995; Olson, 1986).

En este sentido, en la actualidad se incluyen multitud de trabajos relacionados con la cartografía geológica. A partir de la cual se puede obtener información de la zona sobre la vulnerabilidad, impacto ambiental, tipos de suelo, etc. A este tipo de cartografía derivada se denomina Mapas Geológicos Temáticos. Estas cartografías son aquellas que a partir del Mapa Geológico básico representan valores y parámetros del territorio relacionados con el uso o beneficio de los recursos geológicos del subsuelo o bien con la actividad humana sobre el medio físico (Rodríguez, 1992). En el presente trabajo se pretende realizar una cartografía de suelos a escala 1:400.000 de Andalucía, englobándose dentro del proyecto de la Comunidad Andaluza: SIMANCTEL (Sistema Múltiple de Análisis de los Cultivos por Teledetección). Para el desarrollo de este modelo agro-meteorológico es necesario dividir el sistema de desarrollo del cultivo en tres subsistemas básicos: planta (fisiología y morfología del cultivo), suelo y clima, de modo que los diversos procesos involucrados puedan ser modelados independientemente.

Dentro del subsistema suelo se pretende conseguir un mapa de suelos que contenga la información suficiente para simular de manera acorde el desarrollo del cultivo en relación con el sustrato sobre el que se asienta. Para conseguir ese nuevo mapa se necesita la mayor cantidad posible de perfiles georreferenciados, con especial información sobre las características texturales e hidráulicas de los mismos (Junta de Andalucía, 2006).

Para ello la Consejería de Agricultura y Pesca a través de la empresa pública de Desarrollo Agrario y Pesquero de la Junta de Andalucía (D.A.P.) pone en marcha un convenio de colaboración con el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (I.R.N.A.S) perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.) cuya finalidad es incorporar a SIMANCTEL la información de-



tallada y semidetallada de perfiles y sondeos de suelos de Andalucía recopilada en el IRNAS desde 1953.

## **2.- OBJETIVOS**

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar un Mapa de Suelos para Andalucía a escala 1:400.000 a partir de la información cartográfica y geológica (Junta de Andalucía, 1998) procedente del Sistema de Información Geológica y Minera (SIGMA) de la Junta de Andalucía, y de la información puntual y edafológica, de la base de datos SDBm-SEISnet, del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. De esta forma se detallan los siguientes objetivos derivados:

- Obtener un mapa de clases litológicas de síntesis con suficiente entidad y sin pérdida de información, pero que a la vez resulten operativas desde el punto de vista edafológico y estadístico.
- Subdividir las clases litológicas de síntesis en diferentes subclases atendiendo a criterios edafológicos e integrar el mapa obtenido con la información digital procedente del Mapa de Suelos de Andalucía (CSIC-IARA, 1989).
- Calcular los valores medios de los parámetros intrínsecos del suelo para cada clase y subclase definida.

## **3.- METODOLOGÍA**

Una vez recopilada la información de partida con relación a la cartográfica geológica de Andalucía, y a la información puntual y edafológica (1.083 perfiles de suelo), de la base de datos SDBm-SEISnet, el proceso metodológico se puede esquematizar en las siguientes fases:

### **3.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y MINERA DE ANDALUCÍA**

Se elige como información de partida el Mapa Geológico y Minero de Andalucía (Junta de Andalucía, 1998), por ser el que más información aporta desde el punto de vista litológico. El Mapa SIGMA fue realizado sobre la base topográfica que proporciona el Mapa Militar de España a escala 1:400.000, y tomó como documentación básica la elaborada y publicada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), utilizando el Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 (MAGNA), el Mapa Metalogenético de España a escala 1:200.000, el Mapa de Rocas Industriales de España a escala 1:200.000, además de investigaciones mineras de distintas épocas. El Mapa SIGMA (Junta de Andalucía, 1998) divide al territorio andaluz en seis zonas geotectónicas. Las zonas se dividen en 30 Unidades Geoestructurales y éstas a su vez en diferentes litologías, considerando un total de 127 litologías diferentes.

### **3.2. BASE DE DATOS SDBM- SEISNET**

Para efectuar la agrupación en clase litológicas de síntesis, ha sido fundamental la información recopilada en la base de datos "SDBm plus: Multilingual Soil Database for Using in Soil Evaluation and Monitoring Systems" (De la Rosa et al, 2000) del IRNAS en la cual se incluyen diferentes tipos de materiales parentales presentes en los perfiles andaluces. Así, cada Clase Litológica de síntesis procede de la combinación de la información procedente de ambas fuentes (Junta de Andalucía, 1998; De la Rosa et al, 2000) y sobre la base de criterios geomorfológicos, litológicos y cronológicos.

A cada Clase Litológica de síntesis definida se le asignó el número de perfiles que engloba procedentes de la base de datos SDBm Plus (De la Rosa et al, 2000) y se depuraron en función de su entidad y de la abundancia relativa de perfiles en cada una de ellas. Aquellos perfiles procedentes de la base de datos SDBm Plus (De la Rosa et al, 2000) carentes de material original en su descripción original, se espacializaron utilizando Arc View 3.1 y se les incluyó en su Clase Litológica de síntesis a partir de la litología proveniente del SIGMA (Junta de Andalucía, 1998). Para efectuar la espacialización se efectuó un cambio de coordenadas: de geográficas a UTM (Huso 30) mediante el programa CAMGEO editado por la Junta de Andalucía.

### **3.3. ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS TIPOS DE SUELOS DOMINANTES**

Se dividen las clases litológicas de síntesis en diferentes subclases atendiendo a criterios edafológicos. Con idea de depurar las subclases establecidas, se integra en el Mapa de Clases Litológicas de síntesis la información digital procedente del Mapa de Suelos de Andalucía (CSIC-IARA, 1989), utilizando Arc View 3.1.

Debido a que la clasificación de suelos utilizada en el Mapa de Suelos de Andalucía (CSIC-IARA, 1989) es la correspondiente a FAO-UNESCO (1974), se optó por utilizar dicha clasificación. Se calcularon para cada Clase de síntesis los tipos de suelos existentes y su área correspondiente y se agruparon en subclases dominantes atendiendo fundamentalmente a su extensión y a criterios evolutivos desde el punto de vista edafológico. Se actualiza la tabla de perfiles de suelos SDBm Plus, en esta ocasión detallándose los perfiles incluidos dentro de cada subclase en función de su clasificación FAO. Para ello también se lleva a cabo una labor de reclasificación de aquellos perfiles que carecían de ella.

### **3.4. ANÁLISIS Y PROCESADO DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO**

Una vez conseguido que todos los perfiles están perfectamente ubicados dentro de una Subclase y una Clase, puede procederse a calcular los valores medios de los parámetros intrínsecos del suelo procedentes de la base de datos SDBm Plus (De la Rosa et al, 2000). Los parámetros edáficos seleccionados fueron: materia orgánica, pH, contenido en arcilla, contenido en limo, contenido en arena, humedad equivalente a la capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente. Estos valores medios fueron calculados para tres secciones de control dentro de cada perfil de suelo: de 0 a 25 cm de profundidad, de 25 cm hasta el final de cada perfil, y de 0 cm hasta el final de cada perfil. Los valores dentro de cada sección de control se obtuvieron de forma ponderada.

Aquellos parámetros que carecían de medidas de laboratorio para alguna sección de control, fueron estimados utilizando el módulo Herramientas del Sistema de Evaluación de la Calidad Agro-ecológica de Tierras MicroLEIS, encontrándose totalmente disponible en [www.microleis.com](http://www.microleis.com) (De la Rosa et al, 2004).

Este módulo ofrece un conjunto de herramientas edáficas ("pedotransfer functions"), las cuales, a partir de la determinación de la clase textural USDA que presente la sección de control del suelo, y utilizando funciones cualitativas de transferencia desarrolladas mediante un análisis



estadístico a partir de información de Andalucía para un total de más de 200 muestras (AMA-CSIC, 1984), permiten estimar determinadas propiedades físicas e hidráulicas de los suelos, tales como densidad aparente, capacidad de retención de agua y conductividad hidráulica no saturada.

### 3.5. GENERACIÓN DE MAPAS

A partir de los datos obtenidos, pueden elaborarse diferentes salidas gráficas para cada uno de los parámetros calculados (Mapas de propiedades físico-químicas de los suelos de Andalucía).

## 4.- RESULTADOS

De acuerdo a la metodología utilizada se destacan los siguientes resultados:

Partiendo por un lado de las 127 litologías diferentes descritas originariamente en el SIGMA y por otro de los diferentes tipos de materiales parentales (44 clases) presentes en los 1083 perfiles de suelos detallados de toda Andalucía (Fig. 1), se obtienen 20 Clases Litológicas de síntesis (Fig. 2).

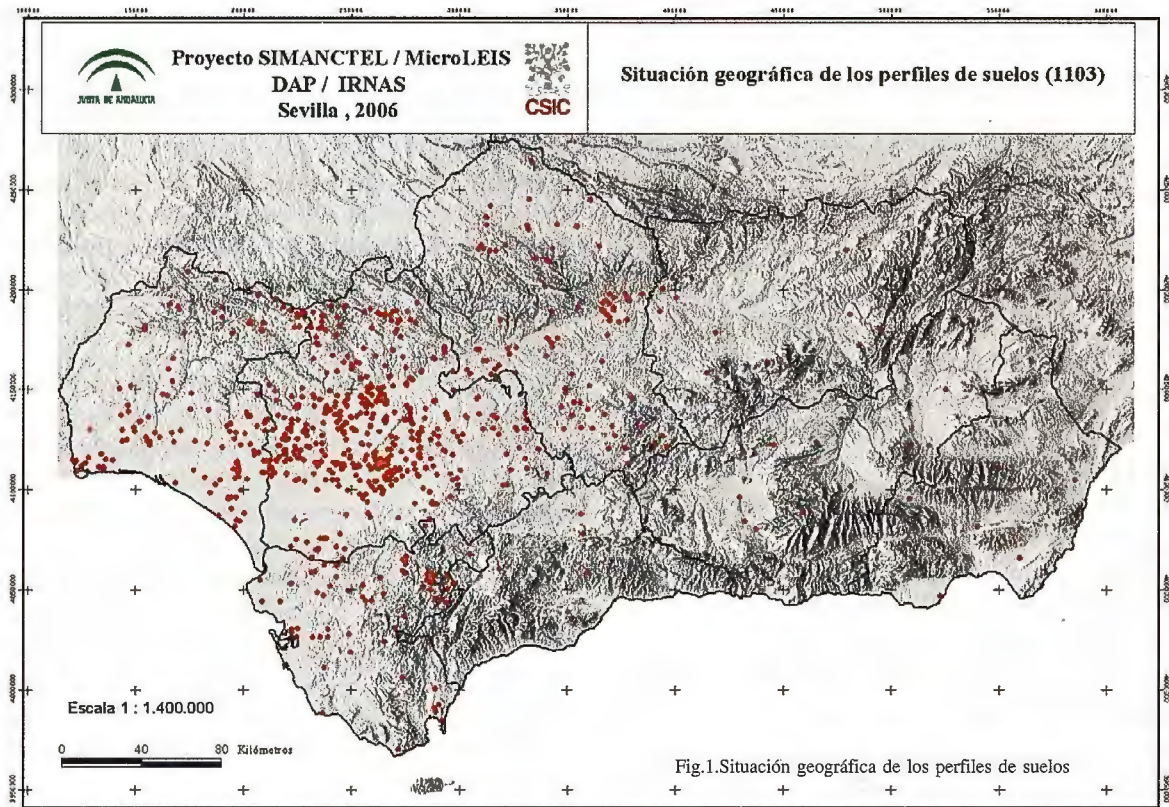


Fig.1.Situación geográfica de los perfiles de suelos

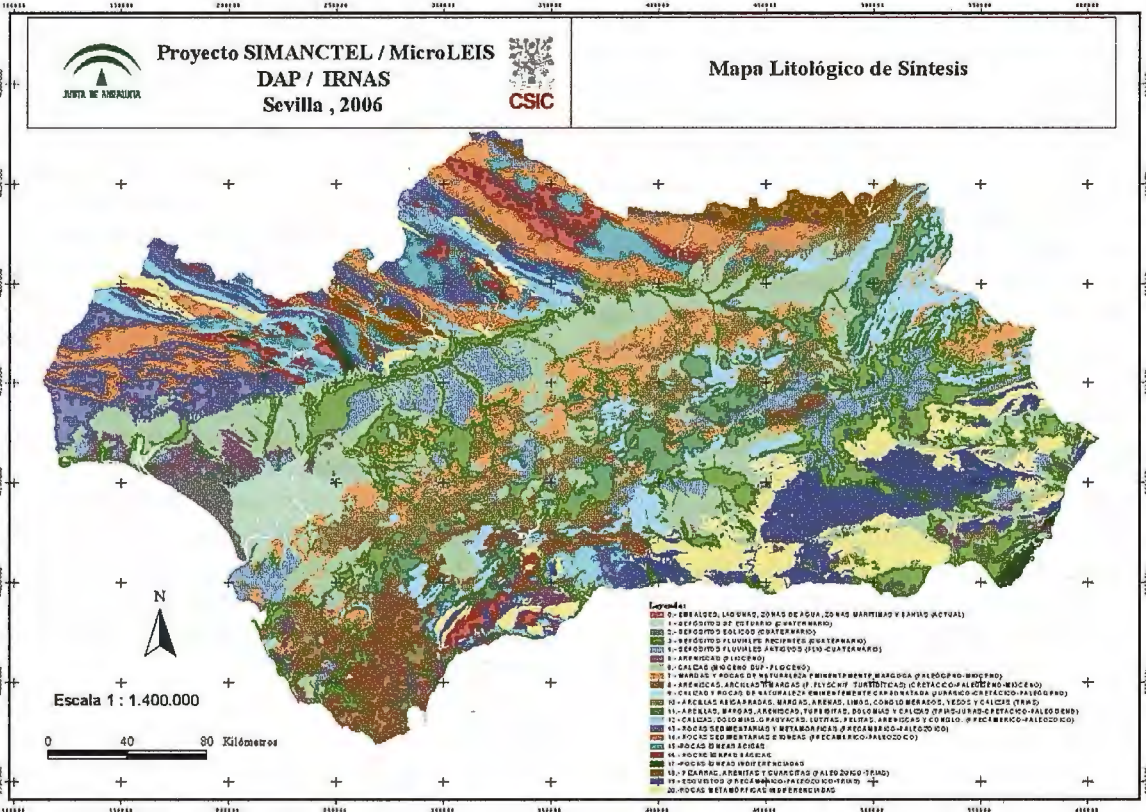


Fig.2. Litología de síntesis (clases litológicas descritas en la Fig.3).



# Leica TPS1200+ El Plus



## La nueva Estación Total Leica TPS1200+ Descubra el Plus

¿Desea medir largas distancias sin usar un prisma pero logrando una gran precisión? Entonces, le interesa la nueva Leica TPS1200+, nuestra estación más competitiva. Ofrece la mayor precisión EDM sin prisma del mercado con el menor punto láser en distancias superiores a 1000 m. Obtenga la máxima precisión con prisma gracias al nuevo telescopio que incorporan todos los modelos Leica TPS1200+.

Su pantalla a color le ofrece al instante la información que desee. Además, su taquímetro puede controlarse a distancia desde el jalón del prisma para que una sola persona pueda trabajar más rápido y con mayor eficiencia.

### Esto es lo que significa el Plus:

- ⊕ EDM sin prisma para objetivos inaccesibles a más de 1000 m
- ⊕ Precisión sin prisma de  $\pm 2$  mm
- ⊕ Precisión con prisma de  $\pm 1$  mm
- ⊕ Pantalla a color para una clara presentación de los datos
- ⊕ El sistema topográfico más rápido para una sola persona
- ⊕ Conexión con GNSS con la misma interfaz TPS
- ⊕ La mayor gama de periféricos y software



Unidad de síntesis		Parámetros intrínsecos del suelo								
		Profundidad útil (cm)	pH	Materia Orgánica (% en peso)	Textura (% en peso)			Retención agua (g/100g)		Densidad aparente (g/cc)
Subclases	Horizonte				Arena	Limo	Arcilla	C. C.	P.M.P.	
1a. Fluvisol	0-25	>150(3)	7,8 (3)	1,62(3)	18.60	39.13	41.33	32,28(1)	28,42(1)	1,41(2)
	25-	>150	7.7	1.00	17.79	40.16	41.22	36.24	31.48	1.39
	0-	>150	7.7	0.98	17.36	40.85	40.91	36.34	31.56	1.39
1b. Solonchak/Vertisol	0-25	>150	7,7(2)	1,53(2)	2.00	26.56	71.44	40.53	27.65	1,14(1)
	25-	>150	7.7	1.42	1.57	25.54	72.20	40.18	27.41	1.15
	0-	>150	7.6	1.42	1.58	25.30	72.41	40.89	27.90	1.13
1c. Cambisol/Regosol/Arenosol	0-25	>150(1)	7,8(1)	1,64(1)	3.00	31.00	66.00	31.43	21.44	1.47
	25-	>150	7.2	1.12	3.24	38.09	57.14	31.43	21.44	1.47
	0-	>150	7.2	1.13	3.19	38.40	56.79	31.43	21.44	1.47
3a. Fluvisol/Regosol/Litosol	0-25	>150(61)	7,5(83)	1,54(81)	52.6	20.37	25.80	22,46(3)	10,51(3)	1,41(25)
	25-	>150	7.5	1.14	50.13	20.41	27.80	20.44	8.76	1.45
	0-	>150	7.5	1.12	49.99	20.45	27.89	20.62	8.86	1.45
3b. Solonchak/Vertisol	0-25	>150(14)	7,5(15)	1,73(15)	38.20	20.68	40.17	28.17	19.22	1,64(2)
	25-	>150	7.5	1.26	37.24	20.98	40.18	29.62	20.21	1.56
	0-	>150	7.5	1.25	37.19	20.91	40.19	30.40	20.74	1.52
3c. Cambisol/Arenosol	0-25	>150(11)	7,3(16)	1,31(16)	66.6	13.08	19.59	17.26	6.73	1,45(4)
	25-	>150	7.5	0.85	63.47	13.94	21.95	16.16	8.36	1.54
	0-	>150	7.5	0.81	63.19	13.97	22.21	16.27	8.41	1.53
3d. Luvisol/Planosol	0-25	50-100(18)	7,1(25)	1,41(24)	51.0	16.01	31.71	13.17	6.81	1,89(1)
	25-	>150	7.1	0.86	46.94	17.86	34.30	12.96	6.70	1.92
	0-	50-100	7.1	0.84	46.65	17.96	34.55	12.96	6.70	1.92
4a. Fluvisol/Regosol/Litosol	0-25	>150(23)	7,1(16)	1,33(14)	60.97	17.12	20.92	7,76(1)	4,18(1)	1,19(3)
	25-	>150	7.2	0.87	57.58	17.81	23.79	6.85	1.62	1.46
	0-	>150	7.2	0.84	57.24	17.94	24.00	7.76	1.58	1.48
4b. Solonchak/Vertisol	0-25	>150(29)	7,5(30)	1,36(29)	36.11	17.70	44.41	31.22	21.30	1,48(2)
	25-	>150	7.6	0.86	33.46	19.14	45.71	30.40	20.74	1.52
	0-	>150	7.6	0.84	33.25	19.26	45.78	30.40	20.74	1.52
4c. Cambisol/Arenosol/Xerosol	0-25	>150(21)	7,0(24)	0,95(25)	62.32	14.35	21.68	17.78	9.20	1,40(9)
	25-	>150	6.9	0.61	57.24	15.92	25.47	16.93	8.76	1.47
	0-	>150	7.2	0.61	56.46	16.16	26.01	16.93	8.76	1.47
4d. Luvisol/Planosol	0-25	>150(77)	7,1(59)	1,11(56)	60.05	11.40	27.52	14,61(2)	6,58	1,49(22)
	25-	>150	7.2	0.80	48.93	15.72	34.11	14.52	9.08	1.57
	0-	>150	7.1	0.80	46.93	15.79	34.47	14.24	8.96	1.57
5a. Fluvisol/Litosol	0-25	>150	5,8(1)	1,34(1)	76.00	5.20	16.20	18.27	7.13	1.37
	25-	>150	7.1	0.73	78.71	4.26	15.43	18.27	7.13	1.37
	0-	>150	7.2	0.62	79.53	3.97	15.28	18.27	7.13	1.37
5b. Solonchak/Vertisol	0-25	>150	7,5(2)	1,67(2)	72.10	7.50	20.20	31.22	7.75	1,66(2)
	25-	>150	7.9	0.93	61.67	13.02	24.56	14.91	7.71	1.67
	0-	>150	7.9	0.90	61.18	13.53	24.54	14.91	7.71	1.67
5c. Cambisol/Regosol/Xerosol	0-25	>150(22)	7,3(11)	1,53(11)	68.74	12.95	17.78	18.27	7.13	1.37
	25-	>150	7.4	0.81	65.51	17.01	16.69	18.27	7.13	1.37
	0-	>150	7.4	0.76	65.16	17.43	16.65	18.27	7.13	1.37
5d. Luvisol/Planosol	0-25	>150(16)	6,5(10)	1,36(10)	79.33	5.81	13.54	18.27	7.13	1.37
	25-	>150	6.4	0.71	69.26	6.11	22.90	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	6.4	0.65	68.03	6.06	24.13	22.03	11.39	1.13
6a. Solonchak/Vertisol	0-25	>150(21)	7,6(44)	1,43(43)	36.07	22.60	40.08	34.22	23.35	1,35(6)
	25-	>150	7.8	0.94	34.05	25.43	39.19	26.15	14.11	1.41
	0-	>150	7.6	0.91	33.17	25.14	38.05	25.43	13.72	1.45
6b. Cambisol/Regosol/Xerosol	0-25	>150(21)	7,2(80)	1,58(76)	57.20	19.49	22.41	30,80(2)	13,82	1,43(5)
	25-	>150	7.3	1.16	51.55	22.05	25.26	31.42	12.75	1.37
	0-	>150	7.4	1.13	51.42	22.05	25.40	31.41	13.13	1.38
6c. Luvisol	0-25	>150(46)	7,1(69)	1,38(69)	61.10	13.83	24.05	13,29(3)	8,23	1,36(3)
	25-	>150	7.2	0.95	53.25	16.66	29.02	15.85	7.93	1.67
	0-	>150	7.2	0.93	52.67	16.67	29.63	15.78	7.83	1.68
7a. Regosol/Litosol	0-25	>150(18)	7,7(27)	1,51(26)	55.03	18.99	24.92	22.03	11.39	1.13
	25-	>150	7.4	1.06	49.02	21.32	28.41	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	7.4	1.04	48.66	21.36	28.74	22.03	11.39	1.13
7b. Solonchak/Vertisol	0-25	>150(60)	7,7(39)	1,52(38)	26.34	23.23	49.82	30,50(1)	21,60	1,45(12)
	25-	>150	7.8	1.13	25.18	23.09	51.00	28.76	19.73	1.37
	0-	>150	7.8	1.12	25.13	23.14	51.03	28.77	19.71	1.36
7c. Cambisol/Arenosol/Xerosol	0-25	>150(8)	7,6(8)	1,77(8)	16.62	41.49	39.64	29.74	17.03	1,10(1)
	25-	>150	7.7	1.33	22.07	35.32	41.41	34.79	29.74	1.06
	0-	>150	7.7	1.31	21.87	35.26	41.69	35.12	30.02	1.05
7d. Luvisol/Planosol	0-25	>150(13)	7,6(11)	1,24(11)	50.91	14.20	33.40	22.03	11.39	1.13
	25-	>150	7.7	0.94	53.25	12.18	33.67	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	7.7	0.89	53.78	11.70	33.63	22.03	11.39	1.13

Tabla 1. Valores medios de los parámetros intrínsecos del suelo del Mapa Lito-Edafológico de Andalucía.



8a. Fluvisol/Litosol	0-25	>150	7,8(1)		46.00	30.00	24.00	17.93	6.60	1.68
	25-	>150	7.6		47.25	25.00	27.75	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	7.7		46.92	25.31	27.77	22.03	11.39	1.13
8b. Solonchak/Vertisol	0-25	>150(1)	7,5(23)	1,68(24)	21.71	26.41	51.90	31.43	21.44	1.47
	25-	>150	7.5	1.40	19.26	25.04	55.36	31.43	21.44	1.47
	0-	>150	7.5	1.37	19.14	24.95	55.55	31.43	21.44	1.47
8c. Cambisol/Regosol/Arenosol	0-25	>150	7,2(16)	2,00(13)	41.11	26.77	31.91	24.69	13.35	1.49
	25-	>150	7.2	1.42	38.90	25.34	29.58	24.69	13.35	1.49
	0-	>150	7.2	1.35	41.38	26.80	31.95	24.69	13.35	1.49
8d. Luvisol/Planosol	0-25	>150	6,5(7)	1,15(7)	47.14	16.83	36.06	16.70	10.84	1.64
	25-	>150	6.4	0.86	40.95	18.40	41.19	31.43	21.44	1.47
	0-	>150	6.4	0.80	40.30	18.10	42.22	31.43	21.44	1.47
9a. Vertisol	0-25	>150(4)	7,4(5)	1,90(5)	23.24	23.44	52.12	31.43	21.44	1.47
	25-	>150	7.5	1.51	22.04	25.8	50.92	31.43	21.44	1.47
	0-	>150	7.5	1.45	21.74	26.94	50.12	31.43	21.44	1.47
9b. Cambisol/Regosol/Litosol	0-25	50-100(14)	7,4(9)	1,56(2)	43.26	36.35	20.25	25,45(1)	14.60	1,27(1)
	25-	50-100	7.6	1.03	41.97	32.61	24.95	35.54	19.63	1.20
	0-	50-100	7.7	1.13	42.20	32.16	25.15	35.71	19.75	1.20
9c. Luvisol/Planosol	0-25	50-100(4)	7,1(2)	1,69(2)	34.86	26.06	38.87	24.69	13.35	1.49
	25-	50-100	7.3	1.26	32.10	25.11	41.06	31.43	21.44	1.47
	0-	50-100	7.3	1.25	32.39	25.41	41.99	31.43	21.44	1.47
10a. Solonchak/Vertisol	0-25	50-100	7,7(7)	0,68(8)	28.90	27.70	42.90	31.43	18.40	1.47
	25-	50-100	7.8	0.79	29.54	29.44	40.50	30.80	17.50	1.50
	0-	50-100	7.7	0.78	28.37	30.12	40.96	30.00	18.69	1.54
10b. Cambisol/Regosol	0-25	>150(7)	7,0(11)	1,68(12)	46.51	23.41	29.70	22.03	11.39	1.13
	25-	>150	7.2	1.53	47.56	22.58	29.13	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	7.2	1.51	47.99	22.41	28.89	22.03	11.39	1.13
10c. Luvisol/Planosol	0-25	>150	7,4(3)	1,26(3)	42.18	16.36	41.87	31.43	21.44	1.47
	25-	>150	7.4	1.22	36.14	16.90	47.48	31.43	21.44	1.47
	0-	>150	7.5	1.22	35.99	17.15	47.47	31.43	21.44	1.47
11a. Vertisol	0-25	50-100	7,5(5)	1,08	20.54	31.79	46.87	31.43	21.44	1.47
	25-	50-100	7.5	1.04	20.92	30.34	47.34	31.43	21.44	1.47
	0-	50-100	7.5	0.95	20.69	31.20	46.74	31.43	21.44	1.47
11b. Cambisol/Regosol/Litosol	0-25	50-100(7)	7,0(8)	2,04	46.77	22.16	30.53	26,40(1)	14.70	1,28(1)
	25-	50-100	7.1	1.02	42.50	26.07	30.61	25.26	15.26	1.34
	0-	50-100	7.1	1.09	42.10	15.87	31.18	25.24	15.27	1.34
12a. Fluvisol/Vertisol	0-25	50-100(2)	7,2(4)	1,52(3)	35.25	25.30	39.38	24.69	13.35	1.49
	25-	50-100	7.4	1.11	29.29	27.61	43.17	31.43	21.44	1.47
	0-	50-100	7.4	1.09	28.97	27.76	43.32	31.43	21.44	1.47
12b. Cambisol/Regosol	0-25	50-100(18)	6,5(22)	2,12(21)	42.52	35.61	19.87	17.93	6.60	1.68
	25-	50-100	6.6	1.61	42.31	34.40	21.83	17.93	6.60	1.68
	0-	50-100	6.7	1.68	41.34	34.46	22.34	17.93	6.60	1.68
12c. Luvisol	0-25	50-100(11)	6,6(11)	1,40(11)	40.70	30.02	28.30	24.69	13.35	1.49
	25-	50-100	6.6	0.96	40.59	30.24	28.88	24.69	13.35	1.49
	0-	50-100	6.6	0.93	40.10	30.32	29.39	24.69	13.35	1.49
13b. Cambisol/Regosol	0-25	50-100(22)	5,9(21)	1,90(21)	53.07	25.80	20.96	22.03	11.39	1.13
	25-	50-100	5.9	1.56	52.46	25.59	20.95	22.03	11.39	1.13
	0-	50-100	5.9	1.73	51.57	26.42	21.10	22.03	11.39	1.13
13c. Luvisol/Planosol	0-25	50-100(10)	5,7(17)	1,48(16)	44.36	26.50	27.69	24.69	13.35	1.49
	25-	50-100	5.7	0.97	35.78	27.18	35.63	24.69	13.35	1.49
	0-	50-100	5.7	0.93	35.00	27.08	36.53	24.69	13.35	1.49
14a. Regosol/Litosol	0-25	50-100(5)	6,0(9)	0,70(8)	43.66	33.48	21.73	17.93	6.60	1.68
	25-	50-100	6.0	0.78	43.89	33.28	21.50	17.93	6.60	1.68
	0-	50-100	6.0	0.60	43.02	34.03	21.89	17.93	6.60	1.68
14b. Cambisol	0-25	50-100(5)	5,5(5)	1,32(5)	42.35	38.35	17.57	17.93	6.60	1.68
	25-	50-100	5.7	1.09	39.90	36.16	22.47	17.93	6.60	1.68
	0-	50-100	5.7	1.08	38.90	37.00	22.67	17.93	6.60	1.68
14c. Luvisol	0-25	100-150(7)	5,4(6)	1,92(6)	40.27	28.03	29.43	24.69	13.35	1.49
	25-	100-150	5.2	1.39	30.93	32.81	34.05	24.69	13.35	1.49
	0-	100-150	5.1	1.33	28.19	33.77	35.78	24.69	13.35	1.49
15a. Regosol/Xerosol/Litosol	0-25	0-25(1)	4,5(1)	3,25(1)	79.12	4.72	13.28	28.27	7.13	1.37
	25-	0-25	5.0	3.28	79.50	7.00	11.00	28.27	7.13	1.37
	0-	0-25	4.5	3.25	79.12	4.72	13.28	28.27	7.13	1.37
15b. Cambisol	0-25	50-100(10)	6,2(15)	1,14(13)	71.54	14.83	12.51	28.27	7.13	1.37
	25-	50-100	6.2	0.94	70.95	14.09	13.82	28.27	7.13	1.37
	0-	50-100	6.2	0.82	71.15	13.38	14.38	28.27	7.13	1.37
15c. Luvisol/Planosol	0-25	100-150(16)	5,8(16)	1,69(13)	59.88	19.05	19.36	28.27	7.13	1.37
	25-	100-150	5.8	1.03	56.75	18.08	23.77	22.03	11.39	1.13
	0-	100-150	5.8	0.95	55.87	18.27	24.50	22.03	11.39	1.13

Tabla 1. Valores medios de los parámetros intrínsecos del suelo del Mapa Lito-Edafológico de Andalucía.



16b. Cambisol	0-25	50-100(1)	6.9	2,05(1)	46.20	18.60	31.80	22.03	11.39	1.13
	25-	50-100	6.7	1.05	49.43	18.62	29.38	22.03	11.39	1.13
	0-	50-100	6.7	1.19	46.29	18.36	33.00	22.03	11.39	1.13
16c. Luvisol	0-25	>150(11)	6,1(11)	1,64(10)	56.74	21.96	20.17	22.03	11.39	1.13
	25-	>150	6.1	0.95	53.55	21.08	24.18	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	6.2	0.90	52.39	21.09	25.35	22.03	11.39	1.13
17b. Cambisol/Xerosol	0-25	0-25	6,1(2)	1,73(2)	28.00	43.00	26.00	17.93	6.60	1.68
	25-	0-25	6.2	1.00	28.00	43.00	26.00	17.93	6.60	1.68
	0-	0-25	6.2	1.03	28.00	43.00	26.00	17.93	6.60	1.68
17c. Luvisol	0-25	0-25	5,5(2)	1,59(2)	30.14	39.34	28.36	24.75	13.35	1.49
	25-	0-25	5.3	1.10	21.99	38.88	37.03	24.75	13.35	1.49
	0-	0-25	5.4	1.04	22.35	38.53	37.04	24.75	13.35	1.49
18b. Cambisol	0-25	>150	6,6(3)	2,88(3)	47.50	25.50	26.00	22.03	11.39	1.13
	25-	>150	6.7	1.97	41.70	27.88	30.75	24.75	13.35	1.49
	0-	>150	6.7	2.06	41.92	27.86	30.49	24.75	13.35	1.49
18c. Luvisol	0-25	>150	5,7(5)	1,51(5)	55.24	24.27	19.62	18.27	7.13	1.37
	25-	>150	5.6	1.00	45.30	21.88	31.54	22.03	11.39	1.13
	0-	>150	5.5	0.91	41.63	20.97	35.96	24.75	13.35	1.49
19a. Regosol/Litosol	0-25	<50	6,4(2)	2,05(2)	54.58	31.94	12.66	18,44(1)	9,19(1)	1,01(1)
	25-	<50	6.2	0.78	48.24	37.04	14.16	17.34	3.25	1.42
	0-	<50	6.2	0.76	48.22	37.23	14.01	17.29	2.97	1.44
19b. Cambisol/Xerosol	0-25	0-25(1)	7,1(1)	2,47(1)	64.50	21.00	15.50	18.27	7.13	1.37
	25-	0-25	7.1	2.47	64.50	21.00	15.50	18.27	7.13	1.37
	0-	0-25	7.1	2.47	64.50	21.00	15.50	18.27	7.13	1.37
19c. Luvisol	0-25	<50	5,0(1)	2,30(1)	36.00	24.00	39.00	24.75	13.35	1.49
	25-	<50	4.7	1.16	26.25	28.00	42.25	31.43	21.44	1.47
	0-	<50	4.6	0.92	24.65	27.88	47.06	31.43	21.44	1.47
20a. Regosol/Litosol	0-25	>150	5,6(1)	1,90(1)	45.40	32.20	19.40	17.93	6.60	1.68
	25-	>150	6.0	0.91	42.62	28.58	26.00	17.93	6.60	1.68
	0-	>150	6.0	0.87	43.17	28.67	25.33	17.93	6.60	1.68
20b. Cambisol/Xerosol	0-25	>150	6,0(2)	2,03(2)	52.22	29.27	15.80	18.27	7.13	1.37
	25-	>150	6.1	1.48	51.87	30.88	15.57	17.93	6.60	1.68
	0-	>150	6.0	1.66	53.06	30.74	15.20	18.27	7.13	1.37
20c. Luvisol	0-25	100-150(2)	6,0(2)	1,64(2)	43.4	26	29.2	24.75	13.35	1.49
	25-	100-150	6.1	0.98	38.04	27.91	32.26	24.75	13.35	1.49
	0-	100-150	6.1	0.86	37	28.29	32.86	24.75	13.35	1.49

24.75

Parametro estimado (MICROLEIS tools)

Tabla 1. Valores medios de los parámetros intrínsecos del suelo del Mapa Lito-Edafológico de Andalucía.

Al integrar las 20 Clases Litológicas de síntesis con la información digital del Mapa de Suelos de Andalucía (CSIC-IARA, 1989), se obtiene la leyenda final del Mapa Lito-Edafológico de Andalucía

Y una vez que cada perfil está perfectamente ubicado dentro su Clase Litológica y su Subclase Edafológica, se calculan los valores medios de las variables físico-químicas del suelo (Tabla 1).

Finalmente y a modo de ejemplo de las diferentes posibilidades de generación de salidas gráficas a partir de los datos obtenidos, se ofrece un mapa de contenido total en materia orgánica para la sección de control de 0-25 cm ( Fig. 4) y otro de contenido en arenas para la sección de control > 25 cm. ( Fig. 5).

## 5.- CONCLUSIÓN

Se ha elaborado un mapa lito-edafológico de Andalucía a escala 1:400.000, cuya leyenda contiene 20 clases litológicas y 67 subclases de tipos de suelos dominantes. Se han calculado los valores medios de los parámetros intrínsecos del suelo para cada clase y subclase. Se han generado 8 mapas por cada una de las variables edáficas seleccionadas según las tres secciones de control del perfil del suelo (0-25 cm; >25 cm y todo el perfil).

Es importante destacar que gracias a la calidad cualitativa y cuantitativa de la información de partida (Sistema de Información Geológico y Minero de la Junta de Andalucía y Base de datos SDBm-SEISnet), se ha podido abordar la elaboración del Mapa Lito-Edafológico de Andalucía con un alto grado de fiabilidad.

Por otro lado, la metodología aquí desarrollada permitiría ser utilizada en zonas con escasa información edáfica. Finalmente, cabe reseñar que la información edáfica georreferenciada, resultante del presente trabajo es una herramienta de enorme utilidad para futuras interpretaciones y evaluaciones del uso del suelo.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J.A., Campbell, A.S., Cutler, E.J.B. (1975) Some properties of a chrono-toposequence of soils from granite in New Zealand. 1. Profile weights and general composition. *Geoderma*, 13, 23-40.
- AMA-CSIC. (1984) *Catálogo de Suelos de Andalucía*. Ed. D. de la Rosa. Junta de Andalucía, Sevilla. 274 pp.
- Birkeland, P.W. (1999) *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press, 3rd ed. New York-Oxford. 430 p.
- De la Rosa, D., Mayol, F. and Antoine, J. (eds.). (2000) *FAO-CSIC multilingual soil profile database (SDBm Plus)*. World Soil Resources Report. Rome. FAO
- De La Rosa, D., Mayol, F., Díaz-Pereira, E., Fernández, M. y De La Rosa, D. Jr. (2004) *A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection*. *Environmental Modelling & Software*. 19: 929-942. Disponible En: [www.microleis.com](http://www.microleis.com)
- CSIC-IARA. (1989). *Memoria del Mapa de Suelos de Andalucía a escala 1:400000*. C.S.I.C. y Junta de Andalucía, Madrid. 95 pp.
- FAO-UNESCO. (1974) *FAO-UNESCO Soil Map of the World 1:5,000,000*. UNESCO, Paris.
- Gerrard, A.J. (1995) *Soil Geomorphology: an integration of pedology and geomorphology*: London, Chapman and Hall (eds.), 269 p.
- Junta de Andalucía. (1998) *Mapa Geológico-Minero de Andalucía a escala 1:400.000*. Sistema de Información Geológica y Minera (SIGMA) de la Junta de Andalucía.
- Junta de Andalucía. (2006) *Sistema Múltiple de Análisis de los Cultivos por Teledetección*. Boletín SIMANCTEL, Ejemplar nº6.
- Rodríguez, L.R. (1992) *Las cartografías temáticas producidas por el instituto tecnológico geominero de España la cartografía magna y otras cartografías geológicas derivadas*. *Mapping Interactivo*.
- Olson, C.G., Hupp, R. (1986) *Coincidence and spatial variability of geology, soils and vegetation, Mill Run Watershed, Virginia: Earth Surface Processes and Landforms*, 11, 619-629.
- Yaalon, D.H. (1971) *Soil forming processes- in time and space*, in Yaalon, D.H. (ed.), *Paleopedology, Origin, Nature and Dating Paleosols*: Jerusalem, International Society of Soil Science and Israel Universities Press, 29-39.



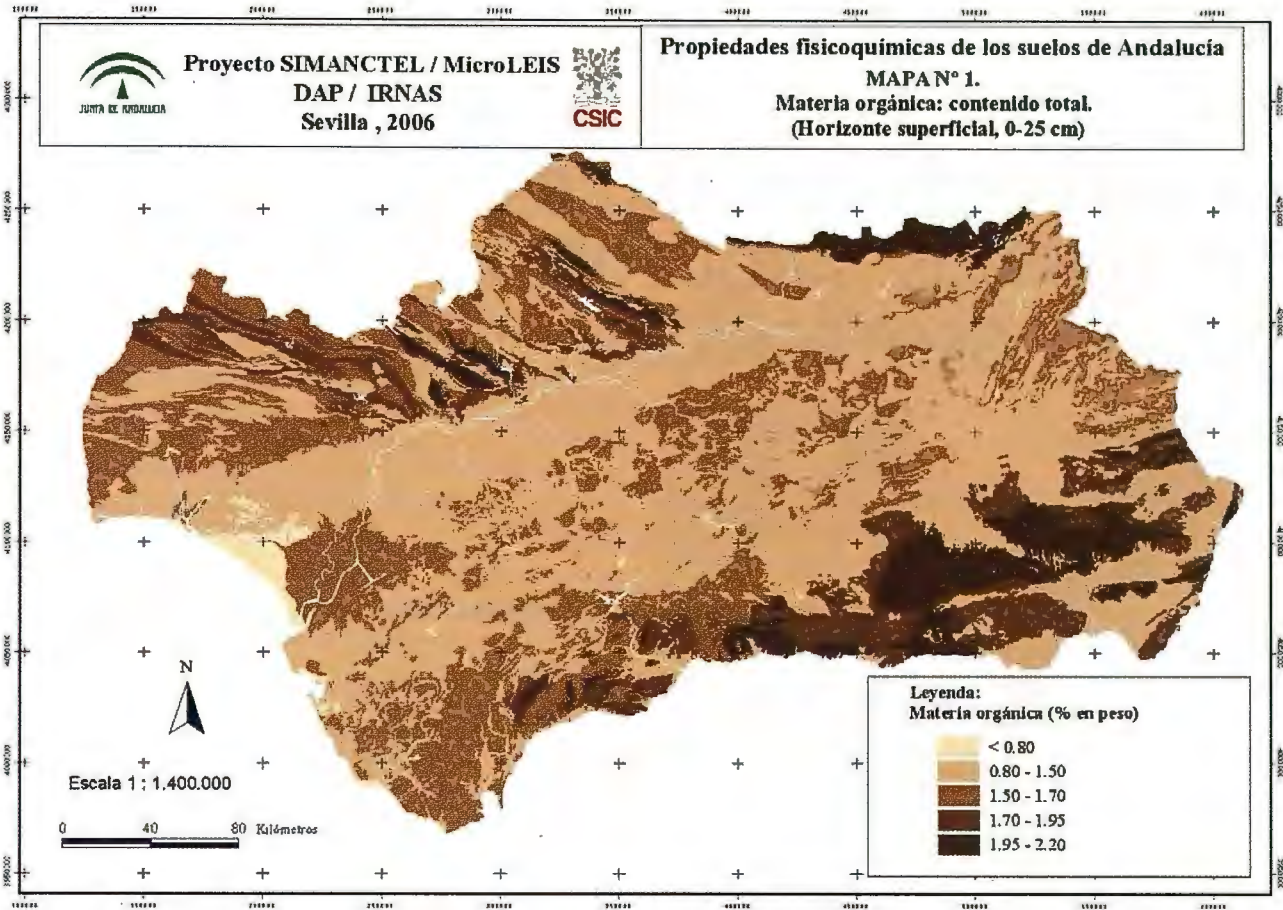


Fig.4. Materia Orgánica: contenido total, horizonte superficial.

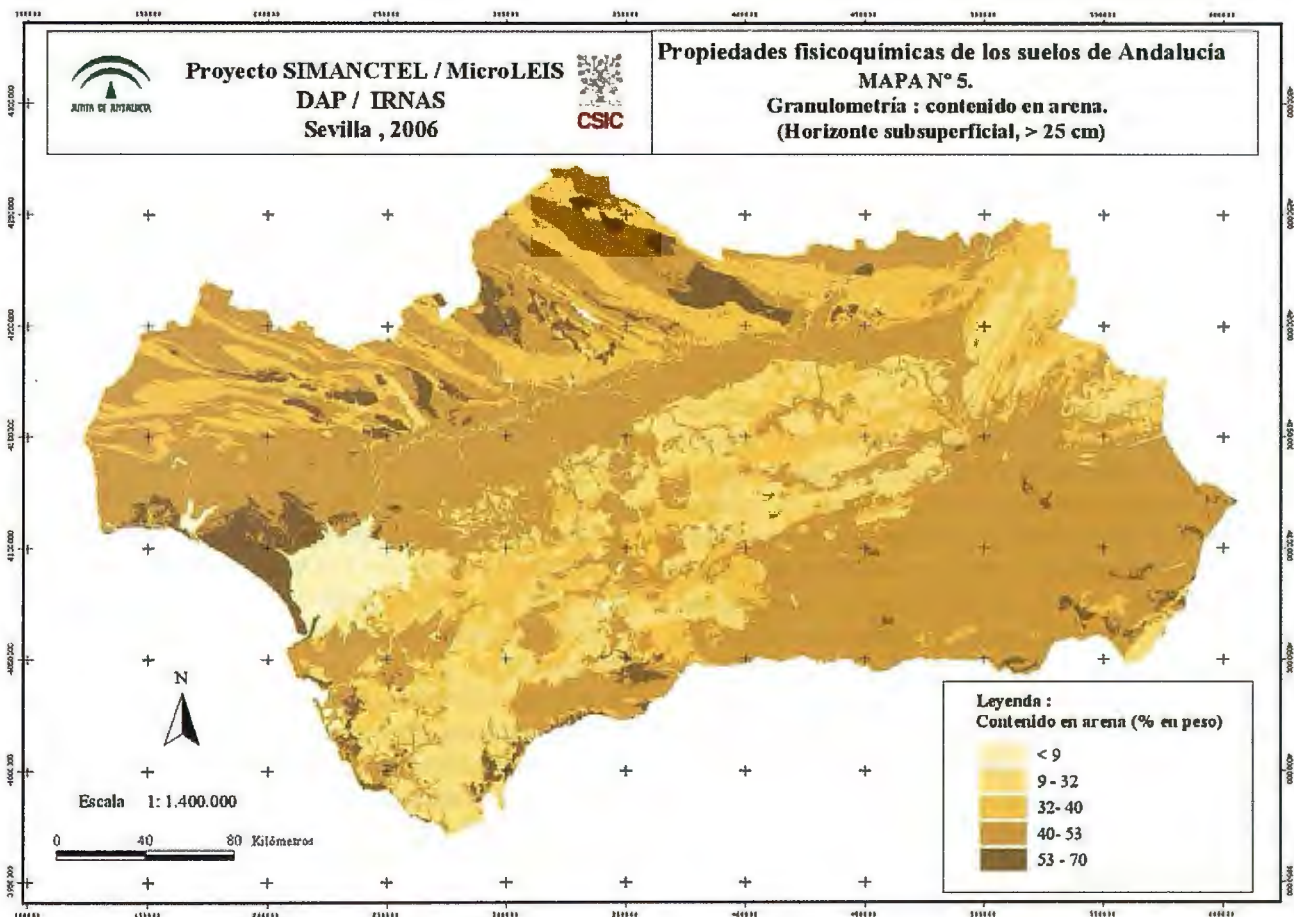


Fig.5. Mapa Granulometría: contenido en arena, horizonte subsuperficial.

# APLICACIÓN DEL LÁSER ESCÁNER TERRESTRE PARA LEVANTAMIENTOS ARQUI- TECTÓNICOS, ARQUEOLÓ- GICOS Y GEOTÉCNICOS.

Felipe Buill Pozuelo, M<sup>a</sup> Amparo Núñez Andrés  
Dpo. de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica  
Universidad Politécnica de Cataluña.

## Resumen

La técnica de barrido láser (láser scanning) en la que se emplean sensores terrestres es relativamente nueva. Comparte con el láser escáner aerotransportado las ventajas de adquisición de cantidades masivas de puntos, con elevada precisión relativa y con gran rapidez. En el caso terrestre, la estabilidad del sensor y las cortas distancias a las que se encuentran los modelos a levantar, permiten conseguir resoluciones milimétricas de una manera más rápida que las técnicas habituales de levantamiento. Se puede estacionar el instrumento frente al objeto del levantamiento (una fachada o una cantera, por ejemplo), o bien embarcarlo en un vehículo para la adquisición de datos en varios puntos de un recorrido. Se obtiene una densa nube de puntos, no una imagen del objeto, pudiendo esta técnica complementar o sustituir a otras de imagen como la fotogrametría terrestre.

En el presente artículo se describe la técnica de Láser Escáner Terrestre (Sensores, procedimiento de adquisición de datos, procesado inmediato y postprocesado). Finalmente se presentan brevemente algunas de las pruebas o ejemplos de aplicación que se han llevado a cabo en Cataluña (España).

**Palabras clave:** Láser Escáner Terrestre, 3D láser, Fotogrametría Terrestre

## 1. Introducción

La técnica de trabajo empleando láser escáner puede asimilarse en cierta forma a la metodología de trabajo de algunos equipos fotogramétricos digitales, puesto que es un sistema de medición que no necesita contacto directo con el modelo a levantar, además se realiza una captura masiva de puntos y, a diferencia del método tradicional utilizado en topografía y en fotogrametría analítica convencional, no es posible tener en cuenta los cambios bruscos de pendiente, las líneas características o de ruptura de los elementos a representar, los vacíos de información espacial..., siendo sustituidos éstos por una nube de puntos muy densa que intenta extraer toda la información espacial del conjunto, de manera que una superficie con poco relieve tiene una separación de malla similar a la que tiene otra adyacente más quebrada. La falta de observación de las líneas características queda compensada, sin embargo, por la gran cantidad de puntos obtenidos, que pueden ser procesados posteriormente.



Figura 1: Vista de la nube de puntos de la escuela de la Sagrada Familia (Barcelona).

Desde el año 2002 se ha estado trabajando con el objetivo de analizar y valorar el sistema de barrido láser en levantamientos terrestres, por ello se han elegido diferentes lugares y situaciones, tomando desde pequeños elementos o otras estructuras de forma compleja. Entre ellos se puede mencionar los levantamientos realizados en el Templo Expiatorio de la Sagrada Familia, fachada del nacimiento, rosetones, escalera de la cripta, escuelas..., pórtico de la Catedral de Barcelona, la cara norte del acueducto de Les Ferreres, o Puente del Diablo, de Tarragona, y más recientemente la escultura Dona i Ocell de Miró y un levantamiento de la ladera del Valle de Nuria en la que se están produciendo desprendimientos que afectan a las vías de ferrocarril.

De la toma de datos en todos ellos destaca la brevedad de trabajo en campo, puesto que la toma de datos queda reducida considerablemente, así por ejemplo la fachada de la Catedral de Barcelona se levantó realizando 3 barridos en los que se invirtieron 45 minutos en campo y un tratamiento posterior en gabinete de 2 horas, para las escaleras de la Cripta de la Sagrada Familia la captura de los datos se vio reducida a un barrido que se efectuó en menos de 1 minuto, siendo la inversión de tiempo en gabinete de 1 hora.



Después de efectuar las pruebas y comprobar los resultados obtenidos, tanto en el barrido como en el procesado de la información, se puede indicar que existen factores que nos inclinan a pensar las grandes ventajas de emplear este tipo de sistemas como son: la gran rapidez en la toma de datos, que obtiene una nube de puntos tridimensional muy densa y precisa, la calidad de los puntos obtenidos para cada estación de trabajo, efectuar todo el trabajo sin necesidad de perturbar el objeto de levantamiento...pero también se plantean una serie de limitaciones sobre todo en el momento de trabajar con modelos no ajustables a primitivas sencillas definidas en los programas de tratamiento de los datos, como pueden ser cilindros, planos, esferas..., el hecho de no poder sustituir la nube de puntos por las primitivas nos obliga a trabajar con volúmenes de datos enormes que dificultan el tratamiento de los mismos, y que en la mayoría de los casos no aportan mucha más información. Otros problemas que se plantean son entre otros: la dificultad de algunas superficies a retornar la señal láser, la distancia máxima de trabajo se ve limitada (aunque esto se va solucionando por los nuevos sistemas), la imposibilidad de toma de elementos característicos no pertenecientes al mallado de forma automática.

## 2. Instrumentación y metodología

El sistema láser escáner está compuesto por un láser y un escáner (con barrido horizontal y vertical). Utiliza las propiedades del láser de producir luz monocromática, coherente, intensa y sin dispersión; y un escáner para efectuar el barrido en líneas paralelas que completen la superficie a levantar. El láser escáner mide y guarda no solo la distancia al objeto sino también el valor de la reflectancia.

La medida puede realizarse de dos modos diferentes, el conocido como "tiempo de vuelo" y los sistemas pasados en la "triangulación óptica". A continuación pasamos a exponerlos brevemente:

- Tiempo de vuelo, consiste en medir la distancia a partir del tiempo que tarda un fotodiodo en emitir y detectar una luz láser, de forma similar al proceso que utilizan los distanciómetros electrónicos. Emplean, para el cálculo de la distancia, el método de diferencia de fase, basado en la transmisión de la luz láser modulada. Permiten obtener la situación de puntos en el espacio con una precisión alrededor de 5mm para distancias de 30m, y completan el barrido de un objeto de centenas de metros cuadrados de superficie en pocos minutos, capturando millones de puntos que definen ese objeto tridimensionalmente.
- Triangulación óptica, se basa en el cálculo de las coordenadas espaciales a partir de la intersección directa (intersección de rectas) y es similar al caso estereofotogramétrico, con la diferencia de que en un extremo del sistema se sitúa el diodo emisor (láser escáner) y en otro extremo se sitúa el diodo receptor (cámara de vídeo CCD), por lo que necesita solamente una única cámara. En este caso, la rapidez del barrido depende del sensor CCD utilizado en la cámara de vídeo: lineal o superficial (frame) pudiendo llegar, como en el caso probado, a valores de pocos segundos en el barrido y captura de la información, consiguiendo resoluciones espaciales de 340.000 píxeles con precisiones estimadas alrededor de los 0,02mm para distancias de 2m.

En ambos casos, el láser escáner realiza un barrido de perfiles paralelos con una separación angular predefinida, capturando mediciones punto por punto, con una velocidad de captura de miles de puntos por segundo. Algunos modelos permiten la captura de series de mediciones para cada punto, efectuando de esta forma la media de cada una de ellas y mejorando considerablemente la medida final del punto. Las coordenadas de los puntos están referidas, inicialmente, a la posición del escáner en el momento del barrido y dependerá de la orientación y nivelación del sistema de coordenadas del láser escáner en ese momento.

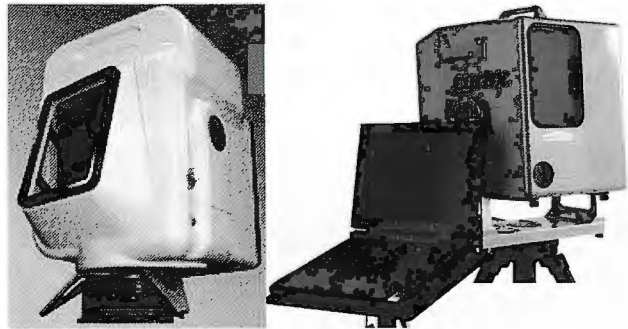
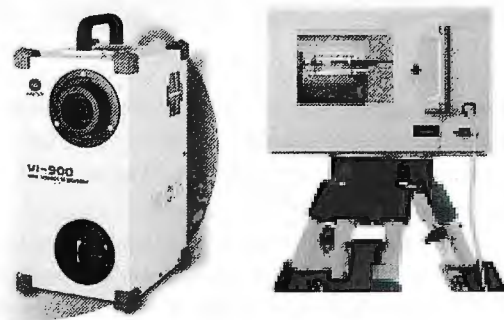


Figura 2: Láseres escáner empleados.



En función de la posición que ocupa el sensor en el momento de la toma podemos clasificar los sistemas en estáticos y cinemáticos.

En el primero de ellos la forma de toma de datos es similar a la que se realiza con un taquímetro o estación total topográfica, el sensor es estacionado sobre un trípode o directamente sobre el suelo, con la diferencia de que el barrido es automático con un mismo valor de separación angular, y que no se necesita estacionar, nivelar y orientar el aparato de captura, el láser escáner terrestre. La fusión de varias nubes de puntos, tomadas desde diferentes posiciones y/u orientaciones, se efectúa por identificación de puntos homólogos en las diversas nubes de datos, y se unen mediante transformaciones de semejanza espaciales. La orientación final del elemento se realiza mediante métodos indirectos a partir de la medida de coordenadas de diversos puntos identificables en las escenas. Los programas de cálculo de los que disponen estos sistemas permiten efectuar la correlación de puntos comunes de las diferentes nubes de puntos de forma semiautomática, así como su cálculo y fusión. De esta forma se pueden completar los vacíos dejados por elementos más cercanos al láser y que pueden ocultar información importante, como ocurre en el caso topográfico habitual.

El método cinemático presenta la ventaja de que durante la captura de datos el sistema láser escáner esta orientado

gracias a su vinculación con la combinación de sistemas GPS e inerciales. Todos estos elementos van integrados sobre una plataforma rígida sobre la que se conoce la posición de cada elemento respecto a los demás, de modo que mediante los dispositivos de comunicación adecuados se transmite la orientación obtenida mediante GPS/INS o bien dos antenas GPS al láser escáner. La sincronización se realizará mediante una entrada para las señales pps (pulso por segundo) generado por los receptores GPS y mediante las señales generadas por el láser al inicio de cada línea de escáner.

Sobre la misma plataforma la mayoría de sistemas disponen de dos cámaras de video simétricas que permiten ir captando los elementos de la vía pública, y cuya información se empleará posteriormente para dotar de texturas al modelo creado.

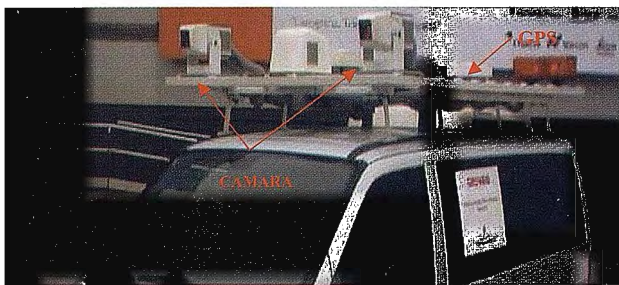


Figura 3: Sistema cinemático

Una vez realizada la toma se procede al postprocesado de la nube de puntos que permite segmentar la información, eliminar puntos utilizando variables estadísticas, clasificar los puntos por distancia (alejamiento), clasificar los puntos por reflectancia, definir primitivas para conjuntos de puntos, introducir filtros de alisamiento, etc. Con esta nube de puntos, ya depurada, se puede realizar el mallado consiguiendo una superficie del modelo tridimensional que permitirá diversos trabajos posteriores.

La posibilidad de definir primitivas tales como el plano, el cono, el cilindro, la esfera, ..., permite sustituir cantidades ingentes de puntos por superficies definidas matemáticamente que permiten aligerar procesos posteriores a la hora de trabajar con mucha información. Naturalmente, en el proceso de filtrado o generalización existe un alisamiento de superficies que hay que tener en cuenta, pero que en muchas actividades son claramente asimilables.

Las posibilidades de filtrado de la información que permite el postproceso no es la única ventaja que presenta este tipo de sistemas de captura masiva de puntos. También se pueden efectuar presentaciones de los modelos en función de la reflectancia, de la distancia a la que se encuentra el modelo del láser escáner. También se pueden capturar imágenes fotográficas digitales del elemento a levantar con la cámara fotográfica de la que suelen ir provistos, permitiendo realizar la superposición de imágenes fotográficas sobre el modelo mallado. De esta forma se consigue un modelo virtual tridimensional similar al objeto real, permitiendo tener una visión más parecida a la real. También se pueden conseguir de una manera rápida documentos métricos de elementos complejos tales como ortofotografías, al disponer del modelo tridimensional y de imágenes fotográficas.

En la siguiente tabla se recogen las características de alguno de los sistemas empleados en las aplicaciones realizadas.

LÁSER ESCÁNER	Método de Medida	Distancia máxima. Precisión	Rendimiento (puntos/seg.)	Software Recomendado
GS100 (MENSI)	Tiempo de vuelo	Hasta 100m 6mm a 50m	1000	3 Dipsos™
CYRAX 2500 (LEICA-CYRA)	Tiempo de vuelo	Hasta 100m 6mm a 50m	1000	Cyclone™
ILRIS 3D (OPTTECH)	Tiempo de vuelo	Hasta 1500m 7mm a 100m	2000	RapidForm
VI-900 (MINOLTA)	Triangulación óptica	Hasta 2,5m 0,02mm a 1 m	+100.000	RapidForm

Tabla 1: Instrumentos utilizados y características principales.

Una de las aplicaciones más importantes que se pueden efectuar con estos sistemas es la llamada ingeniería inversa, que utiliza las nubes de puntos capturadas con el escáner y herramientas informáticas como las comentadas anteriormente de sustitución de estas nubes de puntos por superficies definidas por diversas primitivas, para regenerar objetos y poder compararlos o definirlos matemáticamente. Las aplicaciones de detalle incluyen la realización de planos "as-built", control dimensional industrial, control de calidad, inventario,...

### 3. Últimos ejemplos trabajados

#### Tren cremallera de subida al Vall de Nuria

El trazado del tren cremallera de subida al Vall de Nuria ha sufrido a lo largo de su historia continuos desprendimientos, siendo los más recientes de una gran magnitud. El objetivo de este trabajo ha sido generar un modelo digital de elevaciones para la simulación de caída de rocas, así como una serie de productos derivados a partir del modelo digital y una serie de fotografías efectuadas con cámara semimétrica. Entre estos trabajos cabe destacar una serie de ortofotografías que han permitido la identificación de rasgos geomorfológicos y estructurales para el estudio y prevención en la caída de rocas, y una generación de cartografía de detalle a escala grande (1:1000).



Figura 4: Vista de la ladera y vía del ferrocarril.

La superficie a escanear fue de casi 10 hectáreas, levantándose desde varias estaciones con distancias muy variadas, desde 125 m la distancia más cercana a 1100 m la posición más alejada.

Para georeferenciar el modelo se colocó sobre el terreno una serie de puntos de control consistentes en un material de alta reflectividad y bajo peso (placas o esferas blancas de "porexpan"), de unos 0.7 metros de ancho.

En total se tomaron cerca de 2500000 puntos con un ancho



de malla variable entre los 5 y 20 cm dependiendo de la distancia de trabajo, en un tiempo total de 1 hora y media, sumando todos los tiempos parciales.



Figura 5:  
Suma de  
varios  
modelos  
escaneados.

### Dona i Ocell

A diferencia del trabajo anterior el modelo a levantar era un elemento artificial, de pequeño tamaño y a tomar a corta distancia. La dona i ocell es una escultura cerámica de Joan Miró ubicada en Barcelona, en la plaza del mismo nombre del autor dentro del parque de l'Escorxador y situada dentro de un estanque que impide la toma directa de datos sobre ella, con una altura total de 22m

En este caso se tomaron un total de seis escenas a distancias comprendidas entre los 20 y los 50 m, con un ancho de malla de pocos centímetros. La suma de modelos se efectuó con la identificación de puntos en los mallados parciales y el valor de la reflectancia de estos. El número total de puntos obtenidos sobrepasaron el medio millón.



Figura 6: Detalle de la zona a capturar de la Dona i Ocell.

En la figura 6, se puede observar la ventana de captura definida sobre la pantalla del ordenador que conectado al sistema láser escáner permite definir los parámetros para la toma de datos.

Con estos datos se pudo conseguir un modelo tridimensional con una pequeña zona de sombra inferior al 5% del total de la superficie a levantar. En la siguiente figura se puede ver el mallado creado a partir de los puntos capturados, en el que se puede apreciar como se diferencian las partes huecas de la escultura así como una zona que ha quedado sin datos.

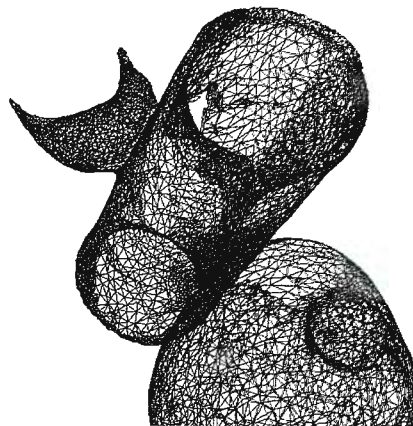


Figura 7:  
Mallado de  
la Dona i  
Ocell.

## 4. Conclusiones

La técnica del láser escáner está llamada a complementar o sustituir a otras técnicas de captura de datos.

El número de sistemas láser escáner terrestres existentes en el mercado hoy en día permite obtener gran cantidad de puntos con una calidad elevada en las mediciones sobre el objeto, pudiéndose trabajar desde muy corta distancia, pocos decímetros, a distancias de kilómetros.

Otra de las ventajas de estos sensores es la rapidez en la toma de datos, con la posibilidad de trabajar con diferentes tamaños de mallado que permite in situ comprobar si la superficie está recogida de forma efectiva. Al igual que en el caso fotogramétrico todo el trabajo se realiza sin necesidad de perturbar el objeto de levantamiento, permitiendo también efectuar levantamientos completos al sumar las diferentes capturas parciales.

De la misma forma que en los casos de captura masiva de puntos (fundamentalmente fotogramétricos terrestres) está sufriendo una evolución hacia unas técnicas de tratamiento (filtrado, primitivas...) de estos puntos, permitiendo aligerar el tamaño de los ficheros al sustituir estos datos por superficies definidas analíticamente, fundamental en algunos casos industriales y arquitectónicos.

Está modificando la forma de efectuar levantamientos tridimensionales que acabará pronto por imponerse a otras técnicas y sistemas por su calidad y rapidez.

### Referencias

- [1]. Runne, H., Niemeier, W., Kern, F., Oct-2001. Application of Laser Scanners to Determine the Geometry of Buildings, 5th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Viena.
- [2]. Ullrich, A., Reichert, R., Schwarz, R., Riegl, J., Oct-2001. Time-of-flight-based 3D imaging sensor with true-color channel for automated texturing, 5th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Viena.
- [3]. Perazio, G., Jun-2002. El Vía Crucis de Lorgues. Revista DATUM XXI, año I- nº 0, pp. 22-23, Madrid.
- [4]. Stephan, A.; Heinz, I.; Mettenleiter, M.; Härtl, F., Fröhlich, C., Dalton, G.; Hines, D., Mayo-2002. Laser Sensor for As-Built-Documentation, Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II, Berlín.
- [5]. E.Bosch, R.Alamus, A.Serra, A.Baron, J.Talaya, 2003. GeoVan: El Sistema de Cartografía terrestre móvil del ICC. 5ª Semana Geomática de Barcelona.
- [6]. Dumfarth, E., Oct-2001. Die Welt in drei Dimensionen. Vermessung mit 3-D Laserscan-Systemen. Revista GeoBIT, 10/2001, pp. 16-20.
- [7]. F.Buill, J.A.Gili, M.A.Núñez, J. Regot, J.Talaya, 2003. Aplicación del Láser Escáner Terrestre para levantamientos Arquitectónicos y Arqueológicos. 5ª Semana Geomática de Barcelona.



**¿Quiénes pueden  
hacer que las  
tecnologías más  
avanzadas hagan  
más cómodo  
mi trabajo día a día?**





# TECNOLOGÍA & PROFESIONALES

Hacer que nuestros clientes aumenten la calidad y productividad de su trabajo ha sido y es la constante meta que nos ha hecho crecer desde 1998. Hoy estamos mas cerca, con más profesionales y podemos ofrecerle una gama más completa de soluciones que cubran las necesidades del día a día de su empresa.

Pónganos a prueba,  
hacemos más fácil su trabajo.



Santiago&Cintra Ibérica S.A.

Tel: 902 120 870 [www.santiagoecintra.es](http://www.santiagoecintra.es)



# Aplicación de las matemáticas en el primer enlace geodésico entre Europa y África

Verdú Vázquez, Amparo - Dra Ingeniera en Geodesia y Cartografía - Universidad Alfonso X el Sabio.

Almazán Gárate, José Luís - Dr Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos - Universidad Politécnica de Madrid.

Primo Lara, Salvador - Ingeniero en Geodesia y Cartografía - Universidad Alfonso X el Sabio.

---

## Resumen

La figura que más se acerca a la verdadera forma de la tierra es el Geoide, pero su expresión matemática es muy compleja.

Por tanto, para poder hacer mediciones sobre ella debe ser sustituida por diversas superficies de referencia más sencillas (planos, esferas, elipsoides...).

Ha sido la Geofísica, a través de la modelización matemática y a partir de diversas reducciones, la que ha permitido a la Geodesia pasar de una superficie a otra. La figura más aproximada a la forma real de la Tierra y matemáticamente sencilla de representar es el elipsoide de revolución. A lo largo de la historia han sido muchos los elipsoides adoptados, según se adaptasen a las necesidades locales de cada nación. Está siendo la universalización del uso del GPS la razón por la que se tiende a usar un único elipsoide de referencia: el WGS-84 (World Geodetic System), admitido como el que mejor se adapta con carácter general al globo terráqueo. Como aplicación práctica de todo esto se ha analizado el enlace hispano-argelino realizado en 1879, con métodos modernos de cálculo.

El resultado de este trabajo pone de manifiesto la alta calidad del enlace original.

### Palabras clave:

Azimut, Elipsoide, Geodesia, Geoide, Reducciones

### Abstract:

The figure that gets closer to the real shape of the Earth is the Geoid, but its mathematical expression is very complex.

Therefore, to be able to measure on Earth it has to be replaced by several easier reference surfaces (plain surfaces, spheres, ellipsoids...).

It has been Geophysics, through the mathematical modeling and from several reductions, that has enabled Geodesy to move from one surface to another.

The closest figure to the Earth's real shape and mathematically easier to represent is the revolution ellipsoid. Throughout History there have been many adopted ellipsoids, depending on the local needs of each nation. It is the world-spread of the use of the GPS that has produced the trend of using only one reference ellipsoid: the WGS-84 (World Geodetic System), accepted as the one that generally suits best with the Globe.

As a practical application of all that the link between Spain and Algeria, carried out in 1879, has been analysed by modern calculation methods.

The result of this work shows the high quality of the original link.

### Keywords:

Azimuth, Ellipsoid, Geodesy, Geoid, Reduction

## 1. Introducción

La Geodesia, según Helmert en su libro *Mathematical and Physical Theory of Geodesy*, (1880), es la ciencia encargada de medir y representar la forma de la Tierra. Ésta sumi nistra con sus resultados de mediciones y cálculos,

la referencia geométrica para las demás ciencias que estudian la dinámica del planeta y los factores que influyen sobre él. La Geodesia, dividida entre la Geodesia Física y la Geodesia Matemática, trata de determinar y representar la figura de la Tierra en términos globales.

La Geodesia siempre ha estado vinculada a la ingeniería civil. Este vínculo cobra aún más importancia cuando se trata de comunicar territorios entre continentes vecinos, como es el caso de la Península Ibérica y el Norte de África.

La oportunidad del presente trabajo viene dada por el interés actual en el enlace fijo Europa-África a través del Estrecho de Gibraltar, que se viene estudiando desde hace tiempo, con un gran interés por parte de los gobiernos de España y Marruecos y por gran parte de la comunidad científica internacional.

El interés de la zona resulta indudable, tanto desde el punto de vista oceanográfico, como geográfico, histórico y político, y la intención de establecer un enlace fijo, carretero o ferroviario, en túnel o puente, justifica la necesidad de enlazar ambos márgenes con la mayor precisión posible.

La Geodesia española ha demostrado a lo largo de la historia el altísimo nivel al que se encuentra desde el siglo XIX. Este hecho se ha podido verificar a partir del análisis de las diferentes campañas llevadas a cabo por equipos españoles desde el primer enlace hispano-argelino, realizado el 1879 por el general Ibáñez de Ibero, hasta nuestros días.

Teniendo como punto de referencia el hito histórico y técnico del enlace hispano-argelino, se hace necesario el estudio de las técnicas de observación astronómico-geodésicas clásicas y su evolución y desarrollo a lo largo del tiempo, para finalmente desembocar en las técnicas espaciales. Todas estas técnicas se basan en desarrollos matemáticos, más o menos complejos según el ámbito de trabajo y/o precisiones requeridas.

Como constatación de los resultados obtenidos en la campaña geodésica de 1879, se ha hecho un recálculo empleando las observaciones originales y métodos actuales de cálculo, introduciendo además las correcciones que por entonces no se consideraban. El resultado del recálculo no hace sino poner de manifiesto la alta calidad del enlace original.

## 2. Determinación del geoide

El geoide es un esferoide tridimensional que constituye una superficie equipotencial imaginaria resultante de suponer la superficie de los océanos en reposo y prolongada por debajo de los continentes y que sería la superficie de



equilibrio de las masas oceánicas sometidas a la acción gravitatoria y a la de la fuerza centrífuga ocasionada por la rotación y traslación del planeta; de manera que la dirección de la gravedad es perpendicular en todos los lugares. Al ser su expresión matemática sumamente complicada, se prescindió del geode como superficie de referencia y se tomó otra más asequible al cálculo. La obtención de una superficie de referencia, con una definición matemática sencilla que permita efectuar cálculos, es imprescindible para poder realizar la proyección de los puntos del relieve terrestre sobre la misma y permitir la elaboración de mapas y planos. El geode no puede ser la superficie de referencia adoptada, pues, como hemos dicho, es muy compleja e irregular. Se toma entonces la hipótesis de escoger un elipsoide de revolución que se adapte en lo posible al geode y que se define por unos parámetros matemáticos, denominándose Elipsoide de referencia.

La elección del elipsoide es más que justificada, por razones de sencillez en su definición matemática y porque se ajusta con aproximación de primer orden al geode.

Gauss reconoció en 1828, al igual que había hecho antes Laplace (1802) y haría después Bessel (1837) que el modelo elipsoidal no es válido si se pretende obtener una gran exactitud. Es decir, que no se podía seguir ignorando la desviación de la vertical física, materializada por el instrumental, y la vertical definida por el sistema elipsoidal. Lo que se traduce en la necesidad de considerar otra superficie que se ajuste mejor a la forma real de la Tierra.

A pesar de ello, los primeros trabajos y redes geodésicas ajustados por mínimos cuadrados (Legendre 1806, Gauss 1803-1807,...) trataban las desviaciones de la vertical como errores aleatorios y no como sistemáticos. Esta práctica termina formalmente con la definición de Geodesia y presentación del geode que lleva a cabo Helmert en 1880.

La determinación del geode sería a partir de entonces y hasta mediados del siglo XX, el objetivo principal de la geodesia. Su determinación permanece como un problema esencial de la geodesia, e incluso actualmente, su importancia se ha visto de nuevo incrementada debido a técnicas GPS y al empleo de sistemas de referencia globales tridimensionales.

A continuación mostramos las reducciones que afectan a las observaciones geodésicas para posteriormente calcularlas con los datos originales.

### 3. Reducción de observaciones al elipsoide

Se denomina reducción al conjunto de operaciones necesarias para referir las observaciones, magnitudes medidas en un sistema de referencia astronómico local, a la superficie de referencia escogida, generalmente un elipsoide de revolución. Sobre dicha superficie se realizan los cálculos que permiten determinar, a partir de observaciones geodésicas, coordenadas sobre el elipsoide.

Es importante tener en cuenta que las reducciones deben estar de acuerdo con la precisión de las magnitudes medidas y éstas, a su vez, con la precisión final buscada en el trabajo. En muchos casos, la magnitud de las correcciones a efectuar en el proceso de reducción es muy pequeña, lo que puede inducir a no considerar su aplicación. Sin embargo, la acumulación de los errores sistemáticos debidos a los efectos de no reducir las observaciones, mezclados con los errores aleatorios propios de toda medición, difi-

culta el tratamiento aleatorio de éstos y puede conducir, en grandes redes a distorsiones de difícil control.

Las magnitudes susceptibles de ser medidas y reducidas a la superficie del elipsoide en los trabajos de geodesia terrestre son:

- Coordenadas absolutas
- Distancias
- Azimutes
- Ángulos

En la reducción de observaciones hay dos clases de efectos a tener en cuenta:

- Los efectos geométricos, debidos a la particular geometría del elipsoide de revolución
- La influencia del campo gravitatorio terrestre en las mediciones. Los teodolitos materializan la normal a la superficie equipotencial y no la normal al elipsoide.

La reducción, debido a la geometría del elipsoide y a la naturaleza del campo gravitatorio, es función de las coordenadas geodésicas de los puntos. Es decir, para efectuar correctamente la reducción de observaciones sería necesario conocer las coordenadas de los puntos. Pero, para conocer las coordenadas geodésicas es necesario calcularlas a partir de las observaciones reducidas, lo cual nos conduce a un proceso de reducción iterativo. Sin embargo, en la práctica, al ser las correcciones muy pequeñas, la primera iteración, realizada a partir de coordenadas aproximadas de los puntos, suele ser lo suficientemente precisa.

#### 3.1. Reducción de coordenadas

A través de una observación astronómica se conoce la latitud astronómica ( $\Phi$ ), la longitud astronómica ( $\Lambda$ ) y mediante nivelación geodésica, la altitud respecto al geode ( $H$ ).

Asumiendo que el semieje menor del elipsoide de referencia es paralelo al eje medio de rotación terrestre, se obtiene la siguiente figura. El punto N es el polo norte del elipsoide de referencia.

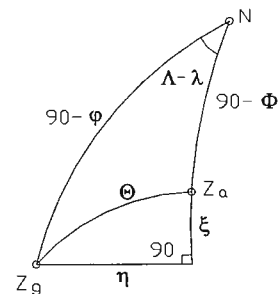


FIGURA 1. Relación entre coordenadas geodésicas y astronómicas

Siendo  $Z_g$  = cenit geodésico y  $Z_a$  = cenit astronómico

A partir de la figura, por trigonometría esférica se relacionan los diferentes lados:

$$\cos(90 - \varphi) = \cos[90 - (\Phi - \xi)] \cos \eta + \sin[90 - (\Phi - \xi)] \sin \eta \cos 90$$

$$\text{sen} = \text{sen}(\Phi - \xi) \cos \eta$$

y mediante el teorema del seno:

$$\frac{\text{sen} \eta}{\text{sen}(\Lambda - \lambda)} = \frac{\text{sen}(90 - \varphi)}{\text{sen} 90}$$

$$\text{sen} \eta = \text{sen}(\Lambda - \lambda) \cos \varphi$$

considerando:

$$\cos \eta \approx 1 \quad \sin \eta \approx \eta \quad \sin (\Lambda - \lambda) \approx \Lambda - \lambda$$

se obtiene:

$$\xi = \Phi - \varphi \quad \eta = (\Lambda - \lambda) \cos \varphi$$

Por tanto, conocidas las componentes de la desviación de la vertical, las coordenadas geodésicas vendrán dadas por:

$$\varphi = \Phi - \xi \quad \lambda = \Lambda - \eta \sec \Phi \quad h = H + N$$

siendo:

$\xi$  = componente de la desviación de la vertical en la dirección del meridiano

$\eta$  = componente de la desviación de la vertical en la dirección del paralelo

N = ondulación del geode

### 3.2. Reducción de distancias

#### Reducción de la distancia geométrica a la cuerda

En Geodesia, se tienen diferentes distancias dependiendo del horizonte sobre el que se efectúe la reducción. Se toma, como primera aproximación a la distancia reducida, la longitud de la cuerda que une la proyección sobre el elipsoide de los dos puntos considerados.

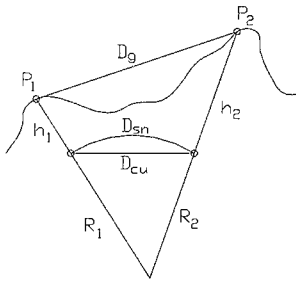


FIGURA 2. Reducción de distancias al elipsoide

La expresión para reducir la distancia geométrica a la cuerda es:

$$D_{CU} = \sqrt{\frac{D_g^2 - (h_j - h_i)^2}{\left(1 + \frac{h_j}{R_m}\right) \left(1 + \frac{h_i}{R_m}\right)}} \quad R_m = \frac{1}{2}(R_i + R_j)$$

$$R_i = \frac{\rho_i v_i}{\rho_i \sin^2 \alpha_{ij} + v_i \cos^2 \alpha_{ij}}$$

Para reducir distancias al elipsoide es necesario conocer las altitudes sobre el elipsoide en los extremos de la medición. Generalmente se dispondrá de las altitudes ortométricas, es decir sobre el geode, siendo necesario conocer las ondulaciones del geode. Conocidas la altitud ortométrica y la ondulación del geode se determina la altitud sobre el elipsoide.

$$h_i = H_i + N_i$$

El empleo de altitudes ortométricas en vez de altitudes sobre el elipsoide conduce a errores en escala dependientes de la magnitud de la ondulación del geode. En la península ibérica la ondulación del geode respecto al elipsoide de Hayford es de aproximadamente -20 m. En tal

caso, el hecho de no considerar la ondulación del geode supone unas 3 ppm.

#### Reducción de la cuerda al arco

La distancia calculada en el apartado anterior es la cuerda que une la proyección de los puntos extremos sobre el elipsoide. Para determinar el arco es necesario efectuar la reducción de la cuerda al arco. Se obtiene así la longitud de la sección normal, dada por la expresión:

$$D_{SN} = 2 R_m \arcsen \left( \frac{D_{CU}}{2 R_m} \right)$$

La longitud de la sección normal, calculada mediante las expresiones anteriores es equivalente, con la suficiente aproximación, a la longitud de la línea geodésica.

### 3.3. Reducción de azimutes y de ángulos

Las correcciones que han de efectuarse a un acimut observado son las siguientes:

- Por desviación de la vertical
- Por la altitud del punto de observación
- Por la altitud del punto visado
- Por el paso de la sección normal a la línea geodésica

#### Corrección por desviación de la vertical

Los azimutes astronómicos, observados sobre la superficie terrestre, están referidos a la vertical astronómica, que depende del campo gravitatorio. Para efectuar cálculos sobre el elipsoide debe estar referido a la vertical geodésica. La corrección debida al efecto del campo gravitatorio sobre un acimut observado viene dado por la ecuación completa de Laplace:

$$C_1 + C_2 = -\eta_i \operatorname{tg} \varphi_i - (\xi_i \operatorname{sen} \alpha_{ij} - \eta_i \operatorname{cos} \alpha_{ij}) \cot g \beta_{ij}$$

siendo:

$\xi_i$  = componente de la desviación de la vertical en la dirección del meridiano

$\eta_i$  = componente de la desviación de la vertical en la dirección del paralelo

$\varphi_i$  = latitud geodésica del punto i

$\alpha_{ij}$  = acimut geodésico entre los puntos i y j

$\beta_{ij}$  = ángulo cenital entre los puntos i y j

Si el ángulo cenital está próximo a 100° esta reducción es prácticamente despreciable, pero en observaciones con mucha pendiente, es la responsable de que los cierres en los grandes triángulos geodésicos alcancen valores de hasta 10" y 15".

#### Corrección por altura del punto de estación

La reducción anterior corregía la desviación de la vertical en el geode. La línea de la plomada es perpendicular a todas las superficies equipotenciales que atraviesa. Al no ser éstas paralelas, la altitud del punto de observación sobre el geode se traducirá en un diferencial de desviación de la vertical.

Esta corrección es mucho menor que la anterior y se suele despreciar.

#### Corrección por altura del punto visado

Suponiendo que ya ha sido corregida la desviación relativa de la vertical, el plano formado por la normal al elipsoide en el punto de estación y el punto visado generalmente no coincidirá con el plano formado por dicha normal y la pro-



yección del punto visado. Esto es debido a que las normales de  $P_1$  y  $P_2$  no se cortan, excepto cuando estén en el mismo meridiano o en el mismo paralelo. Las secciones normales correspondientes a punto estación-punto visado y punto estación-proyección del punto visado, formarán un ángulo que debe ser corregido. Esta corrección, proporcional a la altura del punto visado y a la torsión geodésica, viene dada por:

$$C_3 = \frac{h_j}{2\rho_m} e^2 \cos^2 \varphi_m \operatorname{sen} 2\alpha_{ij}$$

siendo:

$$\varphi_m = \frac{1}{2}(\varphi_i + \varphi_j)$$

$$\rho_m = \frac{1}{2}(\rho_i + \rho_j)$$

Esta corrección, en el elipsoide de Hayford, empieza a suponer décimas de segundo cuando se observa a altitudes superiores a mil metros.

#### Corrección por paso de la sección normal a la línea geodésica

Las secciones normales directa y recíproca entre dos puntos generalmente no coincidirán. Es decir, existe una sección directa y una recíproca. Esto, como es sabido, se solventa introduciendo el concepto de línea geodésica.

Se define línea geodésica como el camino mínimo que cumple una cierta imposición física. En el caso de la geometría elipsoidal, geodésica es la mínima distancia que une dos puntos a través de la superficie del elipsoide de revolución.

Se demuestra que la línea geodésica triseca al ángulo formado por las secciones normales recíprocas. La corrección para pasar del acimut de la sección normal al acimut de la línea geodésica viene dada por:

$$C_4 = \frac{e^2 s^2}{12 v_m^2} \cos^2 \varphi_m \operatorname{sen} 2\alpha_{ij}$$

siendo:

$$\varphi_m = \frac{1}{2}(\varphi_i + \varphi_j) \quad v_m = \frac{1}{2}(v_i + v_j)$$

Esta corrección supone milésimas de segundo para distancias de 50 km y comienza a suponer alguna décima a partir de 200 km.

#### 4. Recálculo del enlace hispano-argelino

En el enlace de Ibáñez de Ibero se observó una red geodésica formada por 4 vértices, Tetica y Mulhacén en España y M<sup>o</sup>Sabiha y Filhaoussen en Argelia. La figura resultante es un cuadrilátero simple con 2 diagonales, que constituye la configuración más adecuada, debiendo ser usada si es posible con preferencia a cualquier otra.

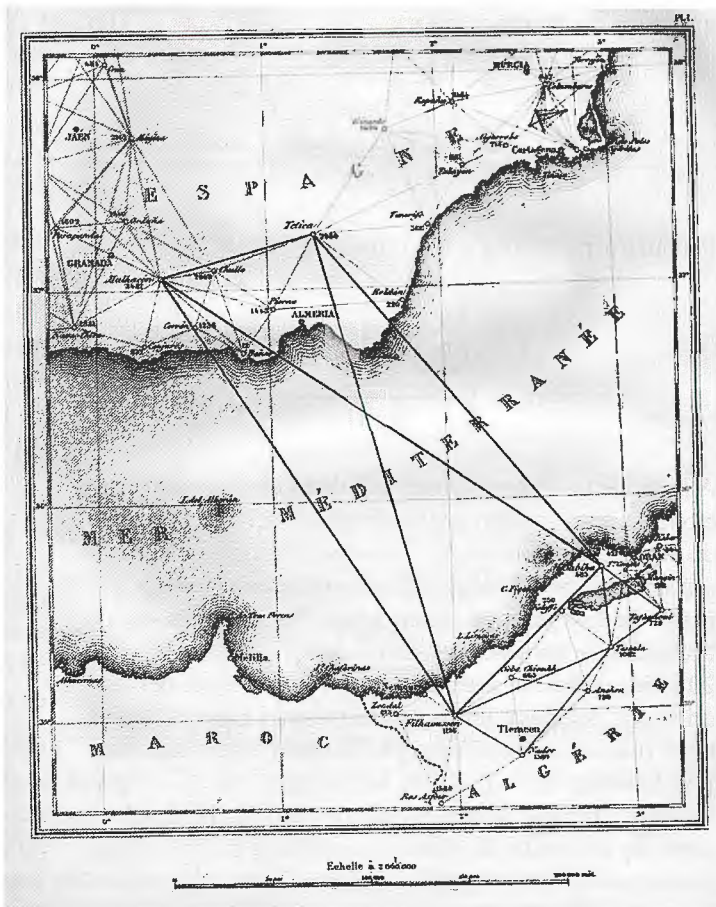


FIGURA 3. Plano General del enlace

Se define por:

$A = 4$  vértices

$Q = 12$  direcciones

$r = Q - 3A + 4 = 4$  ecuaciones de condición

$K = \frac{Q-r}{Q} = 0,67$  consistencia conjunta

Al efectuar la compensación por mínimos cuadrados de un cuadrilátero con 2 diagonales se obtienen 3 ecuaciones de ángulo y 1 de lado.

El método de observación empleado fue el de vuelta de horizonte, que consiste en tomar un vértice como referencia, y con el instrumento en Círculo Directo, efectuar lectura al resto de vértices que componen la vuelta, por orden de situación en el horizonte, hasta visar de nuevo al de referencia, efectuando una nueva lectura. La diferencia entre las lecturas final e inicial al vértice de referencia constituye el error de cierre de la vuelta de horizonte. Este error depende del instrumento empleado, de las condiciones de observación y del tiempo empleado en leer la vuelta. Para un teodolito de segundo debe ser menor de  $5-10''$ . A continuación se efectúa vuelta de campana y se observa en Círculo Inverso y en sentido contrario, obteniendo un nuevo error de cierre. Con esto concluiría la primera fase. El valor angular definitivo será el promedio de las  $n$  series efectuadas:

$$\omega_m = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i}{n}$$

y su error medio cuadrático:

$$e.m.c. = \sigma_{\omega_m} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \omega_m)^2}{n(n-1)}}$$

Para una serie el error medio cuadrático es:

$$e.m.c. = \sigma_{\omega} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \omega_m)^2}{(n-1)}} = \sigma_{\omega_m} \sqrt{n}$$

A partir de las observaciones angulares de las cuatro estaciones se hizo una compensación de la vuelta de horizonte de direcciones observadas. Las observaciones se agruparon en función de su peso. Se consideraron los pesos a partir de los vértices observados. Por ejemplo, desde Mulhacén se midieron 69 series, de las cuales solamente 20 series pudieron observar a los otros 3 vértices del cuadrilátero, 18 series a Tetica y Filhaoussen, ya que M'Sabiha no se visaba, 6 series a Tetica y M'Sabiha y 25 a Filhaoussen y M'Sabiha.

Se obtuvieron por tanto 4 grupos de peso 20, 18, 6 y 25, a partir de los cuales se planteó un sistema de ecuaciones ponderado en función de las observaciones.

La resolución del sistema por mínimos cuadrados da como resultado los valores que sirven para obtener las direcciones más probables.

En la actualidad, se ha procedido a una compensación diferente. Como en cada punto se observan tres direcciones a otros tantos vértices, y por tanto, se tienen tres ángulos observados (ab, bc y ac, supuesto éste el mayor) que deben cumplir la condición  $ab+bc-ac=0$  y, como cada uno ha sido observado un número de veces diferente, sus medias tienen una desviación estándar propia que sirve para asignar el peso adecuado a cada uno de los tres. Así se han obtenido nuevos valores para las direcciones compensadas que difieren de los del cálculo original.

Además en el enlace hispano argelino, solamente aplicaron el tercio de exceso esférico como corrección a cada ángulo del triángulo. El resto de correcciones que hemos tenido en cuenta en la actualidad (*corrección por altura del punto visado* ( $C_3$ ), *corrección por paso de la sección normal a la línea geodésica* ( $C_4$ ) y *corrección por desviación de la vertical* ( $C_2$ )) no se calcularon en su día por desconocimiento en profundidad del geode<sup>1</sup>

Las correcciones calculadas en la actualidad difieren de las calculadas en origen, lo que lógicamente afecta al resultado final. No así a la precisión, ya que estas correcciones resultan valores tan bajos que, aunque es interesante tenerlas en cuenta, el resultado final es prácticamente invariable, demostrando que la precisión obtenida en el enlace original fue de muy alto grado.

<sup>1</sup> Es de remarcar que el enlace hispano-argelino fue realizado en 1879, poco tiempo antes de la presentación oficial del geode, por Helmert en 1880.

## 5. Conclusiones

Las coordenadas resultantes de ambos cálculos no nos sirven para poder hacer un análisis comparativo, ya que en el enlace original se trabajó con el elipsoide de Bessel,

y en el cálculo actual se ha empleado el WGS-84.

Por tanto, interesa un cierto análisis en relación con la solución de cálculo primitivo, que podemos hacer a través de las longitudes de los lados y diagonales del cuadrilátero, que se resumen en el siguiente cuadro.

Distancias	Ajuste actual	Ajuste 1879	dif	ppm
M-T	<b>82827.20</b>	<b>82827.20</b>	0.00	
M-M'S	269846.35	269847.24	-0.89	-3.30
M-F	269925.76	269926.93	-1.17	-4.34
T-M'S	225711.46	225712.49	-1.03	-4.55
T-F	257410.91	257412.28	-1.37	-5.31
M'S-F	<b>105178.56</b>	105179.35	-0.79	-7.55

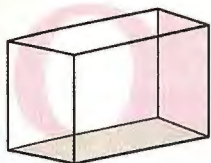
De su observación se puede concluir que las diferencias en relación con el ajuste original, que son del orden de un metro, se hallan dentro de los errores relativos, por lo que cabe decir que es una solución aceptable, aunque la actual tiene un grado de libertad 7 (superior) que induce a pensar en una solución mejor para los datos adquiridos en 1879 en una operación audaz y ejemplar.

Concluimos por tanto que la Geodesia, tanto clásica como espacial, tiene la misma base matemática que la de hace más de un siglo, pero ha sido sin duda el avance de la informática y de los métodos de cálculo numérico lo que permite actualmente rápidos cálculos bajo diversas hipótesis, que han fomentado el desarrollo del manejo de datos en tiempo real, como muestra más clara el actual auge de los sistemas GPS.

## Referencias Bibliográficas

- Bomford, G (1971): Geodesy. At the Clarendon Press. Oxford
- García-Asenjo Villamayor, Luis. (2002): Apuntes de Geodesia. Editorial UPV. Valencia
- General Ibáñez; Coronel Perrier (1883): «Enlace Geodésico y Astronómico de la Argelia con España» en Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico. Tomo VII. Instituto Geográfico y Estadístico, Madrid
- Heiskanen, W; Moritz, H. (1985): Geodesia Física. Instituto Geográfico y Nacional. Instituto de Astronomía y Geodesia, Madrid
- Martín Asín, Fernando (1990): Geodesia y cartografía matemática. Editorial Paraninfo. Madrid
- Ruiz Morales, Mario; Ruiz Bustos, Mónica (1999): Artículo «La medición de la tierra entre Pitágoras y la era espacial» Mapping interactivo. Julio 1999
- Ruiz Morales, Mario; Ruiz Bustos, Mónica (2000): Forma y dimensiones de la tierra. Síntesis y evolución histórica. Ediciones del Serbal. Barcelona
- Torge, W. (1993): Geodesia. Editorial Diana. Mexico
- Vanicek, Petr; Krakiwsky, Edward (1986): Geodesy: The Concepts. University of New Brunswick. Canadá
- Verdú Vázquez, A (2006): Artículo: «El Primer enlace geodésico entre Europa y África» MAPPING. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Número 111. Julio 2006.
- Zakatov. P. (1981): Curso Superior de Geodesia Superior. Editorial Mir. URSS

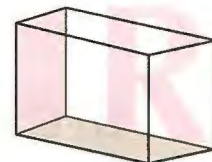




# ORSEÑOR, S.L.

ORGANIZACIÓN DE SERVICIOS NORTE

TOPOGRAFÍA



ALQUILER • REPARACIÓN • VENTA, NUEVOS Y USADOS

Estimados señores:

Al objeto de mejorar la atención y servicio a nuestros clientes y consolidar nuestra presencia en la zona, nos complace anunciarles que el Grupo ORSEÑOR abre nueva delegación en Galicia con oficinas en Santiago de Compostela y Ferrol.

Al Grupo ORSEÑOR le avala una larga trayectoria de más de 15 años, reconocida experiencia y una sólida formación en el campo de la ingeniería civil y topografía. Disponemos de los mejores y más avanzados instrumentos y material topográfico de prestigiosas marcas del mercado y un servicio de alta calidad en reparación y calibración, además de una amplia oferta de parque de alquileres.

Estamos a su disposición en nuestras oficinas de:

## SANTIAGO DE COMPOSTELA

Rúa de Belgrado, 6-1º B

CP 15707

Tf.: 981-575255

Fax: 981-575335

e-mail: [orsenor-galicia@orsenor.com](mailto:orsenor-galicia@orsenor.com)

Web: [www.orsenor.com](http://www.orsenor.com)

## FERROL

Rúa Real 39-41 -1º A

CP 15402

Tf.: 981-350603

En la seguridad que esta cercanía servirá para un mejor entendimiento entre nuestras empresas, nos reiteramos en el ofrecimiento de nuestros productos y servicios para lo que no duden en solicitarnos la información que precisen.

José Muñoz Delgado

Director General

Grupo ORSEÑOR

Ricardo García-Borregón Millán

Delegado Zona Norte

Grupo ORSEÑOR

**THALES**  
NAVIGATION

**Leica**  
Geosystems

**TOPCON**

**CST/berger**

**SOUTH**

PRADILLO, 26 • Telf. 91 416 74 54 / 91 415 66 04 • FAX 91 415 63 04 • 28002 MADRID

E- mail: [orsenor@orsenor.com](mailto:orsenor@orsenor.com) • [www.orsenor.com](http://www.orsenor.com)

# Breves apuntes sobre la cartografía topográfica en España, desde el siglo XVI al XVIII.



Mario Ruiz Morales

Ingeniero Geógrafo del Estado - Profesor de la Universidad de Granada

## Resumen

La apretada síntesis que aquí se presenta se detiene únicamente en aquellos supuestos apoyados bien en observaciones astronómicas de campo o bien en levantamientos topográficos con una cierta fiabilidad, de ahí el título elegido para la misma. Al conocido ejemplo del renombrado Atlas del Escorial, generalmente atribuido a Esquivel, se añaden otros mucho menos divulgados, en los que el protagonista principal fue P. Texeira. Asimismo se da cuenta de las interesantes aportaciones cartográficas debidas a los Ingenieros militares, formados en la Academia de Matemáticas de Barcelona, con especial incidencia en las imágenes de los cascos y fortalezas urbanas. Mención aparte merece el llamado Mapa de los Jesuitas y los frustrados proyectos de Jorge Juan para lograr un Mapa de España con apoyo geodésico. El artículo finaliza con la reseña de la creación del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, brillante antecesor de los actuales Ingenieros Geógrafos del Estado.

## INTRODUCCION

Durante el reinado de Felipe II, y de sus dos sucesores, tienen lugar en España acontecimientos cartográficos de singular importancia por haberse apoyado todos ellos en el todavía novedoso método de la triangulación, los principales protagonistas fueron Pedro Esquivel y los portugueses Joao Baptista Labanha (1555-1624) y Pedro Texeira Albernaz (1595-1662). Esquivel recibió el encargo real de confeccionar un Mapa de España, atendiendo a su condición de catedrático de Matemáticas en la Universidad de Alcalá de Henares, aunque pesara también el hecho de que fuese capellán de Felipe II. Al parecer construyó sus propios instrumentos y llegó a medir, durante los trabajos una base en la provincia de Guadalajara, además de realizar observaciones astronómicas para calcular la latitud y longitud de los lugares más sobresalientes. Algunos eruditos, como Gonzalo Reparaz Rodríguez (1860-1939), sostienen que el llamado Atlas del Escorial es la imagen cartográfica de aquellos; una colección de 20 hojas a una escala aproximada de 1/430000 en las que predomina la información planimétrica sobre la altimétrica.

Tampoco hay constancia de los cuadernos con las observaciones de campo, creyendo que se destruyeron en el incendio del Escorial (1671), si bien el cartógrafo Rodolfo Núñez de la Cuevas asegura que coinciden con los encontrados en 1993 en la Kungliga Biblioteket de Estocolmo, en donde debieron ser depositados por Gabriel Sparwenfeldt en 1690. Labanha fue llamado por el rey Felipe II para formar parte de la Academia de Matemáticas, que acababa de fundar en el año 1582, donde debería impartir clases de Cosmografía, Geografía y Topografía. El cosmógrafo portugués dejó provisionalmente su puesto en 1607 para realizar el Mapa de Aragón, que le habían encargado sus diputados, empleando también la triangulación para localizar trigonometri-camente algunos puntos del terreno. El mapa sorprendentemente fiable para su tiempo, se compuso de 6 hojas a escala de 1/280000 y se representó el relieve mediante perfiles abatidos. Esa representación del reino de Aragón fue conocida también en el resto de Europa, a tenor de sus reediciones holandesas realizadas por Hendrick Hondius (1633-1641) y por Jean Blaeu (1662-1672). En los dos casos se redujo sustancialmente, casi a la mitad, el formato original de 118cm x 91cm, se suprimió información cartográfica y se cambió la orientación para colocar el Oeste en la parte superior. Hondius llegó incluso a apropiarse de la dedicatoria que había efectuado el cosmógrafo portugués a los diputados aragoneses, conservando el nombre del autor solo en el título del mapa; la dedicatoria ya dejó de figurar en la versión más simplificada que hizo Blaeu. Labanha gozó de un gran prestigio en la España de su tiempo, prueba evidente de ello fue el soneto que le dedicó Lope de Vega, uno de sus alumnos más distinguidos, en el que lo refiere como su Maestro.



El Mapa de situación del Atlas del Escorial, en él figuran las hojas de que se compone. Realmente la nº 21 no aparece numerada, al igual que la zona del Cabo de Gata.

Distribucion de hojas en el atlas del escorial



El poema, titulado Maestro mío, ved si ha sido engaño, parece que debió ser escrito alrededor del año 1586 y tiene un claro contenido astronómico, tal como se desprende de su lectura:







Es muy probable que por iniciativa de Labanha se trasladase a España su compatriota y discípulo Texeira, cuya obra más conocida es un magnífico plano de Madrid (1656), a escala de 1/1600, que consta de 20 hojas<sup>4</sup>. Tal imagen perspectiva tiene tres características fundamentales, a saber: buena planimetría, desigual toponimia y un marcado realismo en la representación altimétrica del entorno inmediato al casco urbano. Sin embargo a él se debió también otra obra de mayor calado cartográfico "Descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos", realizada por encargo del rey Felipe IV. Los necesarios trabajos de campo dieron comienzo en la provincia de Guipúzcoa durante el año 1622 y debieron ultimarse hacia el año 1630, a tenor de lo que se indica en un manuscrito, que se conserva en el Museo Británico, centrado en la descripción geográfica e histórica del territorio representado. Por desgracia las imágenes cartográficas asociadas se dieron por perdidas hasta que el hispanista P. Högberg las citara, aunque fuese parcialmente, en el año 1916. En su artículo publicado en la "Revue Hispanique" describió el manuscrito "Compendium Geographicum" conservado en la Universidad de Upsala, un atlas debido a Texeira que el propio autor dedicó al marqués de Leganés en torno al año 1660. La colección consta de ocho mapas: uno del mundo, otro de la Península Ibérica y el resto de los litorales cántabro y gallego. Tanto esos mapas como las descripciones que los acompañan fueron editados recientemente, en forma facsímil, con el título: Pedro Texeira, Compendium Geographicum, como conmemoración del XIX Congreso Internacional de Historia de la Cartografía celebrado en Madrid durante el año 2001. La obra lleva un interesante estudio previo firmado por R. Alvargonzález Rodríguez, quien a propósito del Mapa de la Península afirma "que puede ser el resultado de los trabajos de la Comisión del Mapa de España presidida en la década de 1620 por Labaña, en la que Texeira se integró recién llegado a Madrid reclamado por su maestro y mentor; y en la que por fuerza, a la muerte de Labaña en 1624, debió adquirir un obligado protagonismo".

de un volumen de 173 páginas, ilustrado primorosamente con un total de 116 mapas de gran formato (35.2cm x 44.4 cm), tanto de España como del resto del mundo. De todos ellos merecen destacarse los mapas regionales de la península: 16 de Andalucía, 5 de Castilla, 7 de Cataluña, 19 de Galicia, 11 de Guipúzcoa, 9 de León, 2 de Murcia, 21 de Portugal, 5 de Valencia y 5 de Vizcaya. El volumen ha sido recientemente (2002) reeditado a todo color, también en forma facsímil, por sus descubridores, con el siguiente título "El Atlas del rey Planeta: la Descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos de Pedro de Texeira (1634)". De esa forma quedaron al descubierto todos los mapas de Texeira, dedicados en esta ocasión al rey Felipe IV ("al católico y muy poderoso rey Don Felipe III nuestro señor", en palabras del cartógrafo portugués).



Granada y su litoral según P. Texeira. El escudo presidía el Mapa del Reino.



Detalle de los alrededores de Madrid y Mapa de Asturias, según Pedro Texeira.

La obra cartográfica de Texeira que representa con todo lujo de detalles el litoral español y las vistas perspectivas de sus principales ciudades marcó un hito fundamental en la historia de la cartografía topográfica de España, que no se vio superado durante los cien años siguientes. Concretamente hasta que apareció en primer lugar el mapa de los jesuitas Martínez y del Valle, y después la serie de cartas náuticas levantadas por V. Tofiño; a ambos ejemplos se hará referencia un poco más adelante.

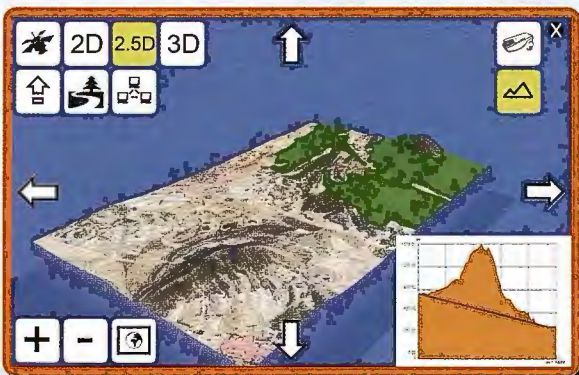
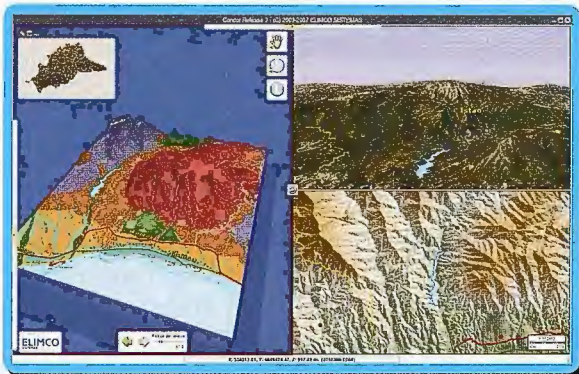
Inmediatamente después de la formación del atlas anterior se asiste a un prolongado paréntesis en el que los criterios geodésicos no afectan a la producción cartográfica, aunque unos años antes (1625) hubieran fundado los jesuitas el Colegio Imperial<sup>6</sup> de Madrid, integrándose en el mismo la Academia de Felipe II tras más de cuarenta años de

Del resto de los mapas no se tenían noticias hasta que fueron descubiertas accidentalmente, durante las navidades del año 2000, en la Biblioteca Nacional de Viena. Los autores del hallazgo fueron los profesores españoles Felipe Pereda y Fernando Marías, mientras que efectuaban otras investigaciones relacionadas con la historia del arte. La serie cartográfica que descubrieron era parte esencial



# CONDOR

**La suite cartográfica que  
añade valor a su negocio**



**Análisis del territorio  
Medio Ambiente  
Divulgación turística  
Servidores de cartografía  
Geoportales  
Gestión de efectivos de emergencia  
Entornos virtuales  
Geomárketing**

**CARTOGRAFÍA - SIG - EADMINISTRACIÓN - SISTEMAS DE CONTROL - AERONÁUTICA - SIMULACIÓN**

actividad. Los mapas de Labanha y Texeira, las enseñanzas de la citada Academia y las posteriores impartidas en el Colegio Imperial fueron las mejores contribuciones de España a la ciencia del siglo XVII, aportaciones que se vieron drásticamente limitadas por la influencia del aislamiento religioso propio de la intransigente ortodoxia. El inicio de la cosmografía en la España del siglo XVIII coincidió con la llegada a España de Jacob Kresa (1645-1715), un profesor austriaco que simultaneó sus enseñanzas en el referido Colegio, en donde parece que sucedió al celebrado J. Zaragoza, con otras en la provincia de Cádiz. En el año 1725 se incorporó a esa institución el Seminario de Nobless, lográndose así una mayor proyección social del Colegio, que continuó incrementándose en los años venideros.

4 Esa imagen de Madrid es de sobra conocida por haber sido reeditado, a la misma escala, en el año 1881 por el Instituto Geográfico y Estadístico. En el año 1919 el mismo Centro realizó otra reedición aunque en esta ocasión su formato fuera más reducido.

5 Este rey era también conocido como el rey planeta en los textos de la época, habida cuenta de su conocida afición a los temas geográficos y cosmográficos.

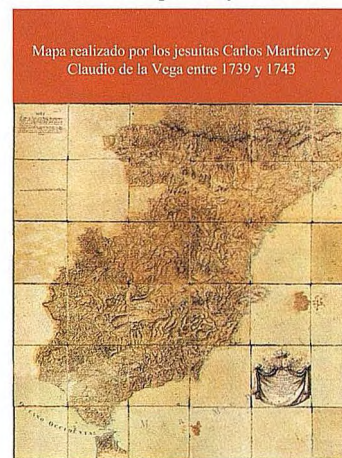
6 La creación del Colegio Imperial de los jesuitas obedeció al deseo expreso de María de Austria, hija de Carlos V, que así mandó que quedase dispuesto en su testamento. La emperatriz dejó parte de su fortuna al Colegio de la Compañía para que procediesen a la construcción de una nueva sede, favoreciendo así su importante misión; también fue deseo suyo que el nuevo edificio pasara a llamarse Colegio Imperial. Sin embargo la institución inició su andadura con múltiples problemas legales ocasionados por las continuas demandas planteadas por los sucesores de la que fue su principal benefactora. El Colegio Imperial es sin duda el centro científico más sobresaliente del siglo XVII en España.

7 Algunos autores ven en José de Zaragoza y Vilanova a uno de los predecesores de Newton que quizás compartiera con él la tesis de Copérnico, aunque en secreto dada su condición de jesuita. En el año 1675 publicó una obra sobre la Esfera terrestre y celeste. Zaragoza compatibilizó su puesto de Catedrático de Matemáticas del Colegio Imperial con el de maestro de matemáticas del rey.

8 El Seminario se incorporó al Colegio Imperial por decreto del Rey Felipe V, firmado el 21 de septiembre del año 1725.

En efecto, la reputación del Colegio Imperial en el mundo científico se vio pronto consolidada pues, entre los años 1739 y 1743, sus profesores Carlos Martínez (1710-1774) y Claudio de la Vega y Terán (1680-1748) realizaron un monumental Mapa de España, animados por el marqués de la Ensenada y respaldados por el rey Felipe V. El mapa se realizó de acuerdo con algunos levantamientos topográficos, aunque fueran rudimentarios, incluyendo en su cartela un elocuente título "Exposición de las operaciones geométricas hechas por orden del rey N. S. Felipe V en todas las Audiencias Reales situadas entre los límites de Francia y Portugal, para acertar a formar un mapa exacto y circunstancial de toda España". El mapa es una de las joyas cartográficas que valida los fondos documentales de la Real Sociedad Geográfica, si bien se encuentra depositado en la Cartoteca de la Biblioteca Nacional. Consta de 36 hojas de 35cm x 37 cm, lo que da lugar a un formato monumental de 2.2m x 2.3 m, su escala gráfica equivale a una numérica aproximada de 1/440000. Aunque no esté representado todo el territorio peninsular, falta la región del N. W., puede afirmarse que su toponimia es sensible-

mente correcta, estando rotulada en negro al contrario que las imágenes de las poblaciones que figuran en rojo. Este mapa realizado por los jesuitas tiene el mérito añadido de haber sido el primero de España en que se trata de romper con la tradición milenaria de los perfiles abatidos a la hora de representar el relieve, logrando una sorprendente plasticidad mediante el empleo de un sombreado con tres colores: gris, siena y verde. Si bien falta todavía el estudio completo que deseó realizar F. Vázquez Maure, y que no pudo llevar a cabo por fallecer el mismo año en hizo el anuncio, ha de subrayarse el importante esfuerzo de síntesis que llevó a cabo R. Núñez de las Cuevas, cuando lo comentó con su habitual brillantez en el libro *Tesoros de la Cartografía Española* (Biblioteca Nacional de España) editado en Madrid, aprovechando la celebración del Congreso Internacional de Cartografía ya citado.



El buen ejemplo de cartografía topográfica global de los jesuitas fue contemporáneo de otros complementarios más localistas debidos a los Ingenieros Militares que se venían formando en la Academia de Matemáticas de Barcelona, la cual había sido fundada por Felipe V en el año 1711 atendiendo la sugerencia de Jorge Próspero de Verboom (1667-1744), quien había sido nombrado Ingeniero general el año anterior. El ingeniero flamenco, director de la Academia desde 1716, supervisó el plan de estudios instaurado en ella cuatro años después, en el que se contemplaba la enseñanza de la trigonometría, la topografía, así como el estudio de la magnitud y figura de la Tierra, como lección extraordinaria. Las clases se impartieron en la Academia de la ciudad condal hasta el año 1803. Como es de suponer, la producción cartográfica de esos ingenieros estuvo orientada, y hasta mediatizada desde la creación del Cuerpo<sup>10</sup>, a la obtención de unas imágenes territoriales con fiabilidad geométrica suficiente para garantizar el éxito de las necesidades militares que sucesivamente se iban planteando; de entre toda ella cabe destacar los planos topográficos de numerosas ciudadelas, con un colorido y una exactitud dignos de la mejor escuela, los cuales deberían ser referencia obligada para todos los estudiosos de la cartografía urbana. Sin embargo he seleccionado otra menos localista relacionada con el frustrado proyecto de trasvase de aguas<sup>11</sup> desde los Ríos Castril y Guardal, en la cuenca del Guadalquivir, hasta el puerto de Cartagena. El mapa aparece firmado en el año 1721 por Isidro Próspero de Verboom, hijo del fundador del Cuerpo, y aclara en su extenso título los fines a los que estaba destinado. La escala de la representación es del orden de 1/105000, teniendo un formato





## la solución más sencilla



Sadim

grupohunosa

Sadim Sociedad Asturiana de Diversificación Minera S.A.

C/ Jaime Alberti, 2 · 33900 Ciaño Langreo. Asturias (España)

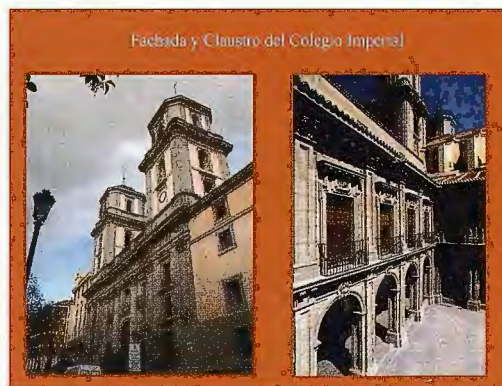
Tlfn.: (+34) 985 678 350 · Fax: (+34) 985 682 664



comercial@sadim.es [www.sadim.es](http://www.sadim.es)



de 60cm x 109cm, y una aceptable imagen del relieve mediante sombreado. También es destacable el simulado parcelario que incluye, además de los cascos urbanos y otros detalles planimétricos, localizados con los topónimos correspondientes. Su colorido es igualmente notorio, ya que se emplearon lavados en carmín, gris, siena y verde.



El prestigio del que gozaba el Colegio Imperial por aquellos años fue solo un anticipo del que se conseguiría en el año 1750 con la llegada del checo Jean Wendlingen (1715-1790) para ocupar la cátedra de Matemáticas, aunque enseñase también Topografía y Cosmografía. Nueve años después fue nombrado ya Maestro de Matemáticas de Carlos IV (entonces Príncipe de Asturias) y de las infantas. Sus conocimientos, que lo hicieron acreedor al título de Cosmógrafo Mayor del Rey en el Consejo de Indias, quedaron demostrados con diversas obras, escritas durante su estancia en Madrid, entre las que caben destacarse las siguientes: "Elementos de la Aritmética y Geometría Práctica. Madrid (1753-1756). Cuatro tomos" y "Explicación y uso de la meridiana. Madrid. 1756". Esa última da las claves del encargo que recibió para proyectar y dirigir la construcción de la meridiana solar que, desde 1755, adorna el piso de uno de los salones del Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial. El aprecio que debió sentir la familia real por este jesuita debió ser grande, pues siguió percibiendo sus emolumentos aún después de haber sido expulsada la Compañía<sup>12</sup>. Tras su salida de España Wendlingen dirigió en Praga el Museo de Matemáticas, entre los años 1768 y 1770.

9 El primero en citar este mapa fue el insigne Isidoro de Astillón (1778-1814) que lo situaba en la biblioteca del Duque del Infantado. Más tarde el cartógrafo francés Gabriel Marcel (1843-1909) solicitó información sobre ese particular al jesuita Fidel Fita (1835-1918), el cual le aseguró que ambos autores fueron profesores de gramática "lo que no impedía que se dedicasen a estudios subalternos en el tiempo que no les absorbía el cumplimiento oficial de su cargo". Marcel no compartía la opinión de Fita, llegando a manifestar que de ninguna manera deberían de considerarse subalternos los levantamientos que condujeron a "una carte infiniment précieuse"; al final desconfiaba de que los jesuitas fuesen verdaderamente los autores del mapa. Aunque sea a título de curiosidad, se hace saber que Marcel fue asesor científico de Julio Verne, de hecho su célebre novela "les Révoltes de Bounty" está basada en un escrito previo de aquel.

10 En las Ordenanzas del año 1718 ocupaba lugar destacado el cometido cartográfico de los ingenieros, concretándose de tal manera que podrían ser consideradas como una especie de pliego de condiciones.

11 La idea del trasvase coincide con el proyecto del Canal de Huescar (Granada) del año 1537, una obra que llegó a ejecutarse en algunos tramos. Tras múltiples intentos se decidió suspenderlo definitivamente en el año 1960.

12 El día 2 de abril de 1767 se pregonó en Madrid la "Pragmática sanción", en la que se ordenaba el extrañamiento de los religiosos de la Compañía y la ocupación de sus "Temporalidades". Hasta el 12 de agosto de 1768 no se promulgó la Real Cédula de Carlos III, un extracto de cuyo contenido se añade a continuación "por la qual mando se extingan en todas las Universidades y Estudios de estos mis Reynos las Cátedras de la Escuela llamada Jesuítica, y que no se usse de los Autores de ella para la enseñanza"

13 Días antes, Ulloa y Jorge Juan observaron también un eclipse de Luna (28.6.1748). Una operación que repetiría J. Wendlingen el 30 de julio de 1758, presentando la comunicación correspondiente ante la Royal Society de Londres.

La expulsión de la Compañía de Jesús no trajo consigo la suspensión de las enseñanzas en el Colegio Imperial, ya



# Cartografía de Calidad

Empresa certificada a la  
calidad NOR ISO 9002



Avda. Hytasa, 38, Edificio Toledo, 1-4º  
41006 SEVILLA  
Tels.: 95 465 57 76 - 95 465 51 27 - Fax: 95 465 57 76  
E-mail: [invar@invarsl.com](mailto:invar@invarsl.com)  
[www.invarsl.com](http://www.invarsl.com)



que el Rey Carlos III dispuso que se hicieran cargo de ellas diferentes miembros de su Consejo. En el mismo año 1768 se seguían impartiendo, en sus estudios mayores, clases de "Mathematicas sobre la Esphera" y Matemáticas sobre Geometría", según se desprende del informe presentado por Pedro de Avila al ministro asturiano Pedro Rodríguez Campomanes. El propio Rey se encargó de restablecer de manera oficial, y con toda solemnidad, los Reales Estudios de Madrid. La dirección del Seminario de Nobles se vio igualmente afectada por la expulsión, asignándosele el rey al mariscal de campo Eugenio Alvarado, el cual la ocupó entre 1767 y 1770. Seis años después se elaboró un nuevo Plan de Estudios en el que figuraba todavía la enseñanza de la astronomía, una actividad que se consideraba relevante pues incluso se trajeron instrumentos de Inglaterra para poder realizar, desde el Observatorio, las observaciones correspondientes. Alvarado fue sustituido por Jorge Juan, quien desempeñó formalmente su cometido hasta septiembre de 1774, aunque desde comienzos de 1772 le estuviera sustituyendo el capellán mayor del colegio.

Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) fue el profesor más universal que tuvo aquella institución, no en vano había contribuido con su participación decisiva, al igual que su compañero Antonio de Ulloa y de la Torre-Guiral (1716-1785), al éxito de la expedición científica que comprobó en el Virreinato del Perú la validez del modelo elipsoidal propuesto por Isaac Newton (1642-1727). Los dos son indudablemente los geodestas más sobresalientes de la ciencia española en el Siglo de las Luces, recibiendo toda clase honores cuando regresaron a la metrópoli; así debe de entenderse, por ejemplo, la doble pertenencia del primero a la Real Sociedad de Londres y a la Academia de Ciencias de París. Tras la llegada de ambos a Madrid, durante el primer semestre del año 1746, informaron puntualmente de su viaje al ministro Ensenada, quien de inmediato pasó a ser el principal valedor de ambos personajes.



Conocedor Jorge Juan de las directrices geodésicas que propuso Jean Picard, como fundamento imprescindible de la cartografía topográfica, decidió llevar a cabo algo parecido en España ya que contaba con el decidido apoyo del ministro ya mencionado; dos fueron los proyectos que redactó para conseguir sus objetivos. Del primero de ellos se conserva un manuscrito de sesenta y siete páginas, depositado en la Real Academia de la Historia, estructurado en tres bloques: Geografía, Hidrografía y Astronomía. En el documento se aborda, con todo lujo de detalles, un

proyecto cartográfico verdaderamente innovador, pues su pretensión no era otra que la obtención de un Mapa de España riguroso y apoyado por lo tanto en una red geodésica centrada en su correspondiente base. El desarrollo del proyecto da cuenta de toda la casuística de la observación, recogiendo el tipo de información geográfica que debería ser captada. Aunque no se sabe la fecha en que se presentó al gobierno si se conoce su extenso título: «Instrucciones de lo que se ha de observar por las compañías de geógrafos, hidrógrafos y astrónomos en la formación de los mapas generales de España, Cartas marítimas de todas las costas de la Península, averiguaciones concernientes a la historia natural, antigüedades y otras noticias de España, y del régimen que han de guardar en estas operaciones para la mayor perfección de esta vasta e importante empresa».

Lamentablemente no hay constancia documental alguna de los levantamientos de prácticas que se realizaron en la provincia de Toledo, y menos aún de los trabajos análogos efectuados por Geógrafos e Hidrógrafos o de las múltiples observaciones que tenían encomendadas los Astrónomos. Todo indica que Jorge Juan se debió apoyar en el manuscrito anterior para redactar el otro proyecto que presentó a Ensenada y que es más conocido por haber sido publicado en las Memorias del Depósito Hidrográfico, concretamente en las del año 1809, aunque fuera presentado al ministro en 1751. Si bien se mantuvieron ahora gran parte de las consideraciones técnicas del primer proyecto es obvio que se generalizan y se concretan hasta el punto de fijar el tiempo previsto para su ejecución. El fundamento geodésico del proyecto "Método de levantar y dirigir el mapa o plano general de España, con reflexiones de las dificultades que pueden ofrecerse: por Don Jorge Juan, Capitán de Navío de la Real Armada", es ahora como antes la medida de una base en el centro del reino, aunque en este caso su desarrollo sería mucho menor, del orden de dos o tres leguas. La configuración de la red triangular, a partir de tal base, si ofrece una incomprensible novedad con relación a lo previsto en el manuscrito; alejándose de las firmes directrices francesas, defensoras a ultranza de la necesidad de que las cadenas de triángulos discurren sensiblemente a lo largo de los meridianos y paralelos, cuando proyectó lo siguiente: "La base medida se levantarán de ella ocho series de triángulos, que vayan por los ocho rumbos de la aguja hasta los extremos del reino". Sin embargo los dos proyectos cartográficos más emblemáticos en la España del siglo XVIII solo fueron intentos frustrados por las intrigas políticas que trajeron consigo la caída de Ensenada en el verano del año 1754.

Obligatoriamente ha de citarse la posibilidad de que Antonio de Ulloa colaborase con su amigo Jorge Juan en la redacción de las Memorias de ambos proyectos, máxime cuando su relación siguió viva tras su regreso de América. Concretamente, ocho años antes del cese del ministro, participaron conjuntamente, bajo la coordinación del primero, en la observación del eclipse anular de Sol ocurrido el día 14 de julio de 1748. Se trata esta de una colaboración muy poco divulgada aunque Ulloa la presentase ante la Royal Society, apareciendo después en sus célebres Philosophical Transactions con el nombre de "Observatio Eclipsis Solaris Julii 28, 1748. Madrita Habita a Domino



# ingesis

En distribución de material topográfico abarcamos desde venta y alquiler de equipos hasta un servicio postventa muy efectivo. El equipo técnico de INGESIS está formado por personal cualificado para atender cualquier consulta o duda que pueda surgirle al cliente.

Al ser usuarios de los productos ofertados estamos habituados a encontrarlos con todo tipo de situaciones, ofreciendo al cliente no solo una formación sino también nuestra experiencia.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO PARA ANDALUCÍA

**Leica** when it has to be **right**  
**Geosystems**

**Autodesk**® diseña herramientas especializadas y las acerca a sus clientes a través de sus distribuidores autorizados para ofrecerles una atención personalizada.

INGESIS como distribuidor autorizado está cerca de sus clientes para atender sus necesidades y darle el soporte necesario en el momento adecuado.



## GPS 1200

SMARTOVER

TOTALMENTE COMPATIBLE CON LA RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO

## GPS 900

CON PRECISIÓN CENTIMÉTRICA A UN PRECIO EXCEPCIONAL

### CÓRDOBA

Periodista Antonio Rodríguez Mesa\_L.10\_14010

957 752 392

957 751 388

### MÁLAGA

Iván Paulov, 8\_bloque 1\_oficina 1\_29590

Parque Tecnológico de Andalucía

952 020 240

952 020 171

[ingesis@ingesis.net](mailto:ingesis@ingesis.net)

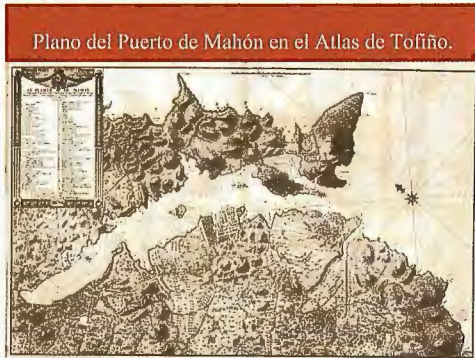
[www.ingesis.net](http://www.ingesis.net)

GPS | ESTACIONES TOTALES | CONTROL DE MAQUINARIA | NIVELES Y ACCESORIOS | LASER





Antonio de Ulloa S. S. R: ". La importancia histórica de esa observación radica además en que la comunicación correspondiente fuese iluminada con un dibujo en el que aparecían las manchas solares vislumbradas a todo lo largo de la observación<sup>13</sup>.



No puedo terminar esta apretada síntesis cartográfica sin expresar mi convencimiento de que los proyectos anteriores sirvieron a Vicente Tofiño San Miguel (1732-1795), en lo relativo a la Hidrografía, para preparar las instrucciones que, a modo de manual, debieron emplearse cuando se reconocieron exhaustivamente los litorales de la Península Ibérica. Tofiño diseñó cadenas triangulares conformadas a lo largo de las costas, midiendo varias bases con exactitud y completando las observaciones angulares con otras astronómicas, a modo de comprobación, para calcular la latitud y longitud de puntos característicos del terreno. De ese modo se realizaron todos los trabajos de campo entre 1784 y 1787, siendo su expresión gráfica el celebrado "Atlas marítimo de España, islas Azores y adyacentes, una imagen tan fiable que ya puede considerarse como la primera en la que finalmente se aplicaron criterios modernos. Tampoco debería resultar sorprendente la influencia de Jorge Juan sobre los proyectos fallidos presentados por los marinos Espinosa y Galiano, dos colaboradores de Tofiño, al primer ministro Godoy para levantar un Mapa de España.

A Jorge Juan y a Antonio de Ulloa se debe asimismo la propuesta efectuada a Ensenada para que se trasladase a París Tomás López, asegurando más tarde el propio interesado que fue allí para aprender a levantar un Mapa de España. Tomás López intervendría decisivamente años después para que Godoy crease el efímero Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos en el año 1796. Las ordenanzas correspondientes las firmó el rey Carlos IV en agosto de ese mismo año, figurando en su introducción la necesidad de formar la "Carta Geométrica del Reyno". Cuatro años después ya se realizaron los primeros levantamientos en Cataluña y Galicia, aunque tampoco se conserven documentos que los acrediten. El Cuerpo quedó suprimido por una Real Orden del gobierno fechada el 31 de agosto de 1804, atendiendo la propuesta realizada en el mes de mayo del mismo año por el abate Salvador Jiménez Coronado el otro principal defensor de los Ingenieros Cosmógrafos.

Las ideas cartográficas de Jorge Juan y de Antonio de Ulloa tardarían casi cien años en hacerse realidad. El 23 de noviembre de 1840 aparece un Decreto acometiendo definitivamente el Mapa de España, en el año 1856 se crea la Comisión de Estadística del Reino en cuya Sección de Territorio se integró la Carta Geográfica de España, en el mes de junio de 1859 se promulgó la ley llamada de Medición

del territorio. Por último, el 12 de setiembre de 1870 se fundó el Instituto Geográfico, responsable directo del Mapa Topográfico Nacional, el paradigma más señalado de la cartografía geodésica de España.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvargonzález Rodríguez R. Pedro Texeira, Compendium Geographicum. Edita el autor, la Universidad de Uppsala y el Museo Naval. Madrid. 2001.
- Capel H. Geografía y Matemática en la España del siglo XVIII. Ediciones Oikos-tau. Barcelona. 1982.
- Capel H., Sánchez J. E., O. Moncada. De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII. Ed. Serbal & CSIC. Barcelona. 1988.
- Núñez de las Cuevas R. Tesoros de la Cartografía Española. Caja Duero y Biblioteca Nacional. Madrid. 2001.
- Pereda F., F. Marías (eds). El atlas del rey Planeta: la Descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos de Pedro de Texeira (1634). Editorial Nerea. Guipúzcoa. 2002.
- Ruiz Morales M. Nociones de Topografía y Fotogrametría Aérea. Universidad de Granada. Granada. 2003.
- Ruiz Morales M., M. Ruiz Bustos. Forma y Dimensiones de la Tierra, síntesis y evolución histórica. Ediciones del Serbal. Barcelona. 2000.
- Jorge Juan y sus proyectos para un Mapa de España. Universidad de Granada. Granada. 2005.
- Simón Díaz J. Historia del Colegio Imperial. Instituto de Estudios Madrileños. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. (Tomo I .1952. Tomo II.1959)
- Vázquez Maure F. Cartografía de la Península, Siglos XVI a XVIII. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid. 1982.
- Vicente Maroto M. I., M. Esteban Piñeiro. Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro. Junta de Castilla y León. Salamanca. 1991.



# NUEVA FOTOGRAMETRIA AEREA DE OBJETO PROXIMO



Marcos Lopez Sanchez  
CARTOGALICIA

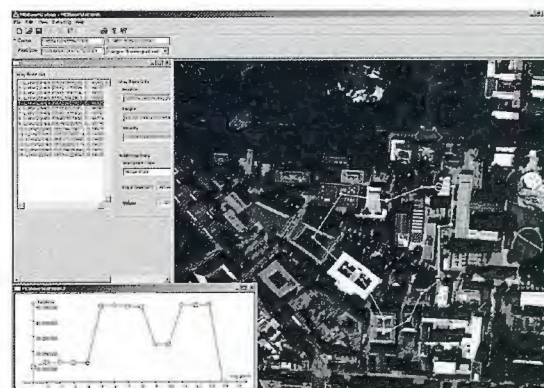
Cuando en la escuela de ingenieros técnicos topografos comenzamos el estudio de la fotogrametría nos empiezan contando todo un rosario de aberraciones: la esférica, la cromática, la cromática lateral, el coma, el astigmatismo, la curvatura de campo y la distorsión curvilínea y eso que hasta ahora solo nos han hablado del objetivo de la cámara después siguen con las condiciones de planicidad de la película, la emulsión etc etc todas estas instrucciones están bien formuladas por nuestros queridos docentes pero de alguna forma nos hace pensar (por lo menos a mí) que la única forma para elaborar cartografía por métodos fotogrametricos es utilizando costosísimas cámaras métricas que palien tanto error inherente al sistema y que a su vez estas cámaras debe de ir montadas también en costosas avionetas mas o menos equipadas. Y la verdad es que la fotogrametría clásica es el mejor método para elaborar cartografía de una forma masiva y precisa hasta escalas 1/500. Pero ¿por que nos hemos olvidado que la técnica de la fotogrametría tiene muchos más campos posibles?. Nuevos campos donde no importa tanto al calidad de la cámara sino conocer sus parámetros de calibración, donde las limitaciones métricas se van a superar también limitando las distancias de la cámara al objeto que se quiere cartografiar, estos campos que históricamente han sido cubiertos por la topografía clásica hoy se empiezan abrir a nuevas formas de hacer fotogrametría Este pequeño artículo pretende animar sobre todo a estudiantes que con sus mentes más inquietas que habitualmente somos los empresarios que buscamos retornos rápidos de nuestras iniciativas amplíen las aplicaciones de esta ciencia. Y por si sirve de ayuda esta es mi experiencia en esta área que de una forma discontinuada he tenido en los últimos 16 años.

Nada mas terminar tercero de topografía mi primera idea de proyecto fue hacer un estudio del alcance de la fotogrametría aérea elaborada con ultraligeros y cámaras semimétricas, idea descartada rápidamente por suponer a un estudiante con recursos limitados un elevado coste. Superadas estas limitaciones economías y persistiendo la inquietud de saber el resultado de ese proyecto no iniciado, continuo buscando formar economías de elaborar cartografía por métodos fotogrametricos para ello descartando la idea original de ultraligero esta vez por problemas logísticos y de prohibiciones de volar en zonas urbanas y sustituyéndolo por un zeppelin cautivo de 6 metros al que anexamos un robot de fabricación casera y cámaras replex digital, si bien todo funcionaba correctamente este vehiculo también se descarta por el coste del helio ya que el zeppelin necesita ser recargado todos los días y también por la dificultad de mover un remolque de 6 metros. El siguiente desarrollo consiste fabricar y acoplar otro robot esta vez a

una helicóptero de aeromodelismo, en este caso nos encontramos con tres dificultades: primero la gran destreza necesaria para manejar el helicóptero, segundo, no somos capaces de minimizar hasta niveles aceptables la vibraciones provocadas por los rotores y tercero se hacen necesario dos personas para operar, una controlando el helicóptero y otra controlando la cámara. Para descansar de tanto fracaso dejamos pasar un par de años hasta que nos encontramos el vehiculo ideal donde quedan resuelto la prohibiciones del ultraligero, los coste y movilidad de zeppelin, y las vibraciones, dificultad de manejo y la necesidad de un segundo operario estamos hablando de cuatrimotor md4-2 de microdrones.



Un (UAV) vehiculo no tripulado verdadero compendio tecnológico equipado con giroscopios, estabilizadores, sistemas inerciales, GPS, controladores de altitud ... que es capaz de volar hasta 500 mts de altitud, emitiendo solo 60 db a 3 metros y que nos va ha permitir una vez elaborado un plan de vuelo a partir bien de una herramienta software residente en Google Earth o bien mediante un programa básico de elaboración de proyecto de vuelo, volcar las coordenadas obtenidas para cada disparo de la cámara, volando y disparando de una forma totalmente automáticamente sin la necesidad de la intervención de un operario.



Volcado de datos del Google earth





Programa gestión proyecto de vuelo

En cualquier caso podemos elegir la modalidad de vuelo manual (1/2 día de training) seleccionado donde quiero en cada momento hacer las fotografías, para lo cual contamos con inestimable ayuda de la estación base que realizara la labor de nuestro controlador de vuelo personal controlando los parámetros del vuelo como la altitud, velocidad del vuelo, coordenadas GPS, precisión en el posicionamiento, autonomía y advirtiéndonos también del empeoramiento de condiciones meteorológicas advertencias que juntos con los anteriores datos nos los hace la estación base en un audio en castellano mientras nosotros visualizamos en una gafas de realidad virtual todo lo que esta viendo en tiempo real el cuatro-motor preocupándonos solo de donde quiero realizar la fotografía

Por ultimo este cuatro-motor esta dotado de sistema de aterrizaje automático, quiere decir esto que en caso de emergencia el solo decidirá como y cuando aterrizar.

Si bien este artículo tiene como objeto hablar de nuevas formas de realizar fotogrametría es interesante destacar otro tipo de usos del microdrones

Estos son algunos:

- fotografía oblicua
- policia
- militar
- bomberos
- inspección
- vigilancia
- periodismo
- arqueología
- seguimiento de obras
- topografía y cartografía

Resuelto ya nuestro vehiculo pasamos a la selección de una cámara compacta, esta debe de tener resoluciones al menos de 10Mpixel con una focal fija. Al partir de la base de minimizar la importación de la calidad métrica de la cámara, debemos eso si proceder a la calibración, introduciendo en nuestro software de ortorectificación los parámetros de dicha calibración. La selección de dicho software se hace en base a criterios económicos, fácil

manejo y de pocos requisitos en hardware, eligiendo así el PI-3000 de Topcon.

Y esta son nuestra conclusiones:

- El training total entre Microdrones, software de calibración y PI-3000 es de solo 1 o 2 días.
- Que se obtienen para determinadas alturas precisiones iguales a las de un levantamiento topográfico realizado por topografía clásica.
- Que se accede a una serie de trabajos inabordables por topografía clásica bien ya sea por criterio económico, inaccesibilidad o de tiempo.
- No sustituye para nada a la fotogrametría aérea convencional pero si la complementa.
- Esto es solo el comienzo ya que existen en desarrollo nuevos modelos de microdrones con mayor capacidad de carga, que nos permitirán montar cámaras métricas de resoluciones de hasta 40 megapixeles, pudiendo así abordar vuelos más altos.

### Primera experiencia

El Consorcio de Santiago de Compostela crea un taller para la conservación y mantenimiento del empedrado de las calles del casco viejo de Santiago (65.000 m<sup>2</sup> de calles) proyecto supervisado y dirigido por los arquitectos Ángel Panero y Juan Coira. La primera acción es crear un SIG como trabajo previo a las actuaciones posteriores. Para este SIG se necesita elaborar una base documental cartográfica que refleje todo el despiece del enlosado de las calles así como los servicios afectados. Antes de la elección del sistema adoptado para la elaboración de esta cartografía, se delimita un pequeña zona piloto para hacer las primeras pruebas por topografía clásica obteniendo una densidad tal de puntos que hace inviable esta metodología tanto por criterios económico como por problemas de plazos por lo cual el consorcio opta por realizar otra nueva prueba utilizando esta vez ortofotos elaborados a partir de microdrones, cámaras compactas calibradas, y el software de ortorectificación PI3000

Tomamos la misma zona piloto, se realizar la primera prueba con este nuevo sistema, prueba no exenta de una gran expectación creada en los viandantes por ver algo que flota literalmente en el aire sin emitir ningún tipo de ruido. Se realiza las primeras tomas automáticas introduciendo las coordenadas gps de la cámara así como la altura de vuelo (en este caso 20 metros, distancia limite para poder apreciar las justas del empedrado) una vez realiza el apoyo fotogrametrico, se ortorectifica los pares, obteniendo un documento de precisión escala 1/100, con lo cual concluimos que con este método conseguimos las mismas precisiones que por topografía clásica eso si con mayores rendimiento y también con mayor información ya que se incorpora al SIG una documentación fotografía que nos muestra el estado de cada la piedra

Al cierre de esta edición de Mapping salvado la constatación de las precisiones conseguidas no podemos hacer una explosión mas detallada de los aspecto puramente técnicos por estar en la fase inicial de este proyecto por lo cual estos serán expuestos en posteriores ediciones de esta publicación.



# "Aguas de Mataró: la gestión responsable del agua como recurso escaso"



AGUAS DE MATARÓ, SA, es una sociedad municipal y órgano de gestión directa del Ayuntamiento de Mataró, para la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable, y de recogida, evacuación y depuración de aguas residuales. Gestiona también el Laboratorio Municipal y una red de distribución de energía térmica. En la actualidad tiene 56.000 abonados, dispone de una plantilla de 83 trabajadores para dar servicio a la población de Mataró que cuenta con 125.000 habitantes aproximadamente y factura 11 millones de euros al año. Aguas de Mataró tiene como objetivo principal ofrecer la máxima calidad de servicio a un precio competitivo, a la vez que obtener la autofinanciación suficiente gracias a un sistema de mejora constante de la gestión.

El ayuntamiento de Mataró pertenece a CONGIAC, entidad pública de base asociativa y carácter local, que agrupa a varios ayuntamientos implicados muy directamente en el ciclo integral del agua y medioambiente a través de sus empresas municipales.

## Reto

La compañía dedicada a la gestión de la Red de Aguas y la Red de Alcantarillado de la ciudad de Mataró, ha experimentado un

importante incremento del número de abonados en poco tiempo. En este marco, se planteó la necesidad de ampliar y gestionar las redes de agua a través de análisis y estudios cartográficos para ser más eficientes y lograr su objetivo de ofrecer la mejor relación calidad/precio a los clientes actuales y a los potenciales. Aguas de Mataró desde su constitución operaba de forma manual, realizaba dibujos a mano alzada y diseñaba así la estructura y elementos existentes de la red de aguas de la población. Posteriormente utilizó el software AutoCAD para diseñar y dibujar la red de aguas, así a través de sencillas líneas estructuraba y gestionaba la red. Los análisis los hacía de forma visual estudiando los datos que tenían sobre papel. La solución resultaba insuficiente y la compañía decidió actualizar los planos de sus instalaciones y e inventariar la red de aguas, ampliando la información disponible, añadiendo datos, notas, referencias y detalles a los elementos existentes en los planos de la red. El objetivo era colocar la información dentro de la red, unir imágenes o elementos gráficos con las bases de datos que poseían para poder realizar consultas temáticas, conocer el estatus de las tuberías de las calles, saber el número exacto de válvulas existentes en un determinado barrio, entre muchos otros tipos de cuestiones, consultas y estudios.



# La Técnica

## TOPOGRAFÍA



ALQUILER ■

VENTA ■

CALIBRACIÓN - REPARACIÓN ■

GABINETE TOPOGRÁFICO ■

ASESORÍA - FORMACIÓN ■

La Florida, 1. Nave 6  
Parque Empresarial Villapark  
28670 Villaviciosa de Odón - Madrid  
T. 902 468 704  
F. 915 934 883  
[www.latecnica.com](http://www.latecnica.com)





Esta situación requería, además, explotar la información en todos los niveles, tanto gerencial como técnico, que todos los trabajadores pudieran acceder al contenido. En este punto de definición de necesidades, IN2, Ingeniería de la Información, distribuidor autorizado de Autodesk y especialista en ISD-GIS, contactó con la compañía para ofrecerles el software AutoCAD® Map 3D, solución que cubre las necesidades inmediatas de Aguas de Mataró.

### Solución

Tras el análisis de las diferentes problemáticas y todas las necesidades, IN2 instaló en Aguas de Mataró AutoCAD® Map 3D. Gracias a las nuevas funcionalidades de esta solución, Aguas de Mataró puede asociar sus bases de datos al plano y obtener información de manera inmediata, produciéndose así una asociación bidireccional. Se da la unión entre los datos de consumo de los clientes integrados en las bases de datos y los datos y elementos gráficos de las bases de datos geográficas, permitiendo conocer el consumo real por hogar, el rendimiento del sistema de aguas y otros datos relevantes para el buen funcionamiento de la compañía. En este sentido se mejoran las relaciones topológicas de la red de aguas de Mataró.

El distribuidor IN2, además, desarrolló, con AutoCAD® Map 3D, la aplicación GIS (Sistema de Información Geográfica) NETAQUA.map diseñada para la creación, mantenimiento y explotación de redes de abastecimiento de agua. Con esta aplicación la compañía puede además consultar la información técnica y administrativa de las acometidas, conocer el histórico de los abonados afectados por cierres de suministro, gestionar los elementos y más utilidades, de forma automatizada al computar mecánicamente el proceso de asociación que el MAP hace de los elementos gráficos y las bases de datos.

La aplicación GIS permitía el acceso a nivel gerencial, tanto a los departamentos técnicos como administrativos. La eficiencia en el trabajo que obtenían sus usuarios se conoció rápidamente por el resto de departamentos de la compañía, la cual al observar la necesidad de acercar la información de la red de aguas a toda la empresa, aceptó la nueva propuesta de IN2 de desarrollarles una nueva aplicación, NETAQUA.web. Esta aplicación es un programa para la explotación de la información de redes de suministro de agua potable desarrollada sobre Autodesk Mapguide®. La instalación de la misma permite a todos los miembros de la empresa a través de su intranet y en un

entorno navegador no técnico, consultar la información de los elementos de la red introducida con NETAQUA.map aumentando así su flexibilidad y eficiencia en todos los procesos de trabajo.

Actualmente y complementariamente al proyecto global de Aguas de Mataró, se está procediendo a la implantación de la variante NETSANEA.map, orientada a la gestión de la Red de Saneamiento, y sobre la misma base de AutoCAD® Map 3D.

### Resultados

Aguas de Mataró, gracias a la implementación de la tecnología geospacial de Autodesk, concretamente a las soluciones AutoCAD(r) Map 3D y Autodesk Mapguide(r) ha conseguido importantes resultados como:

1. Conocimiento exacto de las instalaciones que gestiona en cuanto a ubicación física y valoración económica.
2. Ratio de rendimiento m3 facturados en relación a los m3 suministrados del 93%, muy superior a la media del sector que se sitúa entorno al 76%.
3. Mayor productividad en la gestión diaria. Todos los departamentos tiene acceso a la intranet y por tanto acceso a la información y estado de la red de aguas, así como a la posibilidad de descargarse los planos que necesiten.
4. Universalización de Multiusuario. Todos pueden acceder a la información de forma inmediata.
5. Progresiva la Calidad del Servicio.
6. Mejora el rendimiento de análisis sectoriales.

En definitiva, mediante la explotación de la información de gestión geospacial, Aguas de Mataró consigue su objetivo de ofrecer el mejor servicio con una buena relación calidad/precio y autofinanciarse a través de un sistema de mejora constante de la gestión

### Citas

"La tecnología SIG de Autodesk empezó resultándonos útil. Hoy en día es imprescindible para nuestra gestión. Trabajamos observando nuestras necesidades continuamente y apuntando lo que queremos obtener del producto, por este motivo seguimos muy de cerca las novedades de las soluciones de Autodesk" - Rafael Montserrat, Director Gerente

"En las zonas rurales es prácticamente imposible localizar una acometida si no dispones de un sistema de información geográfica. Hemos crecido con Autodesk" - Josep Portero, Jefe de Oficina Técnica

## DIRECCIONES DE INTERÉS

**ApliCAD**  
Aplicaciones de CAD, CAM y GIS

[www.aplicad.com](http://www.aplicad.com)  
[gis@aplicad.com](mailto:gis@aplicad.com)

Valencia: Ronda Narciso Monturiol, 6 - Parque Tecnológico - Tel. 963134035  
Castellón: C/ M<sup>o</sup> Teresa González 26 Entlo. Tel. 964724870

**Autodesk**  
Authorized System Center

- Distribución, formación, soporte técnico y programación a medida sobre Autodesk Map y Autodesk MapGuide
- Aplicaciones Catastrales
- Dirección de Proyectos GIS



-Geoingeniería.  
-Consultoría en Sistemas de Información.  
-Soluciones SIG para la Administración.

E-mail: [gis@summa-eng.com](mailto:gis@summa-eng.com)

Passeig Pere III 19 08240 MANRESA Tel 93 872 42 00



# REAL DECRETO 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional.

BOE núm. 287 Viernes 30 noviembre 2007

La Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía, regula el marco en el que se ha venido desarrollando la actividad cartográfica oficial en España. Su mayor éxito consiste en haber contribuido al eficaz desarrollo de la cartografía por parte de las Administraciones públicas competentes, si bien el sistema diseñado no ha evitado (en algunos casos) una duplicidad del gasto y del esfuerzo público en esta materia. Por esta razón esencial, se ha determinado la necesidad de establecer un Sistema Cartográfico Nacional que, con respeto a lo dispuesto en la Ley y a la Sentencia 76/1984, de 29 de junio, del Tribunal Constitucional, suponga un sistema racional y operativo, dentro de un marco de colaboración y eficiencia, que favorezca el ejercicio de la actividad cartográfica, base común del desarrollo económico y social que propugnan todas las Administraciones públicas españolas para los ciudadanos y sus respectivos territorios.

La producción cartográfica, al tratarse de una actividad de base objetiva, que refleja una realidad primordial como es el territorio, no permite las discusiones habituales en otras disciplinas más especulativas. Por ello, basta con alcanzar un acuerdo relativo a los criterios cartográficos de representación para que cualquier agente pueda utilizar indistintamente sus propias producciones cartográficas o las de otros agentes, siempre y cuando se hayan realizado siguiendo los mismos criterios. Esta inmediata capacidad de colaboración —una vez que el método a utilizar ha de ser el normalizado conforme a las iniciativas y modelos de la Unión Europea— permite numerosos ahorros en esfuerzo y gasto público, y favorece que la regulación del Sistema Cartográfico Nacional sea acertada en cuanto a su diseño gracias a la corresponsabilidad de sus integrantes y al establecimiento de cláusulas de salvaguardia que aseguren su libertad de acción dentro del Sistema. Esa doble garantía de sometimiento voluntario al Sistema (con capacidad autónoma de apartamiento o separación) y de aprovechamiento extensivo del mismo, supone la base sobre la que se ha fundamentado el desarrollo del Sistema Cartográfico Nacional, diseñado a partir de lo establecido en la Ley 7/1986 y de su gestión por parte de las distintas Administraciones del Estado.

Pero esa doble garantía no es suficiente para aportar toda la eficiencia y transparencia que necesita el Sistema, por lo que se le ha dotado de unos mecanismos que aseguren la objetividad y la publicidad de sus principios y que resulten ágiles y flexibles en su aplicación.

De esta manera, el Sistema Cartográfico Nacional, que se define y regula en el presente real decreto, constituye el marco obligatorio de actuación de la Administración General del Estado en materia cartográfica, así como de todas

aquellas Administraciones públicas que voluntariamente lo adopten como modelo de actuación cooperativa para el mejor servicio de los intereses generales, salvaguardando el reparto competencial establecido y manteniéndolo. Sin embargo, ese modelo no puede considerarse como una fórmula que elimine atribuciones de 49216 Viernes 30 noviembre 2007 BOE núm. 287 ninguna Administración en el ejercicio de sus competencias ni supone, tampoco, que ninguna Administración pueda arrogarse nuevos títulos competenciales, puesto que es el resultado que normativamente se configura mediante un real decreto del Gobierno de la Nación que viene a definir, conforme al principio de cooperación entre las Administraciones, el marco que garantiza la participación de todos los entes involucrados en la toma de decisiones, ya que el sistema de distribución competencial vigente conduce a una actuación conjunta de las Administraciones públicas, y con el proceso de elaboración de esta norma (que ha supuesto tres años de búsqueda constante del acuerdo pleno) se sigue la doctrina tantas veces expresada por el Tribunal Constitucional, como por ejemplo en su Sentencia 68/1996, de 4 de abril.

En este mismo sentido, debe reconocerse la excepcionalidad de la norma, que se utiliza como instrumento para desarrollar, a partir de la Ley 7/1986, la regulación de todos los aspectos esenciales de la materia, que han sido acordados entre las distintas Administraciones, debido al carácter marcadamente técnico de los mismos.

Con este propósito, el real decreto contiene la descripción de ese marco cooperativo de actuación regulando los instrumentos esenciales creados por la citada Ley 7/1986, revisando y completando el contenido del Real Decreto 2039/1994, de 17 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Régimen Jurídico y de Funcionamiento del Registro Central de Cartografía, y el del Real Decreto 1792/1999, de 26 de noviembre, por el que se regula la composición y funcionamiento del Consejo Superior Geográfico, y desarrollando lo previsto en el artículo octavo de la Ley respecto al Plan Cartográfico Nacional. Igualmente, atendiendo a las previsiones normativas y respondiendo a la necesidad de garantizar la disponibilidad, fiabilidad y accesibilidad de los datos geográficos, se define y regula la Infraestructura Nacional de Información Geográfica y se encomiendan las diversas responsabilidades para su organización. En concreto, con el objeto de actualizar el funcionamiento del Consejo Superior Geográfico y adecuarlo a la realidad operativa del Sistema Cartográfico Nacional, así como para asegurar su plena eficacia como Autoridad Cartográfica Nacional, tendrá capacidad para fijar los requisitos y especificaciones técnicas de idoneidad o criterios de homolo-



gación que deba satisfacer la producción cartográfica oficial, contribuirá a realizar la definición y a potenciar el desarrollo de una Infraestructura Nacional de Información Geográfica, autorizará producciones distintas a las asignadas en el seno del Sistema Cartográfico Nacional y que están establecidas normativamente en el presente real decreto, dispondrá de poderes para arbitrar posibles conflictos entre los integrantes del Sistema y procurará la difusión de la toponimia oficial y normalizada. Finalmente, se crea una Comisión Territorial, con la participación de las comunidades autónomas, con presencia ejecutiva en el gobierno del Sistema y se potencia la Secretaría Técnica como garantía y soporte técnico para un funcionamiento eficiente del Consejo como auténtico órgano superior del Sistema Cartográfico.

Por otra parte, transcurrido el suficiente tiempo desde la primera regulación del Registro Central de Cartografía, y dado el desarrollo experimentado por la producción cartográfica oficial y por las tecnologías de la información, particularmente de los sistemas de información geográfica, y con el fin de fortalecer las fórmulas de cooperación y coordinación entre las distintas Administraciones públicas en el seno del Sistema Cartográfico Nacional, se establece una nueva regulación del Registro Central de Cartografía para garantizar un funcionamiento más actualizado y adecuado.

Además se diseñan los mecanismos que han de permitir obtener toda la eficiencia del Sistema, tanto en la planificación como en la producción de la cartografía oficial, adoptando una determinada distribución indicativa de atribuciones entre los agentes integrados y garantizando una colaboración entre ellos verdaderamente real.

Se desarrolla el artículo octavo de la Ley 7/1986, que dispone la elaboración de un Plan Cartográfico Nacional y encarga al Consejo Superior Geográfico su coordinación con los planes y programas de producción cartográfica de todas las Administraciones públicas. A este fin, se han determinado en el marco del Sistema Cartográfico Nacional las funciones necesarias para su elaboración, seguimiento y evaluación y para asegurar la coordinación entre Planes, la colaboración y cooperación entre agentes públicos y las necesarias vías de excepción, todo ello con el objetivo de asegurar la consecución de un sistema con eficiencia máxima.

Se establecen las normas mínimas para la constitución, operatividad y mantenimiento de una Infraestructura Nacional de Información Geográfica que pueda desarrollar la ambiciosa idea contenida en la Disposición transitoria de la Ley, que no ha podido materializarse en los años de vigencia de ésta, a pesar de lo taxativo de su redacción, por la ausencia de un instrumento adecuado y de la tecnología para llevarla a cabo. Hoy existe ya esa tecnología y no puede demorarse más su concreción y desarrollo para garantizar su adecuada explotación.

Finalmente, el texto incluye disposiciones específicas para los productores de cartografía de la Administración General del Estado, con el único propósito de garantizar la eficiencia del gasto público también en esta materia y la coherencia de los esfuerzos de todos los agentes implicados dirigidos por el Gobierno de la Nación.

En el proceso de elaboración de este real decreto han sido oídas las comunidades autónomas, así como el Consejo Superior Geográfico, que ha evacuado su informe favorable en la reunión celebrada el día 17 de mayo de 2007.

En su virtud, a propuesta conjunta de la Ministra de Fomento y del Ministro de Defensa, con la aprobación previa de la Ministra de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado, y tras deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 23 de noviembre de 2007,

DISPONGO:

CAPÍTULO I

### Disposiciones generales

Artículo 1. *Objeto.*

Este real decreto, en aplicación de la Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía, regula las actividades de recogida, almacenamiento, tratamiento y difusión de información geográfica sobre el territorio nacional y su mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental y la zona económica exclusiva, realizada por las autoridades públicas a través del Sistema Cartográfico Nacional.

Artículo 2. *El Sistema Cartográfico Nacional.*

1. El Sistema Cartográfico Nacional es un modelo de actuación, constituido en desarrollo de la Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía, que persigue el ejercicio eficaz de las funciones públicas en materia de información geográfica mediante la coordinación de la actuación de los diferentes operadores públicos cuyas competencias concurren en este ámbito.

2. El Sistema Cartográfico Nacional, salvaguardando los intereses específicos de la Defensa Nacional, BOE núm. 287 Viernes 30 noviembre 2007 49217 tiene encomendado el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- a) Garantizar la homogeneidad de la información producida por la multiplicidad de organismos públicos que formen parte de él y que de manera concurrente desarrollan actividades cartográficas en el territorio nacional, para asegurar así su coherencia, continuidad e interoperabilidad.
- b) Favorecer la eficiencia en el gasto público destinado a cartografía y sistemas de información geográfica, evitando la dispersión y duplicidad de los recursos públicos utilizados y promoviendo la cooperación interinstitucional.
- c) Asegurar la disponibilidad pública y actualización de los datos cartográficos de referencia.
- d) Asegurar la calidad de la producción cartográfica oficial y su utilidad como servicio público, facilitando el acceso público a la información geográfica y favoreciendo la competitividad del sector cartográfico privado.

3. Para el cumplimiento de sus objetivos, el Sistema Cartográfico Nacional contará con los siguientes instrumentos:

- a) El Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional.
- b) Los Planes de producción de la cartografía oficial.
- c) El Registro Central de Cartografía.
- d) La Infraestructura Nacional de Información Geográfica.
- e) El Consejo Superior Geográfico.

Artículo 3. *Ámbito subjetivo de aplicación.*

1. A efectos de lo previsto en este real decreto, el Sistema Cartográfico Nacional está constituido por los planes y programas de producción cartográfica oficial, por la topo-



nimia oficial y normalizada, por las infraestructuras de datos espaciales que se basan en información geográfica oficial, por los productos y servicios de información geográfica elaborados por las Administraciones públicas y por otros agentes públicos en las citadas materias, así como por las relaciones entre ellos.

2. Formarán parte del Sistema las entidades que tengan atribuidas las funciones de recogida, almacenamiento, tratamiento o difusión de información geográfica en las siguientes Administraciones públicas:

a) La Administración General del Estado y las entidades del sector público estatal.

b) La Administración de las comunidades autónomas, y las entidades del sector público autonómico, siempre que manifiesten su voluntad de integrarse en él.

c) Las ciudades con Estatuto de Autonomía y demás entidades locales, siempre que manifiesten su voluntad de integrarse en él.

3. Las comunidades autónomas y las ciudades con Estatuto de Autonomía que se hayan integrado en el Sistema podrán, en cualquier momento, acordar su separación del Sistema mediante comunicación de su órgano de gobierno al Consejo Superior Geográfico con una antelación de dos meses. Cuando una de esas Administraciones públicas haya ejercido esta cláusula de separación no podrá solicitar la reintegración al Sistema hasta que haya transcurrido un plazo de dos años desde que se hubiera hecho efectiva dicha cláusula.

4. Las Administraciones Locales que se integren en el Sistema participarán en el mismo en los términos que establece este real decreto para el ejercicio de las competencias que el ordenamiento jurídico les atribuya como propias o las que ejerzan mediante convenio u otras fórmulas de cooperación interadministrativa y, para el resto de competencias que en esta materia pudiesen ejercer, lo harán conforme determine la Comunidad Autónoma respectiva, si está integrada en el Sistema, en el marco de sus propias normas o planes y programas cartográficos.

Su separación del Sistema o reintegración a él dependerán, en su caso, de la normativa autonómica correspondiente.

5. Las Administraciones autonómicas y locales que soliciten integrarse en el Sistema participarán plenamente en él a partir de la suscripción de un convenio de colaboración con la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, en el que se ponga de manifiesto su total aceptación de los contenidos del presente real decreto que les afecten. La separación se materializará mediante la denuncia formal del referido convenio de colaboración.

## CAPÍTULO II

### **El Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional**

Artículo 4. *Contenido, elaboración y difusión.*

1. Toda la producción de información geográfica y cartografía oficiales se realizará a partir del Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional, que estará integrado por el Sistema de Referencia Geodésico, del que forman parte las redes nacionales geodésicas y de nivelaciones; por el Sistema Oficial de Coordenadas del que forman parte tanto las coordenadas geográficas basadas en el Sistema de Referencia Geodésico como las coordenadas planas del

Sistema de Proyección UTM, en escalas superiores a 1:500.000; por la toponimia oficial recogida en el Nomenclátor Geográfico Básico de España; por las Delimitaciones

Territoriales inscritas en el Registro Central de Cartografía; y por el Inventario Nacional de Referencias Geográficas Municipales, que reflejará la situación geográfica de cada Entidad Local contenida en el Registro de Entidades Locales.

2. En el marco de la normativa vigente, se encomienda a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional la formación, el control, el señalamiento si fuera necesario, y la difusión del Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional.

3. Todos los datos relativos al Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional se facilitarán gratuitamente a los productores de cartografía oficial integrados en el Sistema.

## CAPÍTULO III

### **La Planificación de la Producción Cartográfica Oficial**

Artículo 5. *Clasificación de la cartografía oficial.*

1. Se entiende por cartografía oficial la representación gráfica, tanto en soporte analógico como digital, de los elementos geográficos sobre la superficie terrestre, la plataforma continental o los fondos marinos, en un marco de referencia previamente definido y matemáticamente adecuado, realizada por las Administraciones públicas, o bajo su dirección y control, en el marco de sus competencias y con sujeción a las prescripciones de la Ley 7/1986, de 24 de enero, y de este real decreto.

2. La cartografía oficial puede ser básica, derivada o temática, conforme a los términos establecidos respectivamente en los artículos 3, 4 y 5 de la Ley 7/1986, de Ordenación de la Cartografía.

3. La cartografía básica es aquella que se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre, sirviendo de base y referencia para su uso generalizado como representación gráfica de la Tierra. La cartografía básica puede ser topográfica o náutica.

4. Se entiende por cartografía topográfica aquella que representa la morfología del terreno así como los objetos, naturales o artificiales, con una posición determinada sobre la superficie terrestre. La cartografía topográfica puede ser básica o derivada.

5. Se entiende por cartografía náutica aquella específicamente diseñada y destinada para satisfacer los requerimientos y prescripciones de la navegación marítima, representando profundidades, tipos de fondos, configuración y características de la costa, peligros, obstrucciones, zonas reglamentadas y ayudas a la navegación.

6. La cartografía derivada es la que se forma por procesos de adición o de generalización de la información contenida en la cartografía básica. La cartografía derivada puede ser topográfica o náutica.

7. La cartografía temática es la que, utilizando como soporte cartografía básica o derivada y conservando sus atributos, singulariza o desarrolla algún aspecto concreto de la información contenida en aquella o incorpora información adicional específica. En todo caso, se considera cartografía temática la siguiente:



# TECNOLOGÍA

# INTEGRADA

TODA LA TECNOLOGÍA QUE NECESITA,  
INTEGRADA EN UN SOLO SISTEMA

Con la nueva tecnología integrada de IS ROVER ya puede aprovechar todas las oportunidades de trabajo y ejecutarlas con la mayor calidad y rapidez, todo con un único sistema manejado por un solo operador, lo que permite al profesional trabajar con una alta capacidad tecnológica y una mínima infraestructura.

IS ROVER integra: estación total Trimble S6, receptor R8 GNSS con correcciones de red VRS y controlador de campo TCS2 o CU, todo en un solo instrumento.

La tecnología integrada de IS ROVER le permitirá rentabilizar más su trabajo aumentando su productividad al simplificar la implantación de equipos de campo y mejorar la metodología de trabajo.

 **Trimble**  
AUTHORIZED DISTRIBUTOR

 **S&C**  
Geo-tecnologías

Santiago&Cintra Ibérica S.A.

Barcelona 93 432 89 62

Madrid 902 120 870

Valencia 96 143 35 37

Sevilla 955 087 289

[www.santiagoecintra.es](http://www.santiagoecintra.es)



- a) Militar, ya sea topográfica, naval o aeronáutica, aquella que incluye información necesaria para la Defensa Nacional.
- b) Aeronáutica, aquella que incluye información necesaria para la navegación aérea, civil o militar.
- c) Geológica, aquella que incluye información sobre la disposición, evolución, naturaleza y estructura de los terrenos.
- d) Medioambiental, aquella que informa sobre características del medio en relación con los seres vivos, con la caracterización del paisaje y con los resultados de la actividad humana sobre ese medio, así como respecto de la normativa de referencia o aplicación.
- e) Forestal o agrícola, aquella que recoge información sobre la estructura de la vegetación forestal o de los cultivos agrícolas, así como de sus aprovechamientos primarios, y sobre el potencial o aptitud del terreno para estos usos.
- f) Oceanográfica, aquella que incluye información sobre las costas, mares y océanos.
- g) Estadística, aquella que incorpora información demográfica y socioeconómica.
- h) Catastral, aquella que recoge la descripción parcelaria o superficial de los bienes inmuebles, conforme al Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario, aprobado por Real Decreto-Legislativo 1/2004, de 5 de marzo.
- i) Urbanística, aquella que recoge la información topográfica de los Planes Territoriales, Municipales y de desarrollo, incluyendo la situación, distribución y relación entre las distintas figuras o determinaciones aprobadas en los Planes de Ordenación del Territorio que afecten a un determinado ámbito.
- j) De Infraestructuras y servicios, aquella que recoge la ubicación, distribución y capacidades de las instalaciones, redes de transporte, de servicios e infraestructuras.
- k) De riesgos y emergencias, aquella que identifica las áreas geográficas susceptibles de sufrir daños catastróficos en caso de que se materialicen riesgos naturales, tecnológicos o de otra naturaleza sobre las personas o sus bienes.
- l) Didáctica, aquella que recoge información física, política o de cualquier otra índole con fines pedagógicos.
- m) Arqueológica, aquella que recoge información sobre el patrimonio arqueológico, en especial sobre yacimientos y zonas arqueológicas que se encuentren en superficie, en el subsuelo, en el mar territorial o en la plataforma continental.
- n) Específica, aquella que proporciona una imagen cartográfica de las características físicas, jurídicas, económicas, sanitarias, industriales, patrimoniales, turísticas, de transportes, ganaderas, socioculturales o de la evolución histórica de un territorio, así como los mapas que reflejen una realidad específica conforme a la normativa vigente.

**Artículo 6. Competencias de producción cartográfica.**

1. Todos los agentes integrados en el Sistema Cartográfico Nacional podrán, en el marco establecido por la Ley 7/1986, de Ordenación de la Cartografía, producir la cartografía oficial que precisen para el ejercicio de sus competencias. No obstante, a fin de alcanzar la máxima eficiencia del Sistema, se adopta la siguiente distribución indicativa y no excluyente de atribuciones en el seno del Sistema: La Administración General del Estado producirá la cartografía náutica, la cartografía topográfica de series nacio-

nales a escalas de 1:25.000, 1:50.000 y menores y cualquier cartografía temática que precise en el ejercicio de sus competencias.

- a) Las comunidades autónomas producirán la cartografía topográfica a escalas mayores que 1:25.000 y cualquier cartografía temática que precisen en el ejercicio de sus competencias.
- b) Las Entidades Locales producirán la cartografía topográfica a escalas mayores que 1:5.000 y cualquier cartografía temática que precisen en el ejercicio de sus competencias.

2. El incumplimiento de las obligaciones de producción cartográfica previstas en el correspondiente Plan o Programa de una Administración integrada en el Sistema facultará al Consejo Superior Geográfico para acordar con la Administración pública respectiva su desarrollo.

Transcurridos dos años desde la aprobación del Plan o Programa sin haberse cumplido sus previsiones, el Consejo Superior Geográfico podrá adoptar las medidas necesarias para producir la cartografía de que se trate.

3. Las Administraciones públicas integradas en el Sistema podrán realizar acuerdos de cooperación entre ellas, así como con las Universidades y otras entidades públicas con competencia o intereses en la materia, para la producción de información geográfica o cartografía, dando cuenta a la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico.

**Artículo 7. Competencias de la Administración General del Estado.**

1. Las competencias de la Administración General del Estado en materia de producción cartográfica se distribuyen entre los siguientes órganos:

- a) Corresponde a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional la planificación y programación de la producción de cartografía topográfica y la formación y conservación de las series cartográficas, básicas y derivadas, que constituyen la base del mapa topográfico nacional y aquellas otras que cubran todo el territorio nacional en escalas 1:25.000, 1:50.000 y menores.
- b) Corresponde al Instituto Hidrográfico de la Marina la planificación, la programación de la producción, la formación y la conservación de la cartografía náutica, tomando en consideración las competencias que corresponden a la Dirección General de la Marina Mercante y al Ente Público Puertos del Estado.
- c) Corresponde al Centro Geográfico del Ejército la producción de la cartografía militar topográfica, al Instituto Hidrográfico de la Marina la cartografía naval y al Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire la cartografía militar aeronáutica respectivamente, de acuerdo a su normativa específica en el ámbito de la BOE núm. 287 Viernes 30 noviembre 2007 49219 Defensa. En este contexto, en el marco de los acuerdos de cooperación correspondientes, la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y el Instituto Hidrográfico de la Marina proporcionarán gratuitamente la cartografía topográfica y náutica disponible que resulte necesaria para la producción de cartografía militar.
- d) Corresponde a la Dirección General del Catastro la producción de la cartografía catastral de conformidad con lo establecido en la Disposición adicional primera de este real decreto. Mediante los sistemas de colaboración que

se establezcan, podrá utilizar la cartografía topográfica que le proporcione la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

2. En el marco de la normativa internacional vigente en cada caso, la producción de cartografía temática se realizará, por los Centros Directivos y Organismos competentes en la materia, a partir de la cartografía topográfica y de la cartografía náutica que proporcionen, respectivamente, la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional o el Instituto Hidrográfico de la Marina.

3. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y la Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa establecerán los protocolos de actuación coordinada que regulen la cooperación entre los órganos cartográficos del Ministerio de Defensa y la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional en la realización de cartografía topográfica, salvaguardando, en todo caso, los intereses prioritarios y normativa específica de la Defensa Nacional. Tales protocolos deberán ser aprobados conjuntamente por los Ministros de ambos Departamentos.

*Artículo 8. El Plan Cartográfico Nacional.*

1. El Plan Cartográfico Nacional es el instrumento de planificación de la producción cartográfica oficial realizada por la Administración General del Estado.

2. El Plan Cartográfico Nacional tendrá una vigencia cuatrienal, aunque podrá ser revisado cuando las necesidades lo aconsejen.

3. Corresponderá al Consejo de Ministros la aprobación del Plan Cartográfico Nacional y de sus eventuales revisiones. Su propuesta será formulada por el Consejo Superior Geográfico y será elevada al Consejo de Ministros por el titular del Ministerio de Fomento.

4. Las propuestas de aprobación o revisión del Plan serán elaboradas por la Comisión Especializada del Plan Cartográfico Nacional, previa consulta con los productores de cartografía oficial. La propuesta será sometida al informe de la Comisión Territorial y elevada al Pleno del Consejo Superior Geográfico por la Comisión Permanente.

5. No podrá incluirse en el Plan la producción de cartografía ya inscrita en el Registro Central de Cartografía, salvo que no reúna las necesarias condiciones de actualización, se pretenda su revisión o su titular haya denegado expresamente el permiso para su difusión.

6. El Plan Cartográfico de las Fuerzas Armadas incluirá la planificación de la cartografía e información geográfica militar; será elaborado por el Ministerio de Defensa, conforme a su normativa específica, tomando en consideración el Plan Cartográfico Nacional.

*Artículo 9. Estructura del Plan Cartográfico Nacional.*

El Plan Cartográfico Nacional tendrá, como mínimo, el siguiente contenido:

a) Diagnóstico de la situación de la cartografía oficial en el momento de su elaboración.

b) Determinación de los objetivos y necesidades a cubrir en materia cartográfica durante el periodo de vigencia del Plan, a cuya satisfacción deberán orientarse los proyectos de producción y actualización de la cartografía oficial.

c) La planificación indicativa de la actividad cartográfica de la Administración General del Estado, que comprenderá los proyectos propuestos por la Administración General del Estado, sus Organismos Autónomos y Entidades del

Sector Público Estatal que sean informados favorablemente por la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico, en materia de cartografía topográfica, náutica o temática cuya inscripción en el Registro Central de Cartografía sea obligatoria.

d) La política de datos aplicable a la difusión y accesibilidad de la información geográfica a producir al amparo del Plan, así como los servicios de información y el sistema de protección de derechos, incluidos los mecanismos de financiación.

e) La forma de coordinación, mediante la planificación nacional, de los planes y programas de producción cartográfica de las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional, salvaguardando los intereses de la Defensa Nacional.

f) La determinación de costes y financiación; a este respecto, los programas de inversiones públicas del Estado que contengan recursos destinados a producción cartográfica no podrán incluir proyectos que contradigan los objetivos del Plan Cartográfico Nacional, salvo razones de urgencia apreciadas por el Consejo Superior Geográfico a solicitud del órgano productor.

En su caso, deberá precisarse la forma y cuantía de la contribución de los Presupuestos Generales del Estado a la financiación de proyectos comprendidos en Planes y Programas Cartográficos de las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional, con excepción de aquellos incluidos en el Plan Cartográfico de las Fuerzas Armadas.

g) Las normas técnicas de producción de cartografía oficial y los criterios de homologación, armonización y coordinación de la producción cartográfica oficial.

h) La participación de las Administraciones públicas en programas de investigación, desarrollo e innovación.

*Artículo 10. Programas operativos anuales.*

1. El Plan Cartográfico Nacional será desarrollado mediante programas operativos anuales, que establecerán para cada período las prioridades de actuación en materia de producción cartográfica, dentro de las disponibilidades presupuestarias.

2. Corresponde a la Comisión Especializada del Plan Cartográfico Nacional la elaboración, conforme a la propuesta de los productores oficiales, del programa operativo anual, que se someterá a la aprobación de la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico previo conocimiento de la Comisión Territorial.

3. La Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico determinará, con la conformidad de los productores oficiales afectados, el procedimiento a seguir para la introducción previa y verificación posterior de parámetros de mejora continua en los programas operativos anuales en los que se articula el Plan Cartográfico Nacional, así como para su coordinación con los planes y programas de producción cartográfica de las demás Administraciones públicas.

4. La Comisión Permanente podrá proponer, en su caso, la edición de publicaciones incluidas en el Programa Operativo anual. Estas publicaciones formarán parte de los Programas Editoriales de los Departamentos Ministeriales correspondientes, conforme al Real Decreto 118/2001 de Ordenación de las Publicaciones Oficiales y al Acuerdo



del Consejo de Ministros por el que se apruebe, con carácter anual, el Plan General de Publicaciones de la Administración General del Estado.

Artículo 11. *Planes y programas de producción cartográfica de las Administraciones Autonómicas y Locales.*

1. Los Planes y Programas de las Administraciones Autonómicas o Locales integradas en el Sistema Cartográfico Nacional serán coordinados con el Plan Nacional a través de la representación de dichas Administraciones en el Consejo Superior Geográfico y no podrán contemplar la producción de cartografía ya inscrita en el Registro Central de Cartografía, salvo que ésta no reúna las necesarias condiciones de actualización, se pretenda su revisión o su titular haya denegado expresamente el permiso para su difusión.

2. Corresponde a cada Administración Autónoma o Local la aprobación de sus respectivos Planes o Programas de producción cartográfica, previo informe del Consejo Superior Geográfico sobre los siguientes extremos del respectivo Plan o Programa:

a) Adecuación del Programa o Plan a las previsiones del Plan Cartográfico Nacional y a los criterios de normalización.

b) Inexistencia de coincidencias significativas con otros Planes o Programas ya aprobados o con la cartografía inscrita en el Registro Central de Cartografía.

c) Adecuación al marco competencial y a la distribución indicativa de atribuciones en el seno del Sistema Cartográfico Nacional.

3. La evacuación del informe del Consejo Superior Geográfico se ajustará a las siguientes reglas:

a) La Secretaría Técnica, en el plazo de diez días hábiles desde la presentación de la solicitud, elaborará el informe y lo remitirá a los miembros de las Comisiones Territorial y Permanente del Consejo Superior Geográfico.

b) Los miembros de las Comisiones Territorial y Permanente podrán formular observaciones al informe en el plazo de 10 días hábiles desde su recepción.

c) El informe deberá evacuarse en el plazo máximo de 30 días hábiles desde la presentación de la solicitud. La no evacuación en este plazo equivaldrá a la emisión de un informe favorable.

4. El informe de la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico podrá contener las siguientes valoraciones:

a) Informe favorable: si el informe fuese favorable, la Administración pública interesada podrá proceder a la aprobación del Plan o Programa de producción cartográfica.

b) Informe con observaciones: si el informe formulase observaciones, la Administración pública interesada podrá subsanarlas y solicitar de nuevo el informe, que deberá evacuarse en el plazo de diez días hábiles. A estos efectos, se consideran subsanables las observaciones relativas a cuestiones técnicas, de normalización, a concommitancias o duplicaciones.

c) Si el informe fuese desfavorable, la Administración pública interesada podrá solicitar el informe de la Comisión Territorial que, en caso de resultar favorable, permitirá la aprobación del Plan o Programa; si el informe de la Comisión Territorial fuese desfavorable y la Administración interesada aprueba el Plan o Programa, se entenderá que

denuncia el correspondiente convenio de colaboración y solicita la separación del Sistema Cartográfico Nacional.

Artículo 12. *Producción cartográfica oficial no planificada.*

1. Todas las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional deberán ajustar su producción cartográfica a las previsiones recogidas en sus respectivos Planes o Programas considerando la distribución indicativa de atribuciones establecida en el presente real decreto.

No obstante, las Administraciones públicas integradas en el Sistema podrán producir cartografía no comprendida en sus Planes o Programas, conforme a los siguientes requisitos:

a) Cuando se trate de la producción de cartografía básica, se requerirá autorización previa del Consejo Superior Geográfico mediante informe emitido por su Secretaría Técnica.

b) Cuando se trate de la producción de cartografía topográfica o temática que utilice como información de referencia cartografía oficial registrada, se requerirá la comunicación previa al Registro Central de Cartografía.

2. La autorización del Consejo Superior Geográfico para la producción de cartografía básica oficial no planificada estará supeditada a la comprobación de que dicha cartografía no existe, o la existente no está debidamente actualizada o no se ajusta a criterios normalizados. Esta autorización deberá notificarse al interesado en el plazo de diez días desde la recepción de la solicitud, entendiéndose concedida en caso de falta de resolución expresa.

3. En caso de denegarse la autorización, la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico proporcionará a la Administración interesada información sobre la Administración productora y sobre la antigüedad y características técnicas de la cartografía, conforme a lo contenido en el Registro Central de Cartografía. Las Administraciones implicadas podrán acordar la cesión de la cartografía existente en un determinado plazo, precio en su caso, y condiciones técnicas, o la producción conjunta de una cartografía actualizada.

Si no alcanzan un acuerdo, la Administración interesada podrá realizar su cartografía, previa comunicación a la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico de las razones que le impidieron alcanzar un acuerdo. De este escrito se dará cuenta a los integrantes de la Comisión Permanente y de la Comisión Territorial del Consejo Superior Geográfico.

Artículo 13. *Normalización de criterios de producción cartográfica.*

1. La cartografía incluida en el Sistema Cartográfico Nacional deberá ajustarse a unos criterios normalizados, contenidos en las Normas Cartográficas correspondientes y aprobadas mediante orden ministerial, a propuesta del Consejo Superior Geográfico, por el Ministro de Defensa cuando se trate de cartografía básica náutica, o por el Ministro de Fomento cuando se trate de cartografía básica topográfica.

2. La propuesta de criterios normalizados deberá ser aprobada por una mayoría de, al menos, dos tercios de los miembros de la Comisión Permanente, siempre que no opongan todos los vocales representantes de las comuni-

dades autónomas, a iniciativa de la Comisión Especializada de Normas Geográficas o de la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico.

3. El acuerdo que fije estos criterios normalizados se notificará, mediante informe de la Secretaría Técnica, a todos los agentes integrados en el Sistema cuando hayan sido aprobados conforme a lo dispuesto en los artículos tercero y cuarto de la Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía.

4. La producción de cartografía temática se realizará conforme a los criterios específicos normalizados de las organizaciones internacionales de las que España forma parte, que podrán ser incluidos, en su caso, en el acervo técnico del Plan Cartográfico Nacional.

Artículo 14. *Difusión pública de la información cartográfica.*

1. Los productos y servicios cartográficos oficiales serán distribuidos y, en su caso, comercializados por los órganos y organismos competentes de las Administraciones públicas integradas en el Sistema, de conformidad con las siguientes reglas:

a) Las Administraciones públicas integradas en el Sistema podrán acceder gratuitamente a los productos y servicios cartográficos oficiales que precisen para el ejercicio de sus funciones públicas, de acuerdo con las especificaciones de sus productores y conforme a los criterios que establezca el Consejo Superior Geográfico.

b) Las demás Administraciones públicas o Entidades del Sector Público y los particulares podrán acceder a los productos y servicios oficiales conforme al sistema de tasas o precios establecido, en su caso, en cada Administración pública.

2. No podrá difundirse ni comercializarse información geográfica o cartografía oficial sin la autorización previa de su productor.

3. El Consejo Superior Geográfico, garantizando la adecuación a la normativa internacional y al Plan General de Publicaciones Oficiales, establecerá los criterios generales a los que deberán ajustarse, en su caso, las políticas de difusión de los productos y servicios cartográficos oficiales.

4. En el ámbito de la Administración General del Estado se impulsará una política de difusión libre de los productos cartográficos oficiales; en todo caso, los precios públicos para obtener o acceder a los productos y servicios cartográficos oficiales se establecerán mediante orden del Ministro correspondiente, previo informe de la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico que contará con el asesoramiento técnico del Centro Nacional de Información Geográfica.

5. En dicho ámbito, el Centro Nacional de Información Geográfica mantendrá actualizada la relación de productos de Cartografía Oficial Registrada y de Servicios Cartográficos Registrados y promoverá su difusión y, en su caso, comercialización conforme a la normativa vigente.

#### CAPÍTULO IV

##### **El Registro Central de Cartografía**

Artículo 15. *El Registro Central de Cartografía.*

1. El Registro Central de Cartografía es un órgano administrativo adscrito al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, que

garantiza la fiabilidad e interoperabilidad de los datos geográficos oficiales.

2. La gestión del Registro estará totalmente informatizada y las inscripciones se practicarán por orden de recepción de las solicitudes.

3. El Registro Central de Cartografía y los Registros de cartografía de las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional estarán conectados telemáticamente. A estos efectos, corresponde a la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico velar por la homogeneidad y coherencia de la información contenida en dichos Registros y proponer al Consejo Superior Geográfico la aprobación de mecanismos para la colaboración e información mutua entre ellos.

4. No será preciso remitir al Registro Central de Cartografía aquella información que ya figure inscrita en un Registro Cartográfico autonómico, siendo suficiente con la comunicación del nombre del archivo informático que conste en este Registro Autonómico.

5. Corresponde al Registro Central de Cartografía el ejercicio de las siguientes funciones:

a) La inscripción de la cartografía oficial.

b) La inscripción de las Delimitaciones Territoriales y sus variaciones.

c) La inscripción del Nomenclátor Geográfico Nacional.

d) La recopilación, normalización y difusión de la toponimia oficial.

Artículo 16. *Acceso al Registro.*

1. El Registro Central de Cartografía tiene carácter público.

2. La información del Registro Central de Cartografía estará disponible al público a través de Internet, de conformidad con las previsiones del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril.

3. El Registro Central de Cartografía expedirá gratuitamente certificaciones sobre el contenido de la información inscrita.

##### *Sección 1.ª Cartografía oficial*

Artículo 17. *Cartografía inscribible.*

1. Deberán inscribirse en el Registro Central de Cartografía las siguientes producciones cartográficas de las Administraciones públicas:

a) La cartografía básica, topográfica y náutica.

b) La cartografía derivada correspondiente o no a series nacionales, así como las fotografías aéreas e imágenes espaciales que hayan servido de base para su realización y las ortofotos y ortoimágenes correspondientes, salvaguardando los intereses prioritarios de la Defensa Nacional.

c) La cartografía temática elaborada por las Administraciones públicas, previa decisión expresa del Ministro correspondiente o de la autoridad autonómica competente, tras informe del Consejo Superior Geográfico; la inscripción de la cartografía temática militar necesitará la aprobación previa del Ministro de Defensa.

2. Asimismo, podrán inscribirse los productos o servicios cartográficos realizados por personas físicas o jurídicas privadas para sus propios fines, siempre que satisfagan los criterios técnicos de homologación que determine el Consejo Superior Geográfico.

3. La inscripción de la cartografía catastral básica o temáti-



ca se regirá por lo dispuesto en el Real Decreto 585/1989, de 26 de mayo, por el que se desarrolla la Ley 7/1986, de 24 de enero, en materia de Cartografía Catastral.

*Artículo 18. Procedimiento de inscripción de la cartografía oficial.*

1. El procedimiento para la inscripción obligatoria de la cartografía oficial se iniciará por el órgano competente de la Administración productora, que remitirá a la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico la solicitud con el contenido y requisitos que se establezcan mediante orden del Ministro de Fomento.

2. El Registro Central de Cartografía someterá la cartografía remitida al trámite de homologación técnica que determine el Consejo Superior Geográfico y comprobará que no figura previamente inscrita ninguna cartografía con los mismos atributos y características técnicas.

3. Comprobados los extremos señalados en el apartado anterior, el Registro Central de Cartografía procederá a efectuar su inscripción mediante la cumplimentación informática de una ficha registral por producto o por serie de productos.

4. En las fichas registrales de la cartografía derivada deberá figurar la cartografía básica a partir de la cual aquélla se ha obtenido, y en la ficha de la cartografía temática se indicará la cartografía básica o derivada que se ha utilizado como soporte de la misma. No podrá inscribirse la cartografía, derivada o temática, realizada a partir de una cartografía no registrada.

*Artículo 19. Efectos de la inscripción.*

1. La cartografía inscrita en el Registro Central de Cartografía que haya sido producida por las Administraciones públicas, o bajo su dirección y control, recibirá la calificación de Cartografía Oficial Registrada.

2. Salvaguardando los intereses y necesidades de la Defensa Nacional, la Cartografía Oficial Registrada será de uso obligatorio por todas las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional para la formación de nueva cartografía derivada o temática, cuando aquella cubra todo el territorio a representar, esté suficientemente actualizada y tenga una escala superior, en el caso de la derivada, o una escala igual en el caso de la temática, salvo desacuerdo entre el productor y el nuevo agente que quiera producirla. Este desacuerdo se pondrá en conocimiento de la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico.

3. La Cartografía Oficial Registrada gozará de la protección del régimen jurídico de Propiedad Intelectual; además, la producida por la Administración General del Estado gozará del régimen jurídico de las publicaciones oficiales establecido por el Real Decreto 118/2001, de 9 de febrero.

4. La cartografía inscrita a solicitud de personas físicas o jurídicas privadas adquirirá validez como Cartografía Registrada ante las Administraciones públicas, aunque sin la obligatoriedad de uso por parte de éstas.

5. Los servicios cartográficos inscritos recibirán la denominación de Servicios Cartográficos Registrados, y obtendrán un certificado de idoneidad de la Administración General del Estado para participar en concursos nacionales o internacionales, conforme se determine por orden del Ministro de Fomento. Esta orden ministerial determinará las características técnicas que, conforme a lo establecido

en el artículo 33, e) 5.º de este real decreto, deba reunir la cartografía para recibir el certificado de idoneidad, que supondrá la plena garantía de calidad y compatibilidad de la cartografía o de los servicios cartográficos inscritos para la participación en aquellos concursos que convoque la Administración General del Estado en que sea necesaria alguna representación cartográfica del territorio nacional.

*Sección 2.ª Delimitaciones territoriales*

*Artículo 20. Delimitaciones territoriales.*

1. Deberán inscribirse obligatoriamente en el Registro Central de Cartografía las siguientes delimitaciones territoriales:

- a) Las fronteras nacionales terrestres y marítimas.
- b) Las delimitaciones de los territorios de las comunidades autónomas.
- c) Los límites de las provincias.
- d) Las líneas límite de los términos municipales.
- e) La línea de costa.
- f) Las líneas de base rectas.
- g) Los límites del dominio público marítimo-terrestre.
- h) Los límites correspondientes a la plataforma continental.

2. Podrán inscribirse en el Registro Central de Cartografía las delimitaciones territoriales de las Entidades Locales a que se refiere el artículo 3.2 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases de Régimen Local, cuando exista título jurídico suficiente.

3. La inscripción de las Delimitaciones Territoriales será requisito previo para que se autorice su inclusión en la cartografía oficial. La cartografía oficial incluirá, exclusivamente, las Delimitaciones Territoriales inscritas en el Registro Central de Cartografía, o en el Registro autonómico correspondiente si está conectado con aquél.

*Artículo 21. Organización de la información sobre Delimitaciones Territoriales.*

1. El Registro Central de Cartografía organizará la información sobre Delimitaciones Territoriales mediante un sistema informático que contenga una hoja registral individual para cada línea-límite jurisdiccional.

A estos efectos, se entiende por línea-límite cada una de las líneas ideales cuyos extremos son puntos comunes a dos o más términos municipales, de forma que cada una de ellas será compartida por dos municipios y, excepcionalmente, por más de dos. También tendrán esta consideración registral las fronteras internacionales y las líneas de costa. En el caso de los municipios enclavados dentro de otro término municipal, su completa delimitación tendrá la consideración de una única línea-límite a efectos registrales.

2. La inscripción de cada línea-límite deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

- a) Identificación de la línea.
- b) Definición de la línea mediante la descripción geométrica establecida por los vértices que la constituyen y la descripción literal de las líneas que los unen.
- c) Referencia al título jurídico en que trae causa su inscripción.

*Artículo 22. Procedimiento de inscripción de las Delimitaciones Territoriales.*

1. La inscripción de las Delimitaciones Territoriales se practicará de oficio. En el caso de las fronteras nacionales y

otras delimitaciones territoriales internacionales, mediará informe previo favorable de las Comisiones de Límites del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación.

2. Tendrán el deber de remitir al Registro Central de Cartografía la información y documentación necesaria para la inscripción, los siguientes órganos administrativos y organismos públicos:

a) La Dirección General de Cooperación Local del Ministerio de Administraciones Públicas, respecto de las Delimitaciones inscritas en el Registro de Entidades Locales.

b) El Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación, respecto de las fronteras nacionales.

c) El Instituto Hidrográfico de la Marina, respecto de las líneas de costa y aquellos aspectos técnicos cartográficos necesarios para la representación de las líneas de base rectas y las delimitaciones marítimas una vez aprobadas por el Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación.

d) La Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, respecto de las líneas que definen el dominio público y el deslinde marítimo-terrestre.

3. Con objeto de proceder a la actualización de la información sobre Delimitaciones Territoriales, el Registro Central de Cartografía podrá requerir a otros órganos y organismos de las Administraciones públicas los datos y documentación que precise sobre las líneas límite de su competencia.

### *Sección 3.ª Nomenclátor geográfico nacional*

#### *Artículo 23. Nomenclátor Geográfico Nacional.*

1. El Nomenclátor Geográfico Nacional es un registro dinámico de información que recoge las denominaciones oficiales referenciadas geográficamente que deben utilizarse en la cartografía oficial.

2. El Nomenclátor Geográfico Nacional está constituido por la armonización, e integración en su caso, de:

a) El Nomenclátor Geográfico Básico de España, que comprenderá todas las denominaciones oficiales georreferenciadas sobre cartografía topográfica a escalas de 1:25.000 y menores, tanto en castellano como en las lenguas cooficiales correspondientes.

b) El Nomenclátor Geográfico de cada una de las comunidades autónomas, comprendiendo cada uno las denominaciones oficiales georreferenciadas sobre cartografía topográfica a escala superior de 1:25.000 de la respectiva Comunidad Autónoma.

3. La selección y tratamiento de las denominaciones incluidas en el Nomenclátor Geográfico Nacional deberán ajustarse a los criterios de toponimia aprobados por la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico a propuesta de la Comisión Especializada de Nombres Geográficos.

4. La cartografía oficial deberá incluir las denominaciones incluidas en el Nomenclátor Geográfico Nacional.

#### *Artículo 24. Nomenclátor Geográfico Básico de España.*

1. Corresponde a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional la aprobación del Nomenclátor Geográfico Básico de España, en el que se registrarán:

a) Las denominaciones oficiales de las comunidades autónomas, las provincias, las islas, los municipios y las enti-

dades locales de población, así como sus variaciones acordadas por las Administraciones públicas competentes.

No incorporará modificaciones que se refieran al nombre de las Entidades Locales sin que previamente aquéllas hayan quedado inscritas en el Registro de Entidades Locales.

b) Los topónimos correspondientes a la orografía, hidrografía, vías de comunicación, comarcas naturales y otras formaciones, con la referencia geográfica que permita su localización en la cartografía oficial, cuando hayan sido aprobados por la Administración pública competente y por el Consejo Superior Geográfico.

2. El Registro Central de Cartografía formará el Nomenclátor Geográfico Básico de España a partir de las denominaciones de las que exista constancia en los archivos de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y del Instituto Hidrográfico de la Marina, estableciendo la necesaria coordinación con el Instituto Nacional de Estadística, con la Dirección General del Catastro y con el Registro de Entidades Locales.

3. Corresponde, además, a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional:

a) La determinación de la toponimia que afecte a más de una Comunidad Autónoma, previo informe de la Comisión Especializada de Nombres Geográficos.

b) La normalización y difusión de la toponimia oficial en coordinación con los agentes competentes.

c) La formación de las bases de datos de la toponimia correspondiente al Mapa Topográfico Nacional, junto con sus criterios de normalización.

#### *Artículo 25. Inscripción de las denominaciones oficiales.*

1. Corresponde al Consejo Superior Geográfico la aprobación del Nomenclátor Geográfico Nacional.

2. Con carácter previo a su aprobación, el Nomenclátor Geográfico Nacional y sus eventuales revisiones y actualizaciones se someterán a un trámite de información pública y, en su caso, de audiencia, en el marco de los artículos 86 y 84 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de régimen jurídico de las Administraciones públicas y del procedimiento administrativo común. Tanto las Administraciones públicas como las personas privadas, físicas o jurídicas, podrán formular reparos a las denominaciones, referencias y códigos contenidos en el Nomenclátor Geográfico Nacional, acompañando la documentación que los fundamenta.

La decisión sobre la aceptación o rechazo del reparo se adoptará por el Consejo Superior Geográfico, previo informe de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional o del órgano competente de la comunidad autónoma correspondiente.

3. La inscripción de las denominaciones del Nomenclátor Geográfico Nacional en el Registro Central de Cartografía, o de las variaciones introducidas a las denominaciones contenidas en el mismo, una vez aprobadas, es un requisito indispensable para su inclusión en la cartografía oficial.

4. Corresponderán a la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico las siguientes funciones:

a) Facilitar la conexión telemática entre el Nomenclátor Geográfico Básico de España y el Nomenclátor propio de



Hay trabajos que sólo son para profesionales.

En Topografía y S.I.G. está **OFITEAT**

Verás crecer tu empresa.

*Carmen 20 de Mayo de 2007*

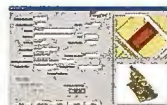
*Carmen 20 de Diciembre de 2006*



Cartografía  
Topografía



líderes en Topografía



Aplicaciones S.I.G. personalizadas



Venta - Alquiler



con la garantía de



953 089 523 - [www.ofiteat.es](http://www.ofiteat.es) - [ofiteat@ofiteat.es](mailto:ofiteat@ofiteat.es)

cada Administración autonómica, garantizando la coherencia de la información contenida en el Nomenclátor Geográfico Nacional.

b) Velar por la actualización permanente del Nomenclátor Geográfico Nacional.

c) Proponer la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» de la versión disponible más actualizada, indicando la dirección de Internet donde puede ser consultado.

d) Vigilar la integración en la Infraestructura Nacional de Información Geográfica de la versión más actualizada.

## CAPÍTULO V

### Infraestructura Nacional de Información Geográfica

Artículo 26. *Infraestructura Nacional de Información Geográfica.*

1. Se entiende por Infraestructura Nacional de Información Geográfica el conjunto de Infraestructuras de Datos Espaciales que contiene toda la información geográfica oficial disponible sobre el territorio nacional, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental y la zona económica exclusiva.

A efectos de este real decreto, tendrán la consideración de Infraestructura de Datos Espaciales aquellas estructuras virtuales integradas por datos georreferenciados distribuidos en diferentes sistemas de información geográfica, accesibles vía Internet con un mínimo de protocolos y especificaciones normalizadas que, además de los datos y sus descripciones (metadatos), incluyan las tecnologías de búsqueda y acceso a dichos datos, las normas para su producción, gestión y difusión, así como los acuerdos entre sus productores y entre éstos y los usuarios.

2. Para asegurar la interoperabilidad entre los Sistemas de Información Geográfica integrados en la Infraestructura Nacional de Información Geográfica y entre éstos y los de los usuarios externos, las soluciones tecnológicas aplicadas deberán cumplir las normas nacionales en materia de información geográfica y las especificaciones que determine el Consejo Superior Geográfico, conforme a estándares internacionales.

Asimismo, la Infraestructura Nacional de Información Geográfica deberá cumplir con los principios y especificaciones vigentes en esta materia en la Unión Europea.

Artículo 27. *Contenido de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica.*

La información incluida en la Infraestructura Nacional de Información Geográfica, en ningún caso esencial para la Defensa Nacional, se clasificará en dos categorías:

a) Información Geográfica de Referencia, que comprende la información generada por el Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional, los bienes inmuebles inscritos en el catastro con sus correspondientes referencias catastrales y direcciones, los datos altimétricos, las instalaciones, redes e infraestructuras del transporte, la hidrografía y la descripción de la superficie terrestre y de la zona costera marítima próxima.

b) Datos temáticos fundamentales, que comprende los datos relativos al medio físico, la sociedad y población, las áreas de especial protección o regulación, el aire y clima, la biodiversidad y biota, los recursos naturales, la ocupación, cobertura y usos del suelo, la geología, los riesgos

naturales y tecnológicos, los suelos urbanos y las áreas afectables por nuevos desarrollos urbanísticos.

Artículo 28. *Competencias.*

1. Corresponderán al Consejo Superior Geográfico las siguientes funciones en relación con la constitución y mantenimiento de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica:

a) Proponer las acciones a desarrollar por las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional para el establecimiento de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica, actuando como órgano de dirección de dicha Infraestructura Nacional.

b) Velar por que se conceda a las autoridades públicas la posibilidad técnica de conectar sus conjuntos de datos y servicios espaciales a la red Internet.

c) Programar los trabajos que permitan la constitución y operatividad efectiva de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica, así como proponer su modelo de financiación y participación en los gastos de cada Administración integrada, que se ejercitará, en su caso, mediante convenios específicos de colaboración.

d) Determinar la composición del Consejo Directivo que habrá de controlar y dirigir la Infraestructura Nacional de Información Geográfica y su gestión por parte de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, así como formular a las autoridades competentes propuestas sobre la política de cesión, distribución y difusión de la información.

2. Sin perjuicio de las funciones que este real decreto atribuye al Consejo Superior Geográfico, la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional actuará como coordinador y operador de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica, manteniendo y gestionando el Portal Nacional en la Red Internet, el cual deberá enlazar y ser capaz de dirigir a los usuarios hacia los portales y nodos establecidos por los agentes productores de información geográfica de la Administración General del Estado y hacia los portales establecidos por las Administraciones Autonómicas y Locales.

Asimismo, la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional constituirá y mantendrá una base de metadatos, directamente relacionada con el Registro Central de Cartografía, a partir de las descripciones de la información aportadas por los agentes productores.

Artículo 29. *Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).*

1. Toda la información geográfica proporcionada a la Infraestructura Nacional de Información Geográfica por los distintos productores oficiales estará disponible en la dirección «IDEE», siglas de Infraestructura de Datos Espaciales de España. La información geográfica accesible mediante el portal IDEE podrá agruparse en portales o nodos sectoriales o territoriales.

2. La información geográfica proporcionada por la Administración General del Estado a la Infraestructura Nacional de Información Geográfica se agrupará bajo la dirección «IDEAGE». La información geográfica accesible mediante el portal IDEAGE podrá agruparse en portales o nodos sectoriales.

3. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional



constituirá y mantendrá el Portal Nacional de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) y el Portal IDEAGE, que deberán permitir, al menos, la localización de información geográfica de referencia y dar acceso a ella en todos los portales y nodos integrados en la Infraestructura Nacional de Información Geográfica. Todos los nodos con información geográfica de la Administración General del Estado serán accesibles a través del Portal Nacional IDEE y del Portal IDEAGE.

4. En caso de no crearse el nodo correspondiente a un dato de referencia por el agente responsable de la producción de dicha información geográfica en la Administración General del Estado, la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico deberá actuar subsidiariamente, de acuerdo con tal agente, para constituir el nodo correspondiente a la referida información geográfica.

#### Artículo 30. *Servicios de información geográfica.*

1. La información comprendida en la Infraestructura Nacional de Información Geográfica se gestionará de forma integrada y proporcionará a los usuarios el acceso a los siguientes servicios de información geográfica:

- a) Servicios de localización.
- b) Servicios de visualización.
- c) Servicios de descarga.
- d) Servicios de transformación.
- e) Servicios de datos espaciales.

2. El acceso a los servicios de información geográfica se realizará a través de Internet o de cualquier otro servicio de telecomunicaciones y estará condicionado al cumplimiento por los interesados de los requerimientos técnicos que permitan la interoperatividad de sus sistemas con la Infraestructura Nacional de Información Geográfica.

3. El acceso a los servicios de información geográfica será público. No obstante, el órgano gestor podrá denegar motivadamente el derecho de acceso a esta información cuando prevalezcan razones de interés público, por intereses de terceros más dignos de protección o cuando así lo disponga una Ley o las normas dictadas en su desarrollo. En todo caso, podrá denegarse el acceso a la información geográfica en los supuestos previstos en el artículo 37.5 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de régimen jurídico de las Administraciones públicas y del procedimiento administrativo común.

4. El acceso a los servicios de información geográfica será gratuito para las entidades que formen parte del Sistema Cartográfico Nacional.

Los restantes usuarios podrán acceder a los servicios de información geográfica de localización y visualización de manera gratuita, y a los demás servicios de manera gratuita o conforme al sistema de tasas o precios establecido en cada Administración pública. Excepcionalmente, previo informe del Consejo Superior Geográfico, el productor podrá someter al sistema de tasas o precios algún servicio de visualización de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica.

5. Las autoridades públicas podrán limitar el acceso público a los conjuntos y servicios de datos espaciales a través de los servicios mencionados, o a los servicios de comer-

cio electrónico, cuando dicho acceso pueda afectar negativamente a cualquiera de los siguientes aspectos:

- a) La confidencialidad de los procedimientos de las autoridades públicas, cuando tal confidencialidad esté ordenada por ley.
  - b) Las relaciones internacionales, la defensa nacional o la seguridad pública.
  - c) El desarrollo de procedimientos judiciales, la capacidad de una persona a tener un juicio justo o la capacidad de una autoridad pública de realizar una investigación de índole civil, penal o disciplinaria.
  - d) La confidencialidad de datos de carácter comercial e industrial, cuando dicha confidencialidad esté contemplada en la legislación nacional o comunitaria a fin de proteger intereses económicos legítimos, incluido el interés público de mantener la confidencialidad estadística y el secreto fiscal.
  - e) La confidencialidad de los datos o expedientes personales correspondientes a una persona física, conforme a lo establecido por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de carácter personal, en los casos en que ésta no haya autorizado su difusión al público.
  - f) Los intereses o la protección de toda persona que haya facilitado la información solicitada con carácter voluntario sin estar, o sin ser susceptible de estar, sometida a una obligación legal de hacerlo, salvo que dicha persona haya consentido la divulgación de la información de que se trate.
  - g) La protección del medio ambiente al que se refiera la información, especialmente en cuanto a la localización de especies o de lugares de reproducción.
- Los motivos que justifican la limitación del acceso se interpretarán de manera restrictiva, teniendo en cuenta en cada caso concreto el interés público que ampara la garantía de acceso. En cada caso concreto, el interés público en que se ampara la divulgación deberá sopesarse con el interés que justifica la limitación o condicionamiento del acceso.

## CAPÍTULO VI

### El Consejo Superior Geográfico

#### Artículo 31. *El Consejo Superior Geográfico.*

1. El Consejo Superior Geográfico es el órgano de dirección del Sistema Cartográfico Nacional, tiene carácter colegiado, depende del Ministerio de Fomento y ejerce la función consultiva y de planificación de la información geográfica y la cartografía oficial.

2. Serán órganos del Consejo Superior Geográfico los siguientes:

- a) El Pleno.
- b) La Comisión Permanente.
- c) La Comisión Territorial.
- d) Las Comisiones Especializadas.
- e) La Secretaría Técnica.

#### Artículo 32. *Composición del Pleno.*

1. La Presidencia del Consejo Superior Geográfico será ejercida por el Subsecretario de Fomento. Existirán tres Vicepresidencias, que corresponderán al Director General

del Instituto Geográfico Nacional, al Director del Instituto Hidrográfico de la Marina y al Director General del Catastro.

2. Además del Presidente, los Vicepresidentes y el Secretario Técnico, integrarán el Pleno los siguientes miembros:

a) En representación de la Administración General del Estado:

1.º Un vocal representante de cada uno de los siguientes Departamentos Ministeriales, a propuesta del titular de la Subsecretaría correspondiente: Asuntos Exteriores y de Cooperación; Justicia: Administraciones Públicas; Presidencia; Industria, Turismo y Comercio; Sanidad y Consumo; Vivienda; y Educación y Ciencia.

2.º Dos vocales en representación del Ministerio de Economía y Hacienda: uno a propuesta del Director General del Catastro y otro a propuesta del Instituto Nacional de Estadística.

3.º Tres vocales en representación del Ministerio de Medio Ambiente: dos a propuesta del Secretario General para el Territorio y la Biodiversidad y otro a propuesta de la Subsecretaría del Departamento.

4.º Tres vocales en representación del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: uno a propuesta del Presidente del Fondo Español de Garantía Agraria y dos a propuesta de la Subsecretaría del Departamento.

5.º Cuatro vocales en representación del Ministerio de Defensa: los titulares del Centro Geográfico del Ejército y del Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire; otro a propuesta de la Subsecretaría del Departamento, y otro a propuesta de la Secretaría de Estado del Departamento.

6.º Cuatro vocales en representación del Ministerio de Fomento: uno a propuesta de la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación; dos a propuesta del Director General del Instituto Geográfico Nacional, y el Director del Centro Nacional de Información Geográfica.

7.º Un vocal representante propuesto por cada uno de los siguientes Centros Directivos u Organismos Públicos: Secretaría de Estado de Cooperación Territorial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Nacional de Meteorología, Instituto Geológico y Minero de España, Dirección General de Aviación Civil, Dirección General de la Marina Mercante, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Secretaría General de Turismo, Dirección General de Protección Civil y Emergencias, Departamento de Infraestructura y Seguimiento para Situaciones de Crisis, Instituto Español de Oceanografía y Dirección General de los Registros y del Notariado.

b) En representación de las comunidades autónomas:

1.º Un vocal en representación de cada Comunidad Autónoma, cuando voluntariamente se haya integrado en el Sistema Cartográfico Nacional a iniciativa de su respectivo órgano de gobierno.

2.º Un vocal en representación de cada Comunidad Autónoma que no se haya integrado en el Sistema Cartográfico Nacional y que acuerde participar en el Consejo Superior Geográfico.

c) Seis vocales en representación de las ciudades con Estatuto de Autonomía y demás Entidades Locales, a pro-

puesta de la asociación de ámbito estatal de mayor representación, de los cuales la mitad, al menos, en representación de municipios de gran población integrados en el Sistema Cartográfico Nacional. Ninguna Entidad Local podrá contar con más de un representante.

3. Los vocales tendrán relación con el campo de la información geográfica o la cartografía y su nombramiento será acreditado por la Secretaría Técnica del Consejo.

Por cada vocal y por el mismo procedimiento que para los titulares, será nombrado un vocal suplente.

4. Los vocales cesarán a propuesta de la misma autoridad u organismo que propuso su nombramiento, salvo lo dispuesto para aquellos que lo sean en virtud del puesto que desempeñan.

5. El Pleno del Consejo contará con un Comité Consultivo, cuyo Presidente asistirá al Pleno del Consejo, integrado por los siguientes miembros representantes de diversas entidades del sector:

1. El Presidente de la Real Sociedad Geográfica.

2. El Presidente del Comité Español de la Unión Geográfica Internacional.

3. El Director Ejecutivo del Observatorio de la Sostenibilidad en España.

4. El Decano del Colegio Oficial de Registradores.

5. El Presidente de la Asociación de Ingenieros Geógrafos.

6. El Presidente del Colegio Oficial de Geógrafos.

7. El Presidente de la Asociación de Geógrafos Españoles.

8. El Presidente de la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección.

9. El Presidente de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica.

10. El Presidente de la Asociación de Ingenieros en Geodesia y Cartografía.

11. El Decano-Presidente del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

12. El Decano de una Facultad Universitaria de Geografía, designado por el Presidente del Consejo Superior Geográfico para un período de tres años.

13. El Director de una Escuela Universitaria de Ingeniería en Geomática y Topografía, designado por el Presidente del Consejo Superior Geográfico para un período de tres años.

14. El Director de algún Instituto Cartográfico Europeo, designado por el Presidente del Consejo Superior Geográfico para un período de tres años.

15. El máximo ejecutivo de alguna organización internacional del ámbito cartográfico, designado por el Presidente del Consejo Superior Geográfico para un período de tres años.

Artículo 33. *Funciones del Pleno.*

El Pleno ejercerá las siguientes funciones:

a) Informar, con carácter preceptivo, los proyectos de cuantas disposiciones generales afecten al Sistema Cartográfico Nacional.

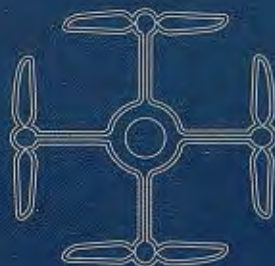
b) Tomar conocimiento de la integración y de la separación de una Administración Autonómica del Sistema Cartográfico Nacional, así como de su posible reintegración.

c) Programar, con carácter anual, su actividad y la de sus



# CARTO GALICIA

T O P O G R A F Í A



**CARTO GALICIA**  
T O P O G R A F Í A

**MERCATOP**  
T O P O G R A F Í A

Avda. Castelao, 12 Bajo  
15704 Santiago de Compostela  
Tel: 902 530 009 Fax: 981 554 880  
e-mail: [cartogalicia@cartogalicia.com](mailto:cartogalicia@cartogalicia.com)  
[www.cartogalicia.com](http://www.cartogalicia.com)

C/ Moisés de León, 3 Bajo - 24006 León  
Tel: 987 849 865 Fax: 902 533 003  
Móvil 646 222 155  
[omar@mercatop.com](mailto:omar@mercatop.com)  
[www.mercatop.com](http://www.mercatop.com)

Comisiones.

d) Informar, con carácter preceptivo, la modificación del Sistema de Referencia Geodésico o del Sistema de Proyección Cartográfica, así como la constitución de sistemas oficiales de información geográfica no desarrollados mediante mandato legal y, especialmente, impulsar la creación y mantenimiento de una Infraestructura Nacional de Información Geográfica mediante el ejercicio de las funciones especificadas en el artículo 28 de este real decreto.

e) En materia de producción cartográfica:

1.º Proponer al titular del Ministerio de Fomento el Plan Cartográfico Nacional para su elevación y, en su caso, aprobación por el Consejo de Ministros.

2.º Autorizar la producción de cartografía oficial básica y derivada en escalas distintas de las adoptadas en la regulación del Sistema Cartográfico Nacional a cada Administración pública integrada, así como articular los medios adecuados para realizar la producción y actualización de cartografía básica y derivada no realizada en las escalas asignadas en la regulación del Sistema a cada Administración pública integrada.

3.º Autorizar excepciones de producción cartográfica oficial, por razones técnicas o económicas, a las Administraciones integradas en el Sistema.

4.º Tomar conocimiento de los acuerdos de colaboración y cooperación en materia de producción cartográfica entre Administraciones públicas, o entre éstas y las Universidades u otras entidades públicas.

5.º Establecer y dar publicidad a los criterios mínimos de idoneidad que deberán satisfacer los trabajos, productos y servicios cartográficos oficiales.

6.º Informar los pliegos generales de prescripciones técnicas que utilicen los agentes de la Administración General del Estado y los demás agentes del Sistema, cuando estos últimos los sometan a homologación del Consejo.

7.º Canalizar y equilibrar la oferta y la demanda de los agentes productores de cartografía oficial integrados en el Sistema mediante la puesta en común, a través del Registro Central de Cartografía, de toda la información sobre cartografía oficial existente o en fase de planificación o producción.

8.º Tomar conocimiento, en términos homogéneos, del coste de producción de la cartografía oficial de cada Administración pública integrada en el Sistema.

9.º Proponer las normas geográficas para la ejecución de la cartografía básica y de la derivada correspondiente a series nacionales al titular del Ministerio de Fomento, tratándose de Cartografía Topográfica, o al titular del Ministerio de Defensa en el caso de la Cartografía Náutica.

10.º Proponer la aprobación oficial de la cartografía básica, y de la derivada correspondiente a series nacionales, al Ministro que corresponda según el apartado anterior.

11.º Informar a los titulares de los Ministerios de Fomento y Defensa sobre cuantos asuntos éstos le encomienden en relación con las actividades cartográficas públicas.

12.º Determinar recomendaciones de difusión pública y proponer a las autoridades competentes su aprobación, así como criterios y procedimientos para el intercambio gratuito de datos y productos cartográficos entre los agentes integrados en el Sistema, en el marco de las normas y

acuerdos, nacionales e internacionales, aplicables; igualmente, determinar los casos a los que podrá aplicarse el sistema de tasas o precios públicos cuando se trate de servicios de visualización de la Infraestructura Nacional de Información Geográfica.

f) En materia del Registro Central de Cartografía:

1.º Fomentar la coordinación y, en su caso, conexión telemática entre el Registro Central de Cartografía y los Registros Cartográficos de las comunidades autónomas.

2.º Fomentar la coordinación entre las Administraciones competentes en materia de nombres geográficos y aprobar el Nomenclátor Geográfico Nacional.

g) Las demás atribuciones que le señalen las leyes y reglamentos y, especialmente, tomar conocimiento y aprobar, en su caso, los informes de la Comisión Permanente y demás Comisiones del Consejo, así como conciliar los posibles conflictos que surjan entre las Administraciones públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional.

Artículo 34. *La Comisión Permanente.*

1. La Comisión Permanente estará presidida por el Director General del Instituto Geográfico Nacional. Existirán dos Vicepresidencias, que recaerán en el Director del Instituto Hidrográfico de la Marina y en el Director General del Catastro. Asimismo estará integrada por los siguientes vocales, designados por el Presidente del Pleno:

a) Uno de los vocales incluidos en el artículo 32.2.a) 2.º

b) Uno de los vocales incluidos en el artículo 32.2.a) 3.º

c) Uno de los vocales incluidos en el artículo 32.2.a) 4.º

d) Dos de los vocales incluidos en el artículo 32.2.a) 5.º

e) Dos de los vocales incluidos en el artículo 32.2.a) 6.º

f) Dos de los vocales incluidos en el artículo 32.2.a) 7.º

g) Cuatro de los vocales incluidos en el artículo 32.2.b) 1.º, a propuesta de los vocales pertenecientes a esta categoría.

h) Dos de los vocales incluidos en artículo 32.2.c), a propuesta de los vocales pertenecientes a esta categoría.

i) Los Presidentes de las Comisiones Especializadas del Consejo, si no están incluidos en alguno de los casos anteriores.

j) El Secretario Técnico del Consejo Superior Geográfico, que actuará como Secretario de la Comisión, con voz pero sin voto.

2. Será convocado a la Comisión Permanente el miembro del Pleno o representante de la Administración cuyo Plan o Programa Cartográfico, o asunto de su competencia, figure en el orden del día de los asuntos a tratar. Podrá participar con voz pero sin voto adicional.

3. Podrán ser convocados a la Comisión Permanente el Presidente y el Secretario del Comité Consultivo del Pleno, que serán elegidos por mayoría entre sus miembros por un período de tres años. Podrán participar con voz pero sin voto.

4. Corresponde a la Comisión Permanente conocer los asuntos que sean competencia del Pleno y tomar decisiones sobre ellos si se alcanza una mayoría de dos tercios de sus miembros presentes; así como resolver las cuestiones de carácter urgente que exijan una decisión inmediata o las que le haya delegado el Pleno. En tales circunstancias se dará cumplida información al primer Pleno que se celebre;



en todo caso, será de aplicación lo dispuesto en el capítulo II del Título II de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre.

#### Artículo 35. *La Comisión Territorial.*

1. La Comisión Territorial conocerá los proyectos y disposiciones que afecten a la ordenación del Sistema Cartográfico Nacional, debiendo informar con carácter previo al ejercicio por el Pleno de las funciones incluidas en las letras a), b), d), f), g) y en los números 2.º, 3.º, 4.º y 12.º de la letra e) del artículo 33.

2. La Comisión Territorial estará presidida por el Presidente de la Comisión Permanente y contará con un representante de cada una de las comunidades autónomas y ciudades con Estatuto de Autonomía integradas en el Sistema Cartográfico Nacional y con un representante propuesto por la Asociación de Entidades Locales de mayor implantación en el territorio nacional. Actuará como Secretario el del Pleno. Su informe tendrá carácter vinculante para la Comisión Permanente cuando verse sobre los planes y programas cartográficos de las Administraciones Autonómicas y Locales integradas en el Sistema Cartográfico Nacional.

#### Artículo 36. *Comisiones Especializadas.*

1. Como órganos de estudio y propuesta en orden a la preparación de las decisiones de la Comisión Permanente y del Pleno, se constituirán las siguientes Comisiones Especializadas:

- a) Comisión Especializada del Sistema Geodésico.
- b) Comisión Especializada del Plan Cartográfico Nacional.
- c) Comisión Especializada de Normas Geográficas.
- d) Comisión Especializada de Observación del Territorio.
- e) Comisión Especializada de Infraestructuras de Datos Espaciales.
- f) Comisión Especializada de Nombres Geográficos.

2. Cada una de estas Comisiones Especializadas estará integrada por un mínimo de cinco expertos en la materia de que se trate y un máximo de siete, y un Presidente y un Secretario, de manera que ninguna de ellas esté formada sólo por integrantes de un único nivel territorial de Administración. El Presidente será alguno de los vocales del Pleno. Todos ellos serán seleccionados por la Comisión Permanente y nombrados por el Presidente de ésta para periodos mínimos de tres años; su cese, antes de la conclusión de ese período, podrá ser adoptado por mayoría de dos tercios de la Comisión Permanente.

3. Cada una de estas Comisiones Especializadas podrá solicitar autorización a la Comisión Permanente para la constitución de Grupos de trabajo propios, especialmente para el desarrollo de trabajos específicos que se le hayan asignado.

4. Cada Presidente de Comisión Especializada someterá a la Comisión Permanente una propuesta de actuación anual y, en su caso, su previsión anual de necesidades financieras.

#### Artículo 37. *Secretaría Técnica.*

1. La Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico será desempeñada por la Secretaría General de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

2. Corresponden a la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico las funciones previstas en el artículo 25 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de régimen jurídico de las Administraciones públicas y del procedimiento administrativo común y, en particular, las siguientes:

- a) Proveer los recursos y medios necesarios, así como garantiza la viabilidad jurídica y establecer los procedimientos administrativos oportunos, para el ejercicio de las competencias técnicas y gestoras atribuidas al Consejo Superior Geográfico.
- b) Mantener informados a todos los representantes de las distintas Administraciones en el Pleno del Consejo Superior Geográfico sobre las actividades de sus Comisiones, Comisiones Especializadas y Grupos de Trabajo.
- c) Expedir o, en su caso, supervisar la expedición de la certificación del cumplimiento de los requisitos y especificaciones técnicas de idoneidad determinados por el Consejo Superior Geográfico en relación con los trabajos, productos y servicios cartográficos de la Administración General del Estado, así como el ejercicio operativo y aplicación, bajo la superior autoridad del Consejo Superior Geográfico, de las funciones atribuidas a éste por el artículo 33 de este real decreto y emitir los informes que, en consecuencia, correspondan.
- d) El análisis y seguimiento de la ejecución del Plan Cartográfico Nacional, así como la propuesta de acciones de mejora de los programas operativos anuales.

#### Disposición adicional primera. *Cartografía Catastral.*

1. La cartografía catastral, que tiene la consideración de cartografía temática, se regirá por lo establecido en el Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario y sus normas de desarrollo y, supletoriamente, por lo establecido en el presente real decreto.

2. Cuando exista cartografía topográfica básica oficial inscrita en el Registro Central de Cartografía y debidamente actualizada, realizada por alguno de los agentes integrados en el Sistema Cartográfico Nacional, la cartografía catastral correspondiente se actualizará o realizará a partir de ella.

3. En ausencia de la cartografía topográfica necesaria o en caso de no haber llegado a un acuerdo con el agente productor, la Dirección General de Catastro podrá producirla, conforme a los criterios de idoneidad establecidos por el Consejo Superior Geográfico, dando cuenta a la Secretaría Técnica.

#### Disposición adicional segunda. *Designación de representantes de las comunidades autónomas.*

La solicitud de participación de cada Comunidad Autónoma en el Sistema Cartográfico Nacional y el correspondiente convenio de colaboración deberán determinar el órgano o Centro Directivo de la Administración Autónoma responsable de la propuesta del vocal en el Consejo Superior Geográfico y encargado del mantenimiento de las relaciones con su Secretaría Técnica. El convenio podrá incluir entidades del sector público autonómico.

Disposición adicional tercera. *Sistema de integración y de designación de representantes de las Entidades Locales.*

1. La solicitud de participación de cada Entidad Local en el Sistema Cartográfico Nacional será remitida al Consejo Superior Geográfico por el vocal representante de la Comunidad Autónoma correspondiente. La Secretaría Técnica del Consejo lo comunicará a la Asociación de Entidades Locales de mayor implantación en el territorio nacional con anterioridad a la suscripción del correspondiente convenio de colaboración.

2. Si una Comunidad Autónoma no se integra en el Sistema Cartográfico Nacional, las Entidades Locales de su ámbito territorial podrán solicitar, a través de la referida Asociación de Entidades Locales, su participación en el Sistema.

3. A estos efectos, las ciudades con Estatuto de Autonomía se registrarán por lo establecido en la Disposición adicional segunda.

Disposición adicional cuarta. *Autorización de vuelos para trabajos cartográficos.*

1. La Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico, en el plazo máximo de seis meses, previo informe preceptivo de la Comisión Especializada de Observación del Territorio, propondrá a la Comisión Interministerial entre Defensa y Fomento a la que se refiere el artículo 6 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea, el procedimiento de autorización de vuelos para trabajos cartográficos, que deberá ser aprobado mediante orden del Ministro de la Presidencia.

2. El vuelo con finalidades cartográficas sobre las zonas prohibidas, en los términos del Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea, sólo podrá ser realizado, salvo otras posibilidades que contemple el procedimiento previsto en el apartado anterior, por el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire.

3. El vuelo con finalidades cartográficas sobre las zonas restringidas, en los términos del Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación

Aérea, precisará de autorización del Ministerio de Defensa (Estado Mayor del Aire), en el plazo máximo de veinte días hábiles y previo informe de la Dirección General de Aviación Civil, en tanto se aprueba el procedimiento previsto en el apartado primero de esta disposición.

Disposición adicional quinta. *Contratación Pública.*

Los informes de la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico a los que se refiere este real decreto formarán parte de los expedientes de contratación que tengan por objeto la realización de cartografía básica, derivada o temática en la Administración General del Estado y sus Organismos o Entidades dependientes.

Disposición adicional sexta. *Actividad Internacional.*

1. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional ostentará la representación oficial de la Administración General del Estado en los foros internacionales en materia de cartografía básica topográfica, de nombres geográficos y de la información geográfica correspondiente, y el Instituto Hidrográfico de la Marina en materia de cartografía básica náutica y de la información geográfica correspondiente, sin perjuicio de los intereses de la Defensa Nacional ni de las competencias del Ministerio de Asuntos Exte-

riores y de Cooperación.

2. La Administración General del Estado, a través de ambos Institutos, propondrá la incorporación al Sistema Cartográfico Nacional de la normativa técnica en materia cartográfica aprobada por las instituciones internacionales competentes, velará por su aplicación en la cartografía oficial española y asumirá funciones de control para asegurar la continuidad de la cobertura cartográfica producida por las comunidades autónomas y ciudades con Estatuto de Autonomía limítrofes con otros Estados.

3. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional dará cuenta a la Comisión Permanente y a la Comisión Territorial del Consejo Superior Geográfico de las reuniones de ámbito internacional en materia cartográfica que esté previsto celebrar y de aquellas a las que haya asistido, pudiendo proponer ambas Comisiones la participación en tales reuniones de alguno de sus vocales formando parte de la delegación oficial española.

Disposición adicional séptima. *Información técnica.*

La Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico informará a los distintos Ministerios sobre cualquier cuestión relacionada con sus funciones en el ámbito de la cartografía y la información geográfica, y les prestará la colaboración técnica que aquellos soliciten en este ámbito.

Disposición transitoria única. *Constitución del Sistema Cartográfico Nacional.*

En el plazo máximo de nueve meses desde la entrada en vigor de este real decreto, los órganos competentes de la Administración General del Estado adoptarán las medidas necesarias para el correcto desarrollo de las prescripciones establecidas en él y, junto con las Administraciones Autonómicas y Locales que soliciten su participación, se constituirá el Sistema Cartográfico Nacional previa suscripción de los correspondientes convenios de colaboración.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

Quedan derogadas las siguientes disposiciones reglamentarias:

a) Real Decreto 2039/1994, de 17 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Régimen Jurídico y de Funcionamiento del Registro Central de Cartografía.

b) Real Decreto 1792/1999, de 26 de noviembre, por el que se regulan la composición y funcionamiento del Consejo Superior Geográfico.

Disposición final primera. *Facultades de desarrollo.*

Se autoriza a los Ministros de Fomento y de Defensa, en el ámbito de sus respectivas competencias, a dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo y ejecución de lo establecido en este real decreto.

Disposición final segunda. *Entrada en vigor.*

Este real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 23 de noviembre de 2007.

JUAN CARLOS R.

La Vicepresidenta Primera del Gobierno  
y Ministra de la Presidencia,  
MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ



# NORMAS PARA AUTORES

## CONTENIDO

Mapping es una revista internacional en lengua española que publica artículos sobre Ciencias de la Tierra con un enfoque tanto investigativo como profesional. Mapping no es una revista especialista sino generalista donde se publican artículos de Topografía, Geodesia, SIG, Medio Ambiente, Teledetección, Cartografía, Catastro, Turismo y Ciencias de la Tierra en general. El amplio campo cubierto por esta publicación permite que en ella el lector, tanto científico como técnico, pueda encontrar los últimos trabajos publicados con las nuevas investigaciones y desarrollos en el campo de las Ciencias de la Tierra en la comunidad hispanohablante.

La revista Mapping invita a los autores de artículos en el campo de las Ciencias de la Tierra a la colaboración mediante el envío de manuscritos para su publicación, según las siguientes normas:

## ESTILO

El artículo será enviado como documento de texto con las siguientes normas de estilo:

- La fuente será "Times New Roman" a tamaño 12.
- Interlineado a doble espacio.
- Sin espaciado adicional al final o al principio de los párrafos.
- Justificación en ambos laterales.
- Títulos de los diferentes apartados y subapartados del artículo ordenados de manera numérica, en mayúsculas y en negrita.
- Tamaño del papel DIN A4.
- Márgenes verticales y laterales de 2,5 cm.
- No se admiten encabezados ni pies de página.

## LONGITUD

La longitud de los artículos no está establecida, recomendándose una extensión en torno a las 10 páginas para el texto con el estilo propuesto.

## SISTEMAS DE UNIDADES

Salvo excepciones que serán evaluadas por el Comité Editorial el sistema de unidades será el Sistema Internacional.

## FORMULAS MATEMÁTICAS

Las fórmulas matemáticas se incluirán en el cuerpo de texto en una línea aparte y con justificación centrada. Las fórmulas se numerarán correlativamente por su orden de aparición con su número entre paréntesis a la derecha.

## TABLAS

Las tablas se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación del texto, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final se incluirá una línea con la palabra "tabla" y su número en mayúsculas, con justificación centrada.

El diseño de las tablas será tal que permita su lectura con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho).

En ningún caso se admitirán tablas en formato apaisado.

## FIGURAS

Las figuras se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación de las tablas, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final y se incluirá una línea con la palabra "figura" y su

número en mayúsculas, con justificación centrada. El diseño de las figuras será tal que permita su visibilidad con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho). Se admiten figuras en blanco y negro y color.

## REFERENCIAS

En el cuerpo del texto del artículo las referencias se citarán por el apellido del autor y el año de publicación separados por una coma y entre paréntesis. Las referencias se incluirán al final del texto como un apartado más del mismo y se documentarán de acuerdo al estándar cuyo modelo se incluye a continuación:

### LIBROS

*Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título. Edición. Editorial, ciudad de publicación. Número de páginas pp.*

### REVISTAS

*Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del artículo. Revista, número (volumen), pp: pagina de inicio-pagina final.*

### DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

*Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del documento. Enlace de Internet.*

En todos los casos se incluirán tantos autores como figuren en las referencias.

**No se admitirán artículos sin referencias.**

## FORMATO DEL MANUSCRITO

El documento que será enviado al comité editorial en el siguiente formato:

### HOJA DE PORTADA

En la hoja de portada se incluirán los siguientes datos

#### TÍTULO

El título del artículo deberá tener menos de 15 palabras y estar escrito en español e inglés.

#### AUTORES Y FILIACIÓN

A continuación del título se incluirán los autores en el orden de aparición, sus datos de filiación y contactos en el siguiente formato:

*Apellido, nombre.*

Institución o empresa. Teléfono.

Correo electrónico. País

#### ARTÍCULO

El artículo estará formado por el cuerpo del texto, las tablas y figuras. **Irà precedido de su título en mayúsculas, un resumen de 100-200 palabras y palabras claves, todo ello en español e inglés.** El artículo comenzará en una hoja aparte y no contendrá ningún dato de los autores para la revisión anónima del mismo. La estructuración de los artículos es decisión de los autores pero se recomienda la estructura habitual en los artículos en publicaciones científicas.

## ENVIO DE LOS MANUSCRITOS

Los manuscritos serán enviados en formato digital, preferentemente PDF o WORD a la dirección de correo electrónicos [manuscritos@mappinginteractivo.com](mailto:manuscritos@mappinginteractivo.com)

# Noticias

## Topcon GMS-2 Pro

Topcon ha presentado el nuevo GMS-2 Pro, que combina un receptor GMS-2 GPS/GLONASS con una cámara de 2 megapixel, distanciómetro, brújula electrónica e inclinómetro. La precisión angular de la brújula es +/-4 grados y el distanciómetro alcanza 50 metros con +/-10mm de precisión. El GMS-2 Pro tiene como opción el receptor de radio faro BR-1 para captar señales de correcciones diferenciales y alcanzar precisión sub-métrica. Conectándolo a un teléfono móvil mediante Bluetooth, también puede recibir correcciones de una red de referencia.

## TOPCON Serie GTS-750

Topcon ha presentado la serie GTS-750 de estaciones totales de gama media, que reemplazan a la serie GTS-720. Esta nueva serie ofrece las mismas características de interface que las nuevas series GPT-9000 y GPT-7500. El instrumento tiene un alcance con prisma de 3.000m (2.000m para el modelo GTS-755) con una precisión de +/-2mm + 2ppm. Las precisiones angulares de los tres modelos son 1", 3" o 5" (0,3; 0,6 y 1,5 mgon). Algunas características específicas son que incluye Windows CE.NET como sistema operativo, incorpora además el software TopSURV, en una pantalla gráfica LCD a color, interface con datos múltiples, almacenamiento de datos vía tarjeta CF, mini USB y USB.

## Inland GEO

Inland GEO es el fruto de la fusión de empresas especializadas en diferentes campos relacionados con los Sistemas de Posicionamiento y la Medición del Terreno, para ofrecer una solución integral al mercado.

En 2005 tras la incorporación de la División de Posicionamiento de España y Portugal de la marca japonesa TOPCON, se convierte en la empresa de mayor dimensión internacional en distribución de tecnología de posicionamiento. Ofrecemos Aparatos topográficos, Sistemas GPS, equipos de Nivelación Láser para Construcción, Equipos de Control de Maquinaria para Construcción y para Agricultura de Precisión, Herramientas de captura de datos y Gestión de flotas.

Nuestra orientación al Cliente nos conduce a prestar servicios de Soporte, Formación, Alquiler, Servicio Técnico, y Aparatos de Ocasión.

Inland GEO es un organismo vivo y en continuo movimiento, por ello en 2008 damos un nuevo paso e iniciamos un proceso de expansión y diversificación que nos permitirá entrar en nuevos mercados y asumir una mayor capacidad de innovación y servicio.

Somos una empresa joven que crece y se consolida y que cuenta con el mejor equipo humano, orientado a satisfacer eficaz y eficientemente las necesidades de nuestros Clientes, centrado en ofrecer soluciones y respuestas lo más ágiles posibles, creando el valor añadido que nuestros Clientes desean

Todos nuestros servicios están avalados con el certificado de Calidad de AENOR.

## Prestige Group y Grupo Inland se alían para comprar la firma de renovables Abasol

- El grupo ha comprado el 60% de esta consultora especializada en la ingeniería, diseño e instalación de energía solar fotovoltaica y térmica por un importe de 15 millones de euros
- El 40% restante ha sido adquirido por una empresa del Grupo Inland, líderes en la distribución de tecnología del posicionamiento

El pasado 16 de enero de 2008. Prestige Group, a través de su firma de capital riesgo Sasor, ha cerrado la compra del 60% de Abasol, firma de ingeniería, diseño e instalación de sistemas energéticos de fuentes renovables, especializada en energía solar fotovoltaica y térmica. La inversión realizada asciende a 15 millones de euros.

Prestige Group y Grupo Inland mantendrán la confianza en el actual equipo gestor de Abasol, que tiene previsto cerrar en 2008 varios proyectos en parques solares de 10 MW por valor de 60 millones en las provincias de Almería, Cáceres y Zamora.

## BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN

## MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 12 números al precio de 11 números.

Precio para España: 60 euros. Precio para Europa: 90 euros, y América: US\$ 120.

Forma de pago: Talón nominativo o transferencia a nombre de REVISTA MAPPING, S.L.

CAJA MADRID: Pº. de las Delicias, 82 - 28045 MADRID Nº 2038-1732-55-3001376203

Enviar a: REVISTA MAPPING, S.L. - C/Hileras, 4, 2º, Of. 2 - 28013 MADRID.

Nombre ..... NIF ó CIF .....

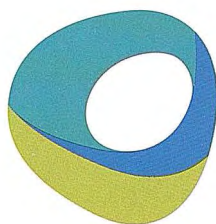
Empresa ..... Cargo .....

Dirección ..... Teléfono .....



INLAND ACOMETE UNA NUEVA ETAPA DE  
**EXPANSIÓN**  
CON UNA IMAGEN RENOVADA.

NOS HEMOS PREPARADO A FONDO,  
**ASÍ NOS PRESENTAMOS.**



**InlandGEO**

ELIJA LA HERRAMIENTA MÁS AVANZADA  
Y SU TRABAJO SERÁ MÁS FÁCIL

# Laser IMAGER 5006 de Z+F



- Intuitivo
- Sin cables
- Muy fácil de manejar
- En venta o alquiler



Avda Filipinas 46. Madrid 28003 Teléfono  
915537207

[grafinta@grafinta.com](mailto:grafinta@grafinta.com)