



Nuestra portada:

Mapa mural de Fray Mauro (siglo XVI). Tiene unas dimensiones de 1,96 x 1,93 m y se conserva en la Biblioteca Nacional Marciana de Venecia, siendo realizado, por encargo de la Signoria de dicha ciudad, a partir de un mapa encargado por Alfonso V de Portugal en 1459.

Vol. XVIII - N.º 107
Noviembre-Diciembre
2001

DIRECTOR
Carlos Barrueso Gómez

*

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio
 Oficial de Ingenieros Técnicos
 en Topografía

*

DIRECCION, REDACCION,
 ADMINISTRACION Y
 PUBLICIDAD

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

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

Título clave: TOPCART
 Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:
 ALBADALEJO, S.L.

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

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

Esta revista ha sido impresa en papel
 ecológico

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE
 INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

Sumario

Carta del Decano	3
DART Aplicación Informática para el Diseño y Ajuste de Redes Topográficas: (I) Estructura General y Ajuste Planimétrico Silverio García Cortés, Benjamin Sánchez Fernández y Eugenio Sáez García	5
Estado actual de las Redes de Nivelación en la Comunidad Valenciana Ángel Martín, José Luis Berné y Julio Faustino	14
Coctel de Naturaleza José Luis Sánchez	24
Ensayos de reproducibilidad con un receptor GPS expedito Pelayo González-Pumariega Solís y José Antonio Suárez García	26
I Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica	34
Organismos Cartográficos Nacionales Europeos: ¿Quo Vadis? John Leonard	36
Metodología para la aplicación de Modelos de Erosión con un SIG Ángel Marqués Mateu, Matilde Balaguer Puig, Juan M. Gisbert, Gema Andrés Aznar y Sara Ibáñez Asensio	45
Novedades Técnicas	58
Bibliografía	66
Vida Profesional	70
Índices del Volumen XVIII, 2001	76
Índice Comercial	79

Carta del Decano



Seguimos avanzando el grupo de las Ingenierías Técnicas y de la Arquitectura Técnica, en el reconocimiento de la sociedad a unos profesionales con capacidad y formación tecnológica para dar respuesta a las necesidades en cada momento.

Ese reconocimiento general es fruto de una permanente actualización formativa, profesional, de relación y de servicio empresarial que exige un gran esfuerzo personal que debe verse apoyado por la Universidad en el periodo formativo y desde una deseable formación continua en colaboración con las empresas y Colegios Profesionales a lo largo de la vida profesional.

Recientemente se ha celebrado el III Foro Ibérico en el que se ha analizado la situación de la Ingeniería Técnica en España junto a la de los Colegas Portugueses, mediante tres grupos de trabajo: Formación, Ejercicio Profesional y Europa. Una mesa redonda con intervención de empresarios completaba el análisis, debate y conclusiones sobre la situación actual.

La estructura de los Planes de Estudio adaptados al Mercado y al papel de las Asociaciones y Colegios Profesionales, han sido objeto del Grupo de Formación.

Las Administraciones Públicas deben tener en cuenta las características personales de liderazgo, capacidad y competencia profesional, así como la experiencia y adquisición de conocimientos de cara al acceso al Grupo A de la Función Pública; reconocer el Título Profesional en la forma que se obliga para la actividad privada; difusión de competencias de los Ingenieros Técnicos ante los Organismos Públicos; estar al servicio de la comunidad de cara a ofrecer siempre las mejores soluciones para su progreso, forman parte del grupo de Trabajo Profesional.

Trabajar por una Unión Europea democrática que garantice la igualdad de oportunidades a los profesionales de la Ingeniería Técnica, sin discriminación; potenciar la movilidad; implantar un modelo profesional que integre la enseñanza universitaria y la experiencia; intensificar las relaciones entre Asociaciones Profesionales en el ámbito Europeo, son algunos aspectos tratados en el Grupo Europa.

Los empresarios han manifestado que la formación técnica de los Ingenieros Técnicos es bastante completa en general; que se echa en falta una formación en temas de gestión, recursos humanos, legislación, economía de empresas, etc., que consideran necesarios en el mundo empresarial; que se precisa una mayor colaboración entre la Universidad y la Empresa para mantener una formación continua del personal técnico y entre otras cosas, señalan la importancia del conocimiento de un segundo o tercer idioma.

Todo lo anteriormente escrito es coincidente con los objetivos que desde el Colegio de Ingenieros Técnicos en Topografía nos hemos marcado.

Queremos buenos planes de estudio impartidos por los mejores Docentes para formar excelentes profesionales.

Queremos reconocimiento de nuestra titulación por parte de las Administraciones Públicas.

Queremos dar respuesta a las demandas de la sociedad desde la responsabilidad y la mejor solución y orientación en el ejercicio profesional.

En esta línea vamos a continuar andando, haciendo camino en el nuevo año que os deseo lleno de éxitos profesionales y de bienestar personal y familiar.

Miguel Ángel Muñoz Gracia
DECANO DEL COITT



*El Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos en Topografía
y su Revista Topografía y Cartografía
les desean una feliz Navidad
y próspero Año 2002*

DART Aplicación Informática para el Diseño y Ajuste de Redes Topográficas:

(I) Estructura General y Ajuste Planimétrico

Silverio García Cortés, Benjamín Sánchez Fernández y Eugenio Sáez García

ÁREA DE INGENIERÍA CARTOGRAFICA, GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

1. INTRODUCCION

Este artículo describe el manejo de una aplicación informática, desarrollada en el Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo, cuyo objetivo es efectuar el ajuste, mediante mínimos cuadrados, de redes topográficas con las configuraciones más características en ingeniería.

Se ha pretendido elaborar una aplicación que, empleando un entorno amigable para el usuario, permitiera resolver con rigor matemático el problema de la estimación de los parámetros de la red. Aquí se describen únicamente los aspectos relacionados con la funcionalidad y el manejo del programa, que está constituido por un conjunto de 113 funciones y 34 ventanas gráficas, que se ejecutan sobre el espacio de trabajo de Matlab® en su versión 5.3 o superior.

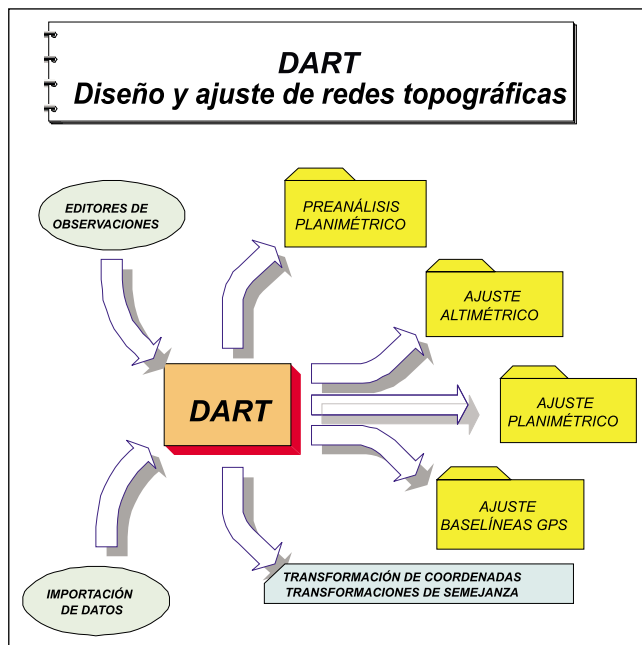


Figura 1

La aplicación DART (Diseño y Ajuste de Redes Topográficas) ha sido empleada en la resolución de trabajos dentro del Área de Ingeniería Cartográfica de la Universidad de Oviedo. Algunos de estos trabajos han servido para ilustrar este artículo. En esta primera parte se describe la ejecución de los ajustes planimétricos.

2. ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA

El programa DART permite realizar diversos tipos de ajustes de redes topográficas. En concreto, es posible ajustar, mediante la técnica de mínimos cuadrados, redes altimétricas obtenidas mediante nivelación tri-

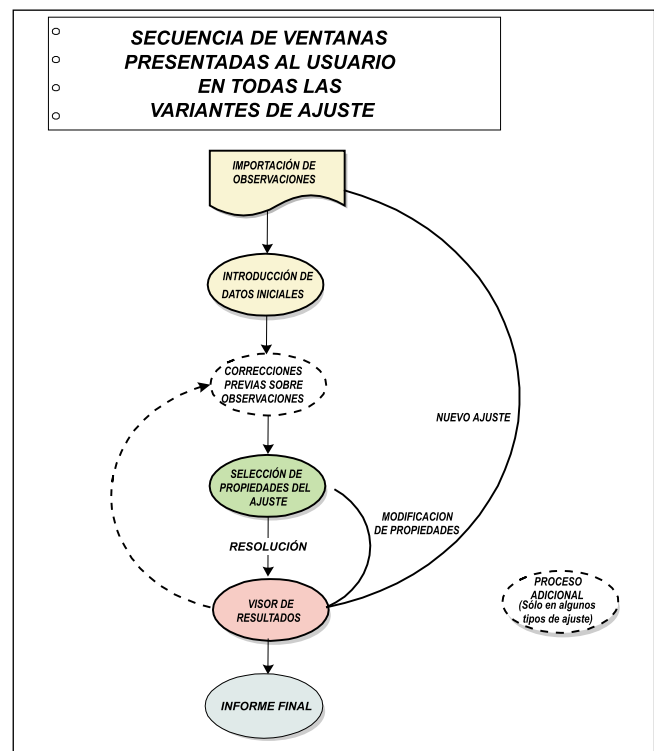


Figura 2

gonométrica o mediante nivelación geométrica; **redes planimétricas**, constituidas por observaciones de distancias y direcciones (lecturas angulares horizontales) y **redes de baselíneas GPS**, constituidas por baselíneas ya calculadas a partir de las medidas en campo. También es posible realizar el **Diseño o Pre-Análisis de una red planimétrica**, con el fin de estudiar las precisiones que se prevé obtener en las diversas estaciones y analizar los efectos de distintas configuraciones de la red con anterioridad al trabajo topográfico. Se incluyen además otras herramientas, como módulos de **Transformación de coordenadas UTM ↔ GEOGRÁFICAS** y de **Transformaciones de semejanza conforme en 2D y 3D**. La introducción de datos por parte del usuario se realiza con utilidades tales como los **Editores de observaciones**, distintos para cada uno de los casos de ajuste que el programa puede resolver.

La estructura de implementación es modular y se gestiona desde una ventana principal en la que, a través de menús, es posible acceder a los diferentes tipos de ajustes citados.

3. AJUSTES PLANIMÉTRICOS

El módulo de ajuste planimétrico permite realizar el ajuste de una red entre cuyos nodos se hayan realizado observaciones de distancias y lecturas angulares horizontales. La entrada de las observaciones al programa se realiza mediante un fichero de texto que debe cumplir la siguiente estructura: *Estación, Pto. Visado, Lectura Horizontal (g), Ángulo cenital (g), Distancia, Grupo de Precisión*.

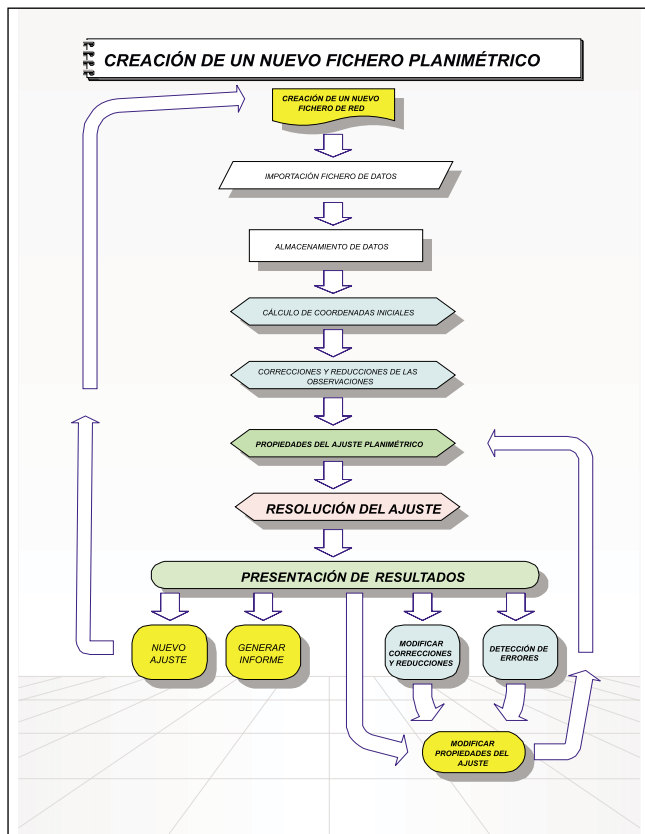


Figura 3

Para la creación o modificación de este tipo de ficheros se puede utilizar el editor de observaciones, al cual se accede a través del menú **UTILIDADES**. Sin embargo, el fichero puede ser creado mediante el uso de cualquier programa editor de textos. El flujo de trabajo que ejecuta el programa durante la realización de un nuevo ajuste planimétrico puede apreciarse en el diagrama de la figura 3.

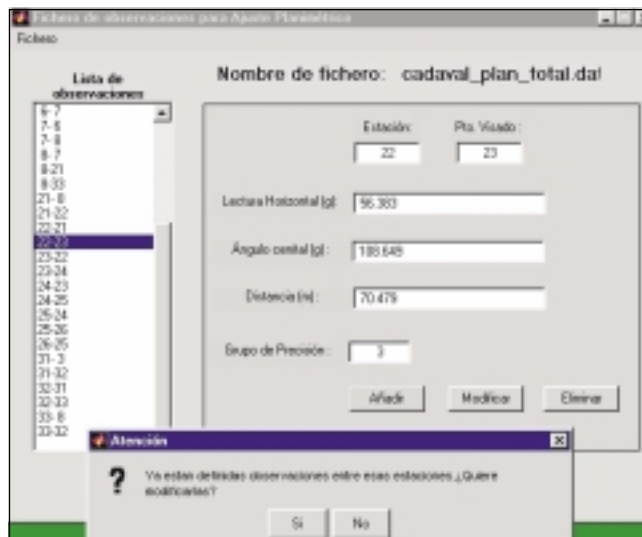


Figura 4

Cada ajuste guarda todos sus datos, variables de trabajo y resultados en un fichero binario que se va construyendo durante el proceso de resolución. De este modo, una vez creado este fichero puede ser recuperado con el programa para visualizar los resultados o modificar cualquier restricción o característica del ajuste, sin necesidad de recomenzar el trabajo desde un principio.

3.1. Creación de un fichero de ajuste

Una vez que ya se dispone del fichero de entrada, se comienza el proceso de trabajo, que discurre de una forma muy similar para los distintos tipos de ajustes. La creación de un nuevo ajuste comienza accionando la opción de menú **ARCHIVO DE AJUSTE, NUEVO FICHERO PLANIMÉTRICO**.

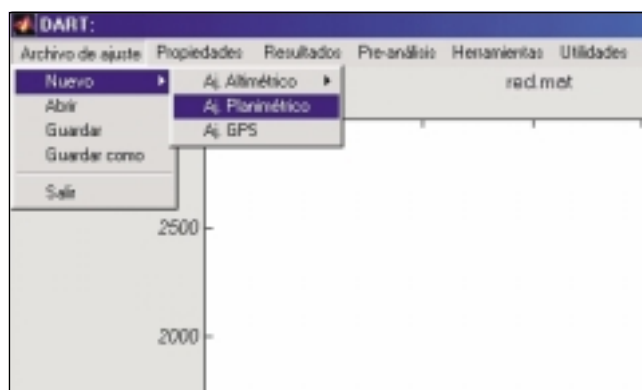


Figura 5

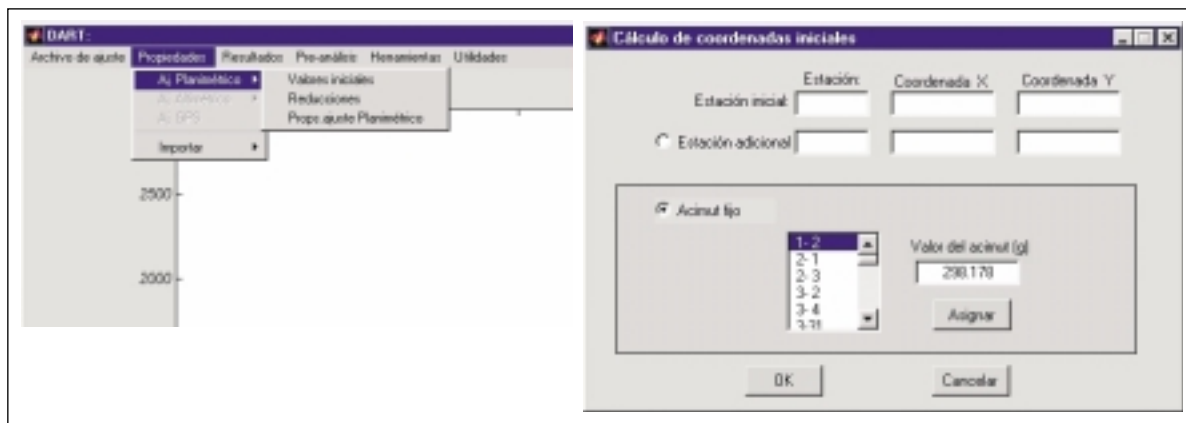


Figura 6

Es en este momento cuando se importa el conjunto de observaciones contenido en el fichero cuya estructura se describió anteriormente. Para el ajuste planimétrico las ecuaciones de observación serán las de las distancias y las de las lecturas angulares horizontales. La elección de las lecturas angulares horizontales (direcciones) en lugar de los ángulos es debida a que las primeras son realmente los observables originales que pueden tomarse en el campo con un teodolito u estación total.

3.2. Cálculo e importación de coordenadas iniciales

Dado que, como ya se ha explicado, el ajuste se resuelve mediante un proceso iterativo, se hace necesario disponer de unos valores iniciales de los parámetros que se trata de determinar. Estos valores se pueden importar mediante la opción de menú *IMPORTAR COORDS.* o hacer que el programa los calcule. Este cálculo se realiza seleccionando la opción *PROPIEDADES AJ. PLANIMÉTRICO VALORES INICIALES.* El programa presenta entonces una ventana en la que se piden unos datos mínimos para el cálculo de estos valores. También se puede realizar el cálculo de las coordenadas suministrando bien las coordenadas de dos estaciones o bien las coordenadas de una estación y un acimut inicial fijo. Ambas opciones son excluyentes, pudiéndose elegir una u otra activando las casillas de verificación circulares que se etiquetan como *ESTACIÓN ADICIONAL* o *ACIMUT FIJO.*

Si el grupo de observaciones original estaba exento de grandes errores, la forma de la red presentada en el gráfico preliminar será muy similar a la que tendrá la red una vez sea ajustada. El calculador de coordenadas iniciales calculará estas coordenadas para todo nodo de la red que esté conectado con otro nodo mediante al menos una lectura angular horizontal y una distancia. Los puntos radiados cumplen esta condición y por lo tanto son perfectamente calculables, sin embargo no es posible calcular los puntos que estén determinados solamente por lecturas angulares mediante una intersección directa simple o múltiple o los determinados mediante una intersección inversa.

3.3. Correcciones y Reducciones de las observaciones

Las observaciones introducidas en el fichero inicial pueden ser sometidas

a una serie de reducciones y correcciones antes del ajuste. En el caso del ajuste planimétrico, acudiendo al menú *PROPIEDADES-AJUSTE PLANIMÉTRICO-REDUCCIONES,* que se encuentra en la pantalla principal, podrán elegirse las correcciones o reducciones que se desean realizar. La figura 7 muestra la estructura de la ventana citada. En la parte izquierda de dicha ventana se presentan las correcciones meteorológicas (corrección por el efecto de la Presión y Temperatura atmosféricas) y por esfericidad y refracción. En la parte derecha de la ventana se presentan las Reducciones de las observaciones: la reducción al elipsoide, la reducción de la cuerda al arco elipsoidal y finalmente las correcciones debidas al paso a la proyección UTM, es decir, el factor de escala para las distancias y la corrección arco-cuerda para las lecturas de direcciones angulares.

La elección de elipsoide puede realizarse en la opción del menú principal *UTILIDADES-DEFINIR ELIPSOIDE DE REFERENCIA,* cuya ventana puede verse en la figura 8 y que se activa desde la opción *UTILIDADES* del menú principal.

Para realizar cada corrección es necesario activar la casilla situada al lado del nombre de la corrección o reducción. Al ser opcionales todas las po-

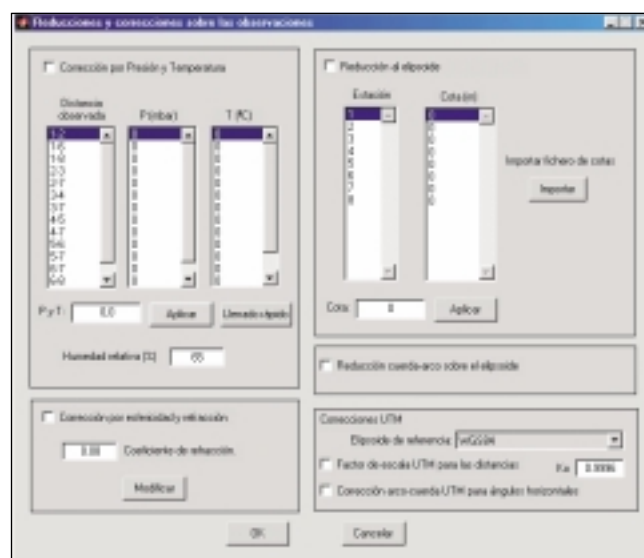


Figura 7

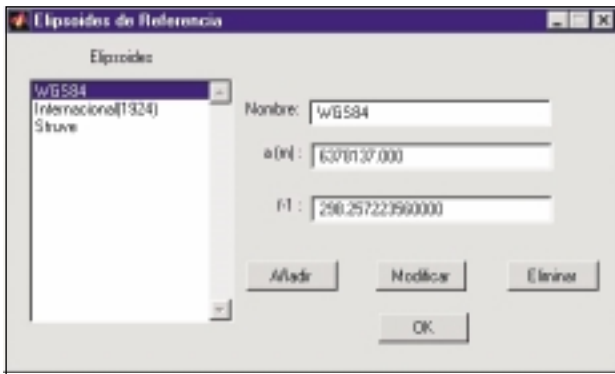


Figura 8

sibles correcciones y reducciones, se aumenta la flexibilidad del programa, que puede tratar medidas provenientes de distintos equipos y en distintos estados de elaboración.

3.4. Propiedades del ajuste planimétrico

El paso siguiente consiste en establecer un conjunto de opciones necesarias para el ajuste, que se han agrupado bajo el epígrafe de *PROPIEDADES DEL AJUSTE PLANIMÉTRICO*. La pantalla de *PROPIEDADES DEL AJUSTE* está estructurada en cuatro niveles; el primero se refiere a las precisiones de las observaciones realizadas, el segundo y tercer niveles permiten imponer diversas combinaciones de restricciones a la red y el cuarto nivel controla el método de resolución y los parámetros de convergencia del ajuste.

3.4.1. Varianzas de las observaciones

El modelo estocástico asociado a las observaciones debe introducirse, con el fin de poder formular los pesos de las observaciones. En el fichero de observaciones inicial existe un campo adicional que se etique-

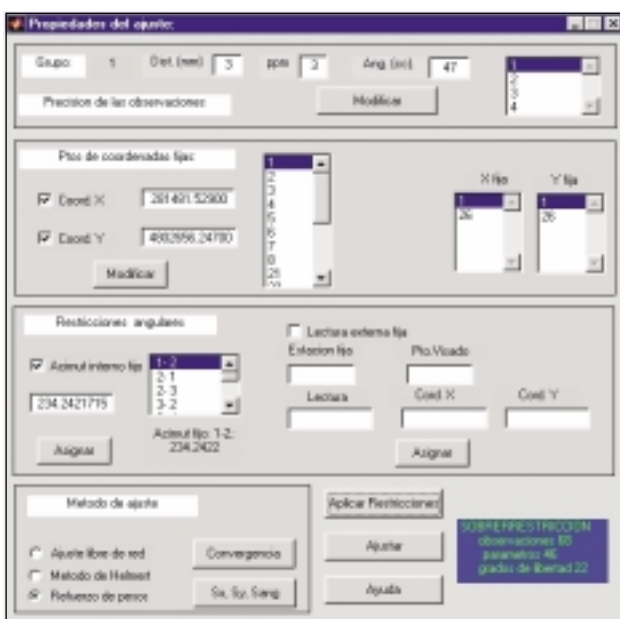


Figura 9

ta como *GRUPO*; este término hace referencia al grupo de precisión en el que se encuadra esa observación. Los distintos grupos de precisión pueden establecerse en función de, por ejemplo, los distintos tipos de instrumentos y de métodos de medida, operadores distintos, condiciones de observación diferentes, etc. El usuario tiene la opción de introducir aquí valores asociados a cada grupo de precisión.

3.4.2. Tipos de restricciones

El programa permite la imposición de restricciones posicionales y rotacionales. Las coordenadas de cualquier estación de la red se pueden fijar, siendo también posible fijar en una estación una sola de sus coordenadas. También se pueden imponer restricciones angulares a la red, estando implementadas dos posibilidades; la imposición como fija de una lectura a un punto fijo exterior a la red y la restricción de un acimut interno de la red. La primera de estas restricciones permite fijar la desorientación de una de las estaciones de la red, mientras que la segunda clase de restricción rotacional de la red es la imposición de un acimut fijo. El programa presenta un listado de los valores obtenidos para los acimutes, a partir del cálculo de coordenadas iniciales si el ajuste es nuevo o de las coordenadas ya ajustadas, correspondientes al ajuste efectuado por última vez, si no lo es. Puede imponerse como fijo cualquiera de los acimutes listados y además es posible modificar el valor fijo a imponer del acimut. Esta restricción puede efectuarse entre cualesquiera puntos de la red que estén conectados por una lectura angular, sean estaciones fijas o no.

El número de restricciones a imponer puede ser cualquiera, siempre que se supere un valor mínimo que defina el sistema de referencia. Los ajustes con restricciones mínimas son útiles para la detección de errores. Cuando existe sobrerrestricción ha de cuidarse especialmente la precisión de las restricciones a aplicar, puesto que cualquier error en las mismas (por ejemplo, la no realización de la corrección arco-cuerda UTM a una lectura angular fija a un punto exterior cuando se está trabajando en dichas coordenadas) se transmite a la red, degradando la calidad de los resultados. Si el número de restricciones es inferior al mínimo el mensaje que aparece es *DEFECTO DE DATUM* y el botón *AJUSTAR* se encuentra desactivado, con lo que no es posible continuar resolviendo el ajuste hasta que no se aumente el número de restricciones o se elija el método de resolución de *RED LIBRE*, en el que la restricción interna de la red es impuesta automáticamente por el programa. Si el número de restricciones es el mínimo, aparece el mensaje *RESTRICCIÓN MÍNIMA* junto con el número de grados de libertad, observaciones y parámetros del ajuste. Si el número de restricciones excede el mínimo, el mensaje es *SOBRERRESTRICCIÓN* y se muestran los mismos datos que en el caso anterior, pudiéndose continuar el ajuste.

3.4.3. Métodos de resolución

Se han implementado tres métodos de resolución, que se pueden seleccionar alternativamente:

- **Red libre:** Corresponde a la restricción interna de la red. Ésta será en muchos casos la primera modalidad de ajuste empleada, puesto que permite apreciar, ante la vista de las elipses de error y los tests de detección de errores, la calidad de las observaciones. Cuando se

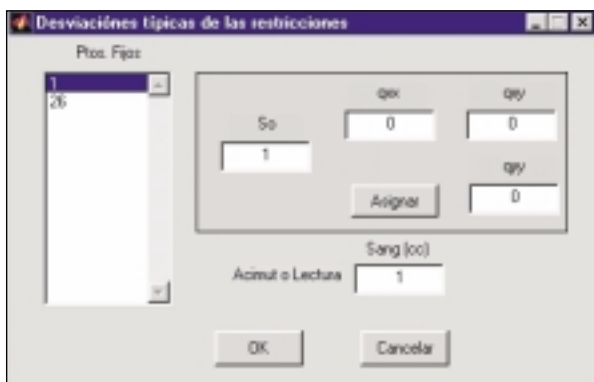


Figura 10

impone este tipo de ajuste desaparece la posibilidad de realizar cualquier otro tipo de restricción adicional.

- **Método de Helmert:** Se refiere esta opción al método que emplea el orlado del sistema normal y realiza la asignación de varianzas nulas asociadas a las restricciones.
- **Método ponderado:** Formulado de la misma manera que el anterior pero asignando una matriz de varianzas asociadas a las restricciones, diferente de la matriz nula y relacionada con la precisión de la restricción a imponer.

Este tercer método, denominado también *REFUERZO DE PESOS*, permite que las restricciones se impongan con la "intensidad" que les corresponde. Por ejemplo, en el caso de un punto de coordenadas fijas las coordenadas de este punto no son perfectas, si no que han sido determinadas en otro ajuste, del cual quizás se disponga de información sobre su precisión, en forma de matriz cofactor asociada, matriz varianza covarianza o simplemente una indicación nominal de la precisión de la red a la que pertenece. Relacionado con este método existe una ventana como la que aparece en la figura 10.

En esta ventana aparece, en la parte izquierda, una lista con los códigos de las estaciones fijas. Si existen varias, como ocurre en la figura, seleccionando diversos valores sobre la lista se presentan en los cuadros editables los valores de la matriz cofactor asociada a esa estación y la desviación típica de referencia. Inicialmente, los valores son cero para los elementos de la matriz y 1 para S_0 , pero si se modifican los valores es necesario pulsar el botón *ASIGNAR* una vez introducidos los valores para cada estación. En la parte inferior existe otro cuadro editable etiquetado como *SANG (CC)* en el que se debe consignar el valor de la desviación típica angular para la lectura angular o para el acimut fijo, en segundos centesimales.

El proceso de resolución del sistema se repite iterativamente. El usuario puede controlar el número máximo de iteraciones, para evitar la repetición infinita del proceso en el caso de no-convergencia por divergencia o comportamiento oscilante. En general, si no existen errores grandes asociados a las observaciones, el ajuste suele converger rápidamente.

3.5. Visor de resultados

Una vez pulsado el botón *AJUSTAR* y finalizado el ajuste, se presentan los resultados en la ventana denominada *VISOR DE RESULTADOS*. En la figu-

ra 11 puede verse el ejemplo de un ajuste sobrerrestringido con dos puntos fijos conectados por un grupo de observaciones. En la parte izquierda aparecen tres listas, con los valores de las coordenadas ajustadas. Dos cuadros informativos indican parámetros tales como el número de iteraciones realizado, los valores del test de bondad sobre la varianza de referencia (Test de la χ^2) y el valor de la desviación típica de referencia *a posteriori*. En el cuadro de la derecha se mostrará la información referente a diversos objetos que el usuario señale sobre el gráfico, como, por ejemplo, los parámetros que definen una elipse de error que se ha señalado sobre el gráfico y el tanto por ciento de probabilidad de la misma.

En el gráfico las restricciones impuestas son representadas por símbolos distintos: un asterisco rojo para un punto fijo, un punto verde para una estación normal de la red. Una lectura angular fija a un punto exterior se representa por una línea roja que señala a un triángulo situado fuera de la red y en la dirección del punto fijado. En la figura 12, en la parte izquierda, puede verse una red con un acimut fijo.

Desde la *VENTANA DE RESULTADOS* es posible acceder de nuevo a la ventana de cambio de las propiedades del ajuste, consultar los valores de los residuos y correcciones de la última iteración o realizar un nuevo ajuste, pulsando en los botones dispuestos al efecto en la parte inferior.

Puede realizarse un análisis detallado de los residuos mediante el proceso de detección estadística de errores groseros. También es posible generar un fichero de texto con los resultados del ajuste y un gráfico, como el observado en la pantalla del visor, en formato postscript.

3.5.1. Detección estadística de errores

Otra función que queda por describir, a la que se puede acceder desde la ventana del *VISOR DE RESULTADOS*, es la detección estadística de

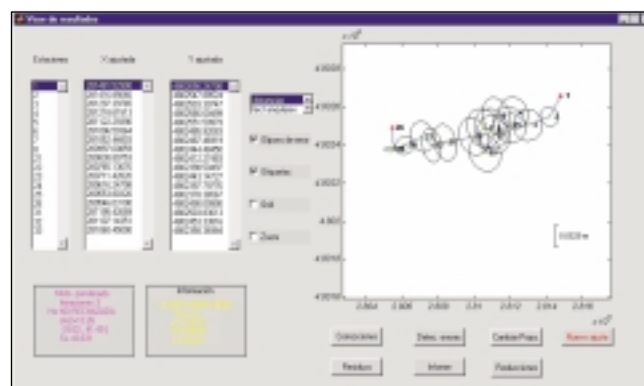


Figura 11

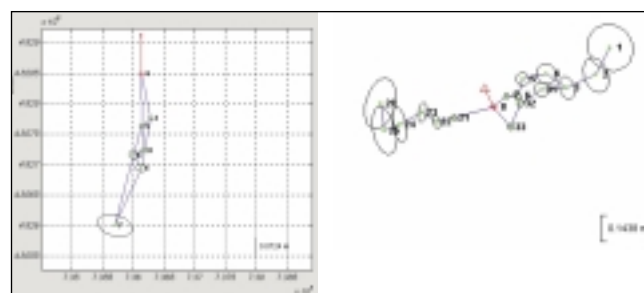


Figura 12

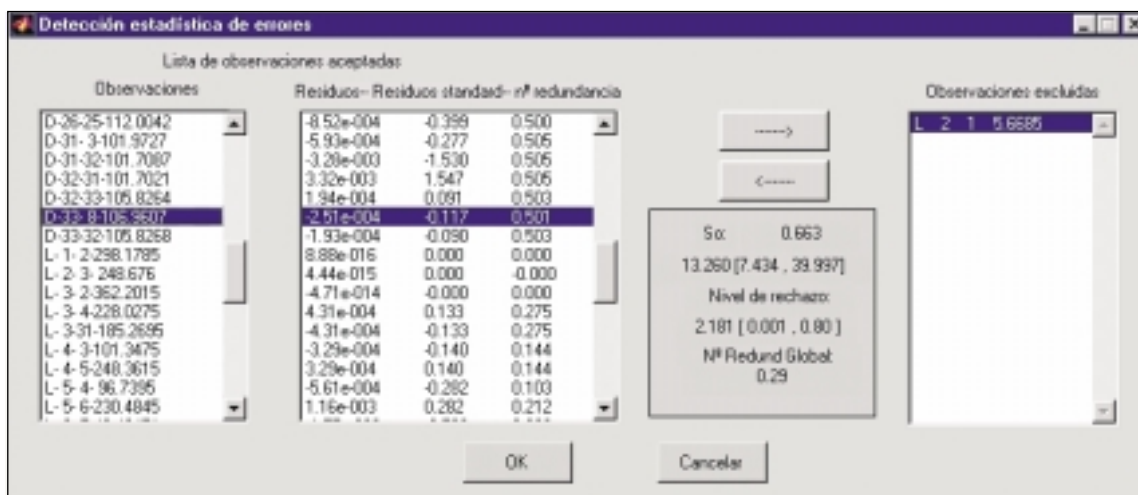


Figura 13

errores. Al pulsar el botón correspondiente aparecerá una pantalla similar a la que se puede ver en la figura 13.

En la parte izquierda figura una lista de observaciones, en la que se incluye una L o una D, según la observación sea una distancia o una lectura angular. Los dos números siguientes son los códigos de la estación y del punto visado respectivamente; la última cifra de cada línea es el valor de la observación, en metros en el caso de las distancias y en grados centesimales para las lecturas angulares.

En la lista situada a la derecha de la anterior se listan los valores de los residuos, los residuos estandarizados y el número de redundancia interna correspondiente a la observación. En el cuadro de información central se consigna el valor de S_0 , el estadístico del test de la χ^2 , seguido del intervalo de validez del test para un nivel de probabilidad del 95%. Inmediatamente debajo se presenta el nivel de rechazo para el estadístico calculado a partir del residuo estandarizado y de la desviación típica de referencia *a posteriori*, seguido de los valores del nivel de confianza α y la potencia del test β .

El usuario puede desplazarse por la lista comprobando qué observaciones superan el nivel de rechazo fijado. Si alguna de ellas lo supera puede ser eliminada del ajuste.

En la imagen anterior se ha excluido la lectura angular entre las estaciones 2 y 1. Se pueden excluir el número de observaciones que se desee pero debe tenerse cuidado de no eliminar todas las distancias, lo cual impediría el ajuste al surgir un defecto de definición del datum, así como de no provocar una ruptura de la red en subredes menores, lo cual provocaría un error durante el cálculo del ajuste. La práctica normal es eliminar las observaciones sospechosas de una en una y rehacer el ajuste con esa observación excluida. Una vez rehecho el ajuste se puede comprobar si ha mejorado la distribución de los residuos con la exclusión de las observaciones. Si no es así se puede volver a admitir la observación excluida del ajuste.

El test para la detección de errores precisa como condición que las restricciones impuestas al ajuste sean mínimas, con el objeto de que una distribución de residuos no aleatoria no haya sido inducida por errores

en la definición del datum. Además, es necesario que el test de bondad del ajuste haya sido superado.

También se presenta como información el número de redundancia global medio. Este número se obtiene dividiendo el número de grados de libertad por el número de observaciones. Cada observación añade redundancia al sistema, su número de redundancia interno puede verse en la lista al lado de los residuos estandarizados. Los números de redundancia de las observaciones de la red deben ser cercanos al número de redundancia global medio para que la red esté homogéneamente definida. A la vista del gráfico y de los números de redundancia puede examinarse si alguna parte de la red es más débil que otra.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Björck, Ake (1996). "Numerical Methods for Least squares Problems". Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Caspary, W.F. (1988). "Concepts of network and deformation analysis". The University of New South Wales. Monograph 11.
- Cooper, M.A.R. (1987). "Control surveys in civil engineering". Collins Professional and Technical Books.
- Cross, P.A. (1983). "Advanced least squares applied to position fixing". North East London Polytechnic. Working papers.
- Chueca Pazos, Manuel; Herráez Boquera, José; Berné Valero, José Luis. (1996). "Redes Topográficas y locales. Microgeodesia". Tratado de Topografía, Tomo III. Paraninfo.
- Harvey, Bruce R. (1991). "Practical Least Squares and statistics for surveyors". The University of New South Wales. Monograph 13.
- Leick, Alfred. (1995). "GPS Satellite surveying". 2ª Ed. John Willey & Sons.
- Mikhail Edward M., Ackermann F. (1976). "Observations and Least Squares". Harper & Row Publishers.
- Strang, Gilbert; Borre Kai. (1997). "Linear Algebra, Geodesy and GPS". Wellesley Cambridge Press. ■

Estado actual de las Redes de Nivelación en la Comunidad Valenciana

Ángel Martín, José Luis Berné

DEPARTAMENTO DE ING. CARTOGRÁFICA, GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Julio Faustino

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Resumen

Conocer con precisión el relieve del territorio es una necesidad para poder planificar y proyectar infraestructuras y obras públicas. A estas primeras necesidades se suman las aplicaciones de la nivelación para el conocimiento del nivel medio del mar, el análisis de movimientos verticales de la corteza terrestre y, con mayor reclamo, la obligatoriedad de conocer las ondulaciones del geoide respecto a los elipsoides, utilizados por la geodesia de satélites.

Todo esto no tiene respuesta fácil y precisa en la actualidad, ya que nuestras redes de nivelación, implantadas a principios y mediados del siglo XX, se encuentran en un estado de deterioro enorme; la mayoría de las señales han desaparecido y su densidad geográfica no es suficiente para las exigencias actuales. Afortunadamente, aunque con retraso, el IGN ha considerado que ya le tocaba el turno a la nivelación y así el Ministro de Fomento anunció, en el VII Congreso nacional de Topografía y Cartografía (Top-Cart 2000), que en los próximos años se abordará y completará la realización de la nueva Red Española de Nivelación de Alta Precisión (RNAP).

Ante la futura actuación en la Comunidad Valenciana, en este artículo se presenta una revisión de las redes de nivelación que discurren por dicha Comunidad, concluyendo que, actualmente, el 65% de las señales han desaparecido, habiéndose producido sólo en los últimos 8 años la desaparición del 13% de las mismas.

También se ha efectuado una comprobación de la homogeneidad que presentan en valor absoluto las diferentes redes entre sí, encontrando que una de ellas (NAPF Sagunto-Tarragona) presenta una discrepancia de unos 10 cm con respecto al resto de redes de nivelación del territorio que, en principio, pueden utilizarse conjuntamente.

1. RESUMEN HISTÓRICO DE LA NIVELACIÓN EN ESPAÑA

Las redes de nivelación son un bien público imprescindible en el trabajo geodésico, cartográfico y topográfico, estando penada la destrucción de las señales de nivelación por la ley (Ley 11/1975, de 12 de marzo, sobre Señales Geodésicas y Geofísicas, y Real Decreto 2421/1978, de 2 de Junio de 1978, donde se aprueba el Reglamento de la ley anterior).

En España se pueden distinguir tres de redes de nivelación: la Red llamada *Nivelación de Precisión* (NP), observada entre 1871 y 1922, tomando el mareógrafo de Alicante como punto de altitud cero; la red *Nivelación de Alta Precisión* (NAP), observada entre 1925 y 1974, con el

mismo punto de altitud cero; y la red *Nivelación Geodésica* (NG), observada entre 1975 y 1983, cada una de ellas con unas exigencias diferentes en cuanto a precisión y metodología, debido, sobre todo, a la aparición de aparatos cada vez más precisos.

Como resultado de las conclusiones alcanzadas en la reunión de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) que tuvo lugar en Berlín en 1867, se iniciaron en todos los países pertenecientes a dicha asociación los trabajos de nivelación de precisión NP.

En España se publicó en 1925 el *Catálogo de altitudes de las señales metálicas de la Red*, que contiene las altitudes geométricas de todas las señales implantadas en la Red de Nivelación de Precisión, obtenidas directamente del arrastre de cota mediante nivelación geométrica, sin que se

hubiera realizado ningún tipo de corrección o compensación, por carecer en aquella época de los medios técnicos adecuados.

La Red de Nivelación de Precisión está formada por 92 líneas, la mitad de las cuales discurren por carreteras y la otra mitad por vías férreas, 12 polígonos de población y varios ramales a vértices geodésicos, con una longitud total de 16.611 km. El número de señales colocadas fue de 18.025, de las cuales 2.714 eran principales (Martín Peña, 1976).

En la XVII Conferencia de la Asociación Geodésica Internacional, que se celebró en Hamburgo en 1912 (Martín Peña, 1976; Valbuena *et al.*, 1996), se establecieron los errores admisibles en los trabajos de nivelación, incluyéndose una nueva categoría: La Nivelación de Alta Precisión (NAP). Ésta se definió como toda línea, grupo de líneas o red, nivelada dos veces en sentidos opuestos (ida y vuelta) y en fechas distintas, y cuyo error accidental probable por kilómetro fuese igual o inferior a 1,5 mm. Este reajuste se debió, sobre todo, a la aparición de nuevos y más precisos aparatos de observación, cuyo máximo exponente eran los equipos que utilizaban retículo en cuña, micrómetro y mira con lámina invar (Cifuentes, 1947).

La pretensión inicial en España fue observar la red NAP proyectada en un plazo corto de tiempo (diez o quince años), con el fin de que los re-

sultados obtenidos fuesen lo más homogéneos posible. Sin embargo, la observación se comenzó en 1925 y se dio por finalizada en 1974, tras una serie de modificaciones y ampliaciones del proyecto inicial, que vinieron impuestas por las nuevas necesidades que fueron apareciendo con el transcurso de los años.

De este modo, la red finalmente observada consta de 24 polígonos interiores y 11 fronterizos (6 con Portugal y 5 con Francia), que dan lugar a un total de 11.256 km nivelados (figura 1).

En 1954 se celebró en Roma un congreso de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), en el que se decidió que todos los cálculos y compensaciones de las redes se hicieran en cotas geopotenciales, dejando a cada país plena libertad para que eligiese el sistema de altitudes que mejor se adaptase a sus características y necesidades.

En el año 1955 se realizó una primera compensación general de la red NAP española observada hasta entonces, en cota geopotencial, con motivo de la REUN-55 (Compensación Europea de todas las redes de Nivelación), obteniéndose un error kilométrico de 1,56 mm.

Posteriormente, una vez finalizada la observación de la red, se efectuó una nueva compensación y se obtuvo un error kilométrico de 1,37 mm.



Figura 1. Red de nivelación de alta precisión NAP observada. ([Http://www.geo.ign.es](http://www.geo.ign.es))



Figura 2. Punto de nivelación NP-1501 en la estación de Benicassim y placa ovalada de nivelación correspondiente.

En el año 1975 se reanudan los trabajos de nivelación en España, comenzando por la zona SE de la Península, debido a su pobreza de líneas y por ser una de las más activas desde un punto de vista tectónico (Jiménez, 1998). En estos nuevos trabajos se intentó seguir las líneas antiguas de la NP o de la NAP, utilizándose prácticamente las mismas técnicas pero con aparatos todavía más precisos. A partir de esta fecha las líneas son llamadas *Líneas de Nivelación Geodésica (NG)* seguidas por una letra mayúscula de la A a la Z.

La nivelación de las líneas dejó de efectuarse a mediados de los años 80, después de nivelar la isla de Tenerife (1983), coincidiendo con la introducción del GPS. A partir de ese momento, únicamente se han nivelado líneas entre puntos medidos con GPS, polígonos de población, estaciones mareográficas y se han repetido o establecido secciones concretas por alguna causa justificada (Barbadillo, 1999 y 2000).

Cabe destacar que en 1999, para la inclusión de la Red Española de Nivelación de Alta Precisión (NAP) dentro de la Red Europea Unificada de Nivelación (United European Levelling Network UELN), se realizó un nuevo ajuste de la misma por parte del IGN, dotando de nuevos números geopotenciales ajustados a los 59 nodos de las 81 líneas de nivelación (10.555 km totales de nivelación). El resultado final se ha denominado Sistema de Referencia Altimétrico RNAP98 (http://www.gfy.ku.dk/~iag/Spain_bi.htm).

La UELN tiene por objetivo establecer un datum vertical europeo con precisión de un decímetro, unificando las diferentes redes de nivelación

y estableciendo como punto fundamental de referencia Amsterdam, para concluir en el futuro Sistema Vertical Europeo (EVS2000), que constará de estaciones permanentes GPS, la red UELN, el geoide europeo gravimétrico y medidas de mareógrafos a lo largo de las costas europeas, de forma que el proyecto UELN contribuye a la realización de un datum vertical y a conectar diferentes niveles marítimos de los océanos europeos respecto al trabajo del PSMLS (Servicio Permanente del Nivel Medio del Mar), (Adam *et al.*, 1999).

2. PROBLEMÁTICAS PREVISIBLES DE LAS REDES DE NIVELACIÓN

Los principales problemas de las redes de nivelación son su perdurabilidad en el tiempo, conservación, fiabilidad y la homogeneidad entre las diferentes redes observadas y calculadas en diferentes épocas.

2.1. Perdurabilidad de las señales

Muchos de los puntos de las redes de nivelación fueron materializados hace muchos años, por lo que es previsible la desaparición de un gran porcentaje de las señales debido a las acciones humanas, ya que la mayoría de las señales se situaban sobre vías de comunicación que han sufrido constantes mejoras. En este sentido, las líneas de nivelación que podrían resultar más perjudicadas son aquellas situadas inicialmente a lo

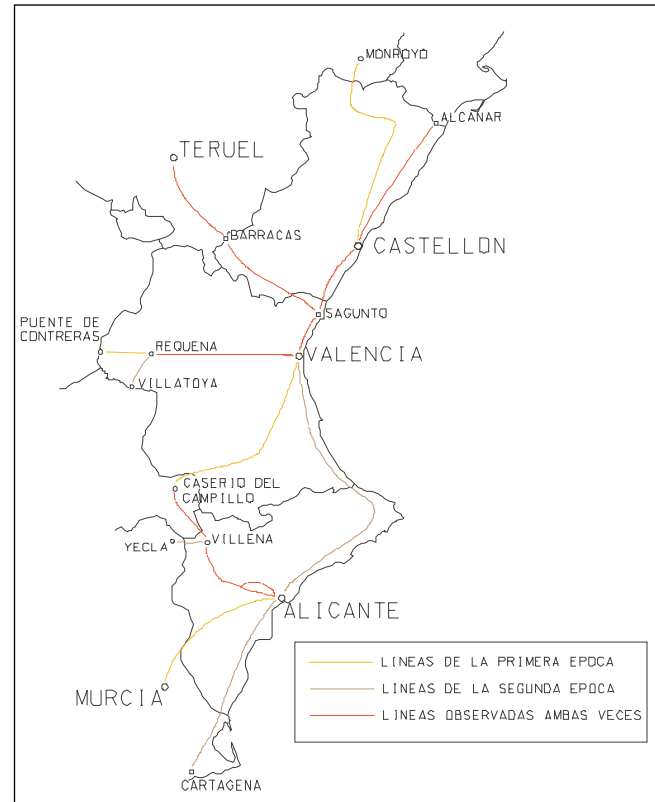


Figura 3. Líneas de nivelación de cualquier época que discurren por la Comunidad Valenciana.

largo de caminos, que luego se han transformado en carreteras, o en carreteras que han sido progresivamente mejoradas. Por el contrario, las líneas que discurren por vías férreas deben resistir mejor, en principio, el paso del tiempo, al sufrir éstas menos modificaciones y contar con estaciones cada pocos kilómetros, que son edificios en los que las señales rara vez pueden desaparecer al estar al cuidado del personal de RENFE (figura 2). Entre esas acciones humanas también se deben incluir derrumbamientos del lugar de ubicación, remodelado de suelos y paredes de los edificios donde se situaban, etc.

2.1. Fiabilidad de las redes de nivelación

Se debe tener una idea clara sobre la fiabilidad que ofrecen las redes de nivelación, en cuanto al valor de las cotas o desniveles que las reseñas de los puntos de nivelación nos muestran, al transcurrir unos años desde su observación.

En este sentido son los factores geológicos, dejando de lado los humanos, los que más influyen en este tipo de construcciones. Los factores geológicos a los que nos referimos pueden ser tanto de origen superficial (compactación de sedimentos o fenómenos hidráulicos) como de origen profundo (origen tectónico/geodinámico).

Estudios realizados (Christie, 1994; Giménez *et al.*, 1996; Jiménez, 1998) sugieren que los factores geológicos, con el paso del tiempo, tienen una influencia apreciable en las altitudes inicialmente establecidas para las señales, debido a los movimientos verticales de la corteza terrestre. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en posicionamiento absoluto, es decir, con respecto al datum altimétrico establecido, pero también en relativo, ya que las deformaciones corticales no serán uniformes a lo largo de los tramos nivelados.

2.2. Homogeneidad entre diferentes redes de nivelación

A causa de la desaparición de las señales, se hace necesario recurrir a puntos pertenecientes a diferentes redes para completar cualquier tipo de estudio o investigación de carácter regional. El problema de mezclar puntos de diferentes redes es que cada uno lleva asociado un determinado error kilométrico y, lo más importante, fueron observados en momentos y circunstancias diferentes a lo largo del siglo pasado, por lo que podemos estar apoyándonos en puntos con carácter poco homogéneo, al menos en valor absoluto, hecho ya observado en otros países (Christie, 1994).

3. ANÁLISIS DE LAS REDES DE NIVELACIÓN EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

Tal como se ha apuntado en el apartado anterior, las líneas de investigación abiertas sobre las redes de nivelación en la Comunidad Valenciana se deberán basar en saber cuántos puntos de nivelación hay actualmen-

te y cuál es la precisión de las diferentes redes entre sí, aspectos que son abordados a continuación.

3.1. Estado actual de las redes de nivelación en la Comunidad Valenciana

Las redes de nivelación de cualquier época que transcurren por la Comunidad Valenciana se pueden ver en la figura 3, donde se han dibujado las líneas de la primera época o líneas NP, las líneas de la segunda época (NAP o NG) y las líneas observadas en las dos épocas, es decir, líneas donde podemos encontrar puntos NP y NAP o NG.

En cuanto a la revisión efectuada, conviene destacar las dificultades para la localización de muchos de los puntos, ya comentadas por otros autores (Batres, 1998), ya que las señales se pueden encontrar en carreteras y estaciones de ferrocarril abandonadas, escondidas debajo de elementos tales como bancos o papeleras en las estaciones de ferrocarril o simplemente cubiertas por asfalto procedente de la reparación de la capa de rodadura de la carretera sobre la que discurre la correspondiente línea de nivelación.

La primera revisión de las líneas fue realizada por D. Julio Faustino en 1992 y la segunda entre 1998-2000 por el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia. Con esto no sólo tendremos la información sobre el número de señales que actualmente existen, sino que tendremos una evolución de las mismas en un periodo de tiempo concreto.

Los resultados de dicha revisión se pueden ver en la tabla 1, donde se pueden observar, para cada línea revisada, los porcentajes de desaparición del total de puntos de nivelación en las dos etapas.

El total de señales principales revisadas es de 688, considerando los mismos resultados que en la campaña de 1992 para aquellas líneas no revisadas entre 1998-2000 y viceversa, se puede comprobar que en 1992 habían desaparecido 391 señales, lo cual supone el 57% del total de señales revisadas. Este porcentaje se eleva hasta el 65% en 1998-2000, habiendo desaparecido un total de 449 señales del total de señales revisadas; pero lo más importante es que de las 444 señales revisadas en 1992 y también en la campaña 1998-2000, el porcentaje de desaparición de puntos pasa del 52% en 1992 (232 puntos desaparecidos) al 65,5% en la campaña 1998-2000 (290 puntos desaparecidos), lo cual quiere decir que ha existido un aumento en la desaparición de puntos del 13% en tan sólo ocho años, por lo tanto, de mantenerse el ritmo actual, en unos 25 años habrán desaparecido todos los puntos de nivelación que pasan por la Comunidad Valenciana.

3.2 Homogeneidad entre diferentes redes de nivelación

Para resolver este punto, el segundo de los trabajos sobre las redes de Nivelación en la Comunidad Valenciana consistió en observar la diferen-

LÍNEA	TIPOS	TOTAL DE PUNTOS DE NIVELACIÓN	SEÑALES DESAPARECIDAS EN 1992	SEÑALES DESAPARECIDAS EN 1998/2000
VALENCIA-ALICANTE	NAP NGM NGJ	168	49%	66%
VALENCIA-CASAS DEL CAMPILLO	NP	9	NO REVISADA	67%
VALENCIA-REQUENA-VILLATOYAS	NGN NP	84	60%	72%
REQUENA-PUENTE DE CONTRERAS	NP	7	100%	
VALENCIA-SAGUNTO	NGN	10	40%	50%
SAGUNTO-BARRACAS (LÍNEA TERUEL)	NAP NGO NP	70	16%	30%
SAGUNTO-CASTELLÓN-ALCANAR	NP NAPF	111	78%	84%
ALICANTE-VILLENA	NGJ NGM NAP NP	66	68%	NO REVISADA
VILLENA-LÍMITE DE PROVINCIA ALBACETE	NGM	11	100%	
VILLENA-VENTA DEL OLIVO (LÍMITE PROVINCIA DE ALICANTE)	NAPJ NGM	13	62%	NO REVISADA
ALICANTE-LÍMITE DE PROVINCIA MURCIA (DIRECCIÓN CARTAGENA)	NGJ NGM	101	67%	NO REVISADA
POLÍGONO DE ALICANTE	NP NGJ NAP NAPF	21	24%	NO REVISADA
CASTELLÓN-MONROYO	NP	16	56%	NO REVISADA
ALICANTE- MURCIA	NP		NO REVISADA	NO REVISADA

Tabla 1. Resumen de los puntos de nivelación encontrados en las diferentes redes de nivelación.

cia de nivel existente entre puntos cercanos y pertenecientes a diferentes redes y compararla con la diferencia de cota que ofrecen las reseñas. De esta manera obtenemos una idea aproximada de la homogeneidad entre las diferentes redes de nivelación que discurren por la Comunidad.

Los puntos elegidos para esta comparación están situados en las provincias de Castellón y Alicante (figura 3). La observación entre los pun-

tos de diferentes redes de nivelación no debe superar en ningún momento el kilómetro y medio, realizándose itinerarios de ida y de vuelta con niveles de precisión (NI005 de la casa Zeiss y miras invar con placas de estacionamiento), además la mitad de las comparaciones se han hecho a partir de una sola nivelada, ya que los puntos no se hallaban situados a más de 50 metros entre sí, lo cual hace que el error debido a la observación del desnivel sea despreciable.



Figura 3. Situación de los puntos donde se han comparado redes de nivelación de distinto tipo.

Línea Sagunto-Castellón-Tarragona

La comparación aquí se realiza entre las redes NP y NAPF, concretamente en la estación de Castellón y de Benicassim, donde prácticamente coinciden las señales, y entre la estación y la iglesia de Vinarós, donde se ha efectuado una nivelación de 1.525 metros.

Para determinar la precisión absoluta de los puntos *a priori* podemos recurrir a la conocida expresión (Chueca *et al.*, 1997):

$$\sigma_{abs} = e_k \sqrt{K}$$

Expresión con la que podemos obtener una idea de la precisión absoluta a partir del error kilométrico de cada una de las redes y de su distancia al origen (Alicante) en kilómetros (tabla 2).

La diferencia de nivel observada entre los puntos de Castellón es de

0,697 metros, mientras que la diferencia de cota existente según las reseñas era de 0,906 metros; es decir, hay una discrepancia de 20,9 centímetros, cuando, según la tabla anterior, la diferencia máxima existente entre estos dos puntos debería ser de 8-9 centímetros como mucho, es decir, parece que ambas redes estén desplazadas unos 12-13 centímetros.

Ante tal discrepancia, la primera comprobación realizada consistió en certificar que ninguna de las dos señales se había movido de su posición original. Esto tiene fácil comprobación en el caso de la NP-1500, puesto que sobre ella existe la placa identificativa ovalada, con lo que se puede observar la diferencia entre la cota de la señal según reseña y la cota indicada en la placa y ver si éstas coinciden, como es el caso.

La única forma de comprobar tal discrepancia es buscar puntos donde vuelvan a coincidir ambas redes, realizar la observación del desnivel y compararlo con el de las reseñas.

Así, en la estación de Benicassim la diferencia de nivel observada fue de 0,386 metros, mientras que la indicada según reseñas debía ser de 0,614 metros, existiendo, por tanto, una diferencia de 22,8 centímetros, cuando debía ser de 8-9 centímetros como máximo.

El dato interesante es que, según esto, la diferencia entre ambas redes aumenta en 1,9 centímetros en 13 kilómetros, lo cual resulta coherente con la precisión de cada línea:

- Error estimado en el desnivel NAPF-172 (Castellón) y NAPF-167 (Benicassim):

$$\sigma = 1,5\sqrt{13} = 5,4mm$$

- Error estimado en el desnivel NP-1500 (Castellón) y NP-1501 (Benicassim):

$$\sigma = 5\sqrt{13} = 18mm$$

Error cuya componente cuadrática da, precisamente, 1,9 centímetros.

De igual forma sucede en Vinarós, donde la diferencia de nivel observada es de 16,32 metros, mientras que la indicada en las reseñas es de 16,605 metros, existiendo, por tanto, una diferencia de 0,285 metros, cuando debería ser de 9-10 centímetros como máximo.

SITUACIÓN	SEÑAL	e_k (mm)	Dist. Alicante (K)	σ_{abs} (cm)
CASTELLÓN	NP-1500	5	267	8,1
CASTELLÓN	NAPF-172	1,5	267	2,4
BENICASSIM	NP-1501	5	280	8,3
BENICASSIM	NAPF-167	1,5	280	2,5
VINAROS	NP-304	5	350	9,3
VINAROS	NAPF-126	1,5	350	2,8

Tabla 2. Situación, señal y precisión *a priori* de los puntos de nivelación comparados en la línea Sagunto-Castellón-Tarragona.

SITUACIÓN	SEÑAL	e_k (mm)	Dist. Alicante (K)	σ_{abs} (cm)
CHIVA	NP-440	5	206	7,1
CHIVA	NGN-355	1,5	206	2,1

Tabla 3. Situación, señal y precisión *a priori* de los puntos de nivelación comparados en la línea Albacete-Valencia.

Si analizamos estos datos al igual que en el caso de Benicàssim, vemos que la diferencia entre ambas redes aumenta entre Benicàssim y Vinaròs 5,7 centímetros en 70 kilómetros, valor coherente con las precisiones respectivas de cada una de las líneas en ese tramo (en este caso de 5,4 centímetros).

A la vista de los resultados, parece lógico pensar que ambas redes presentan una discrepancia en valor absoluto. Simplemente como hipótesis, se diría que la diferencia hallada parece difícilmente achacable a la Red de Nivelación de Precisión NP, puesto que consiste en una única línea que tiene su origen directamente en Alicante (olvidándonos de que fue observada hace casi un siglo). Por el contrario, la Red de Nivelación de Alta Precisión de Ferrocarriles (NAPF) parece que parte de Sagunto, pudiendo tener la cota de partida un error inicial de 8-10 centímetros si corresponde a una señal NP de dicha localidad, lo cual explicaría las discrepancias obtenidas.

Línea Albacete-Valencia

La comparación aquí se realizó entre la red antigua NP y la NGN, concretamente en la localidad de Chiva, donde el punto NP-440 se halla en la iglesia y el NGN-355 en el ayuntamiento, separados por 290 metros de distancia (tabla 3).

La diferencia de desnivel observada ha sido de 2,518 m, mientras que las reseñas indican que la separación entre los puntos debe ser de 2,557 m, es decir, existe una diferencia de 3,9 cm, totalmente tolerable a la vista de los errores previsibles que los puntos poseen.

Línea Sagunto-Teruel

La comprobación en esta línea se realizó entre las NGO y NAP y entre las líneas NGO y NP. La comprobación para el caso NGO-NAP se llevó a cabo en las estaciones de Estivella, Segorbe y Barracas. La comparación entre las líneas NP y NGO se realizó en el ayuntamiento de Segorbe, lugar donde prácticamente coinciden el punto NP-394 y el NGO-163 (tabla 4).

Para la comparación entre las líneas NGO y NAP se obtuvieron los siguientes resultados: en Estivella la diferencia observada fue de 0,127 m mientras que, según las reseñas, debería ser de 0,126 m; en Segorbe la diferencia observada fue de 0,05 m mientras que según las reseñas debería ser de 0,02 m; y en Barracas la diferencia observada fue de 0,147 m mientras que según las reseñas debería ser de 0,167 m. Según estos resultados, todas las comparaciones entran dentro de las tolerancias admisibles, por lo que, en principio, las redes NAP y NGO se pueden utilizar conjuntamente.

La comparación entre NP y NGO se ha realizado en Segorbe, como ya se ha comentado, donde la diferencia de nivelación observada es de 0,347 m, mientras que las reseñas arrojan una diferencia de 0,398 m, resultando una diferencia de 5,1 cm, dentro de las tolerancias previsibles para los puntos de las líneas (7,8 cm).

3. CONCLUSIONES

La revisión de las redes de nivelación muestra un deterioro muy importante de las mismas; únicamente se pueden encontrar actualmente el

SITUACIÓN	SEÑAL	e_k (mm)	Dist. Alicante (K)	σ_{abs} (cm)
ESTIVELLA	NGO-182	1,5	202	2,1
ESTIVELLA	NAP-393	1,5	202	2,1
SEGORBE	NGO-167	1,5	230	2,2
SEGORBE	NAP-052	1,5	230	2,2
BARRACAS	NGO-139	1,5	265	2,4
BARRACAS	NAP-056	1,5	265	2,4
SEGORBE	NP-394	5	230	7,5
SEGORBE	NGO163	1,5	230	2,2

Tabla 4. Situación, señal y precisión *a priori* de los puntos de nivelación comparados en la línea Sagunto-Teruel.

35% del total de las 688 señales principales implantadas en su origen. Este deterioro ha aumentado espectacularmente en los últimos años, a la vista de los resultados ofrecidos por la tabla 1, donde el aumento de señales desaparecidas asciende a un 13% en tan solo 8 años: de seguir el ritmo actual, en 25 años habrán desaparecido todas las redes de nivelación de la Comunidad Valenciana.

De las comparaciones efectuadas sobre la homogeneidad entre redes de nivelación de diferentes épocas, se puede extraer como conclusión directa que la línea NAPF no puede utilizarse en valor absoluto en comparación con las demás redes (aunque sí se podría utilizar en valor relativo); las líneas modernas, en concreto la NAP con la NGO, parece que, en principio, pueden ser comparadas en valor absoluto (como cabía esperar) y, según las comparaciones hechas en Chiva y Segorbe, la red antigua puede utilizarse en conjunto con las redes modernas con la precisión que la red NP ofrece (esta última afirmación debe tomarse con sumo cuidado y no se debe generalizar, ya que la red antigua es susceptible de movimientos locales que pueden afectar individualmente a cada uno de los puntos).

4. BIBLIOGRAFÍA

- Adam et al. (1999). "Status and development of the European Height Systems". Geodesy beyond 2000: The challenges of the first decade. International Association of Geodesy Symposia. Vol. 121. Ed Springer-Verlag, pp 47-54.
- Barbadillo A. (1999). "Red Española de Nivelación. Trabajos actuales en el IGN". I Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Comunicaciones. En CD.
- Barbadillo A. (2000). "Enlace Geodésico entre España y Francia. Proyecto INTERREG-I". II Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Resúmenes de las ponencias, pp. 81-82.
- Batres F. (1998). "Comentario sobre el estado de los clavos de la nivelación de precisión". Topografía y Cartografía. Vol. XV nº 89, noviembre-diciembre 1998, pp. 43-45.
- Christie R.R. (1994). "A new geodetic heighting strategy for Great Britain". Survey Review, Vol. 32 nº 252, and pp 328-343.
- Chueca M., Herráez J., Berné J.L. (1996 b). "Tratado de topografía". Tomo 2: Métodos topográficos. Ed. Paraninfo. 746 Pág.
- Cifuentes M. (1947). "Nivelaciones de Alta Precisión. Trabajos efectuados en la frontera con Portugal para enlazar las redes de Nivelación de Alta Precisión de los dos países". Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral. 37 Pág.
- Giménez J., Goula X., Suriñach E., Fleta J. (1996). "Utilització d' nivellaments topogràfics de precisió per a la quantificació de deformacions verticals a Catalunya". Terra, Vol. XV nº 28, pp. 31-39.
- Giménez J. (1998). "Quantificació de les deformacions verticals recents a l'est de la Península Ibèrica a partir d'anivellaments topogràfics de Precisió". Institut Cartogràfic de Catalunya. Monografies Tècniques nº 5. 363 Pág.
- www.geo.ign.es.
- www.gfkyku.dk/~iag/spain_bi.htm.
- Martín-Peña M. (1976). "La nivelación de precisión en España". II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Tomo 1, Comunicaciones, pp. 181-196.
- Top-Cart 2000, VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía (2000). Topografía y Cartografía. Vol. XVII, nº 100, septiembre-octubre 2000, pp. 6-31.
- Valbuena J.L., Vara M.D. (1996). "Instrumentación y metodología empleadas en las técnicas altimétricas (I)". Topografía y Cartografía. Vol. XIII, nº 74, mayo-junio 1996, pp. 12-25. ■

" LA TIENDA VERDE "

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

" LIBRERIA ESPECIALIZADA EN CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA "

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

"VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA"
" SOLICITE CATALOGO "

Coctel de Naturaleza

Ingredientes: Cartografía 1/25.000, GPS y motocicleta

Modo de preparación: Se mezclan todos los ingredientes y se muelen en molino de piedra. Al final se le añade un buen vino de la Tierra de Barros y listo para servir

José Luis Sánchez

INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

Muchos lectores se preguntarán qué relación puede haber entre estos ingredientes, pero la verdad es que mucha. Si uno se para a pensar en lo bonita que es y la multitud de posibilidades que ofrece la Naturaleza, acompañada de un GPS, cartografía (MTN 1/25.000) y una moto, bien nos podría resultar esta historia.

Allá por donde Andalucía, en concreto Huelva, deja de ser ésta y comienza a ser Extremadura, para mezclarse con el Alentejo portugués, tenemos un paraje precioso, en el término municipal de Oliva de la Frontera (Badajoz), que discurre por las orillas del *Río Ardila* (afluente del Guadiana), que será el protagonista de nuestro viaje.

Si nos proveemos de la hoja 874-IV LA MATA del MTN 1/25.000, de un receptor GPS Magellan 320 y de una motocicleta XT 600 E, podemos atravesar la dehesa extremeña, en concreto la ruta de los molinos del *Ardila*. Dicha ruta cuenta con seis molinos, que nombramos en sentido aguas abajo: El primero que tenemos es el *Molino de La Mata*, le sigue el de *Los Candiles*, *Las Dos Piedras*, *Molino de Candil*, el de *Don Venancio*



MTN 1:25.000 Hoja 874-IV La Mata

y, por último, el *Molino de Pedro* (también conocido como *Molino de Domiciano*).

En este viaje sólo vamos a describir el *Molino de La Mata*, el de *Las Dos Piedras* y el de *Domiciano*.

El recorrido se iniciará en el puente de la carretera EX-317 sobre el *Ardila*, al que llegaremos siguiendo la carretera EX-317, que va desde *Oliva de la Frontera* (BA) hasta *Encinasola* (H), hasta llegar al *Río Ardila*. Al atravesar el puente y a la derecha nos encontramos un camino que sigue la margen derecha del río (siempre en sentido de aguas abajo). Tras pasar la *Charca del Pulpito* (charca que recibe este nombre por la similitud que guardan las rocas de la orilla con un púlpito), se encuentra el primer molino de nuestro recorrido, el *Molino de la Mata*, en la margen derecha ¿Quién que halla pasado su infancia en esta zona no recuerda haberse bañado junto a este molino?

Más abajo, donde acaba este camino, se llega al *Canto del Bujo* (canto del búho). En este punto tan apartado podemos encontrarnos con grullas, cigüeñas blancas y negras y algunos patos, que levantan el vuelo con el ruido del motor. Tras una breve parada para disfrutar del paisaje y ver por dónde atravesar a la orilla derecha, comienza la animación: las piedras saltan, el agua salpica y las ruedas patinan, pero al fin nos encontramos en la margen derecha. En este punto se hace imposible seguir con la moto por las márgenes del río, así que entramos por la cancilla que tenemos a 20 metros.

La moto deja de humear por su contacto con el agua y encendemos nuestro GPS para dirigirnos al siguiente molino; el *Molino de las Dos Piedras*. Estamos a 2,7 km. Continuamos por el camino de la cancilla hasta encontrarnos con una segunda cancilla, la cual traspasamos y seguimos ese mismo camino. Nuestro Magellan nos indica que nos estamos alejando hacia el este, pero nuestro mapa nos dice que vamos por buen

camino para llegar al *Camino de la Pila*. Al avanzar unos kilómetros llegamos a una bifurcación, en la que giramos hacia la izquierda. Ahora sí, nuestro Magellan indica que vamos hacia el oeste y en su navegador la distancia empieza a disminuir. Sin darnos cuenta hemos llegado al *Camino de la Pila*, que reconocemos por su anchura y buen firme, y no tenemos ninguna posibilidad de perdernos, pues este camino acaba junto al *Molino de las Dos Piedras*.

Allí está, sobre la margen derecha del *Río Ardila*, casi intacto, con sus dos piedras de moler y unas cabras que descansan en su interior aprovechando el fresco que en él hace. En la entrada y tallada sobre la piedra podemos observar una fecha, 1902, el año de su construcción. La orilla de enfrente es Portugal; tan cerca y tan lejos; de difícil acceso, puesto que, aunque es verano, aún hay bastante agua y necesitaríamos cambiar nuestra XT por una barca si quisiéramos pasar a la otra margen. En este punto y junto al molino desemboca el *Arroyo Oliva*, el cual tenemos que cruzar para dirigirnos a nuestro siguiente molino, el *Molino de Domiciano o de Pedro*, no sin antes mojarnos y pasar alguna penuria para salvar las rocas. En este momento es cuando le digo a mi acompañante Pedro que para subir por el camino hacia el cerro tendremos que hacerlo por separado (uno a pie y otro en moto), puesto que el peligro aumenta un poco y éste es un viaje de placer y no conviene correr riesgos. Una vez llegados al cerro, tomamos un camino en dirección norte y a pocos metros nos encontramos con los restos de la caseta de carabineros de *Cortegana*, antiguamente puesto fronterizo por la proximidad con Portugal, ya en el *Campo de Oliva*.

Ahora y por uno de los muchos caminos que podemos encontrar, nos dirigimos al molino antes mencionado, pero no sin antes pasar por la *Casa del Papa*. Aquí nuestro GPS tiene que trabajar más de lo normal, puesto que estamos en medio de la dehesa y la única compañía es la de las rapaces que nos sobrevuelan. Al final, junto a un cortado lleno de jaras podemos divisarlo. Nos vemos obligados a bajarnos de la moto y descender hasta el río, donde se encuentra la joya que buscábamos, el *Molino de Pedro* (Pedro Miranda Urrutia) o de *Domiciano* (hijo del anterior y último en utilizarlo). Mi amigo Pedro Fernández dice que nos encontramos ante su molino. Este molino es realmente impresionante, puesto que tiene su propia presa con un muro hecho con pizarras y cantos rodados dispuestos en sentido longitudinal al curso del agua. Su estado es impecable. En realidad son dos molinos juntos, uno más alto y otro más bajo, uno de dos piedras y otro de una, uno para mayor caudal del río y otro para época estival.

El paraje es precioso, porque aguas abajo del molino observamos unas magníficas charcas donde se pueden ver los peces. Resulta curioso ver como los pequeños regatos que llegan a las cercanías del molino están encauzados con lanchas de pizarra para evitar la entrada del agua dentro de él. La salida del agua procedente del molino también va canalizada de la misma manera.

Aguas arriba de este molino y no muy lejos, 200 ó 300 m, se encuentra el *Molino de Don Venancio*, no visitado en este viaje por falta de tiempo, pero pendiente para otra futura visita. Después de disfrutar de este bello paraje iniciamos el regreso en dirección a la carretera BA-2121, de *Oliva de la Frontera a Valencia del Mombuey*.

Ahora nuestra compañía es el polvo y un perro ladrando que no se cansa de seguirnos.

Ya estamos en el asfalto y la hora es intempestiva, la 1 de la tarde, nos miramos y a la par decimos que la siguiente parada será junto al tinto de Manolo Haut. Con no muy buena presencia pero con mucha sed, entramos en el "Tropezón" y lo primero que pedimos son dos cañas. Una vez que somos ya personas llega el premio merecido, unos vasitos de vino tinto de la *Tierra de Barros*, que nos saben a peces, y un poco de jamón, del mucho y tan bueno que abunda por esta zona.

De ahí en adelante ya os podéis imaginar, porque yo sinceramente o no me acuerdo o no quiero recordar.



Dos vistas diferentes del Molino de Pedro o de Domiciano

Ensayos de reproducibilidad con un receptor GPS expedito

Pelayo González-Pumariiega Solís y José Antonio Suárez García

INGENIEROS TÉCNICOS EN TOPOGRAFÍA

E.U.I.T. MINERA Y TOPOGRÁFICA DE MIERES DEL CAMINO

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

1. RECEPTORES GPS PARA NAVEGACION Y SUS LIMITACIONES

Desde que en 1989 la firma *Magellan* lanzara al mercado el primer receptor GPS de mano de carácter comercial, el mundo de la navegación no ha dejado de experimentar mejoras y avances en precisión y comodidad. Tal es así que en la actualidad la oferta de receptores de navegación GPS se encuentra en pleno auge.

Tradicionalmente estos modelos han venido empleando un canal secuencial (multiplexor) de código C/A (*Course/Adquisition*), si bien los módulos con cuatro, cinco o más canales paralelos se están convirtiendo en habituales.

La posición y la velocidad se obtienen generalmente a partir de medidas de pseudodistancia sobre el código C/A, mostrándose los resultados en pantalla o enviándose, en algunos casos, a un ordenador personal.

A partir de 1990 la capacidad operativa de los receptores GPS para navegación se vio mermada con la entrada en servicio de una medida de prevención, denominada Disponibilidad Selectiva (*Selective Availability policy SA*), encaminada a degradar, con fines de seguridad militar, la precisión previsible con el Servicio de Posicionamiento Estándar (*SPS*), dirigido a la comunidad de usuarios civiles.

Con la disponibilidad selectiva activada, durante un 95% del tiempo la precisión (desviación típica) del posicionamiento se veía deteriorada a 100 m en planimetría y 150 m en altimetría. Además, se introducía un error en la velocidad de 0,3 m/s y en tiempo de 340 nanosegundos. En el 99,99% del tiempo restante, el Departamento de Defensa de los EEUU (*USDD*) garantizaba errores no mayores de 300 m en planimetría y 500 m en altimetría.

La disponibilidad selectiva se conseguía falseando la información radiodifundida por los satélites de la constelación en su mensaje de navegación. Para ello se utilizaban dos procedimientos:

- la desestabilización del reloj del satélite, o técnica δ
- la manipulación de las efemérides (parámetros orbitales), o técnica ϵ .

Mediante la técnica δ se introducían errores variables en la frecuencia fundamental del oscilador del satélite, lo cual afectaba directamente a las pseudodistancias, que se obtienen por comparación del reloj del satélite y del receptor, produciendo variaciones con amplitudes de unos 50 m en periodos de algunos minutos.

Con la técnica ϵ se modificaba la información orbital, de forma que las coordenadas del satélite no podían ser obtenidas con precisión suficiente, afectando al cálculo de la posición del receptor por los errores derivados en las pseudodistancias. En este caso, las variaciones llegaban a alcanzar amplitudes entre 50 y 150 m en periodos de varias horas. Este efecto podía ser obviado en post-proceso, empleando las "efemérides precisas", obtenidas *a posteriori* desde las estaciones de seguimiento que constituyen el sector de control.

La disponibilidad selectiva, por tanto, afectaba al posicionamiento absoluto, por lo que éste era utilizado básicamente con fines de navegación en general y sin excesivos requerimientos de precisión. Únicamente los usuarios autorizados eran capaces de acceder a los datos de corrección, encriptados en el mensaje de navegación, que permitían recuperar la precisión original del sistema.

Para efectuar una navegación precisa, de orden decamétrico, no quedaba otra posibilidad más que recurrir a receptores avanzados, capaces de utilizar el método diferencial (*DGPS*) con relación a un receptor fijo (puerto, aeródromo o punto de coordenadas conocidas en general), si bien para ello era necesario disponer de un radio-enlace, a través del

cual se transmiten al receptor móvil las correcciones oportunas, lo que encarecía notablemente el equipo. Aún así, existe el condicionante de observar a los mismos satélites desde ambos receptores de forma simultánea y la precisión disminuye al aumentar la distancia entre ambos.

Los avances técnicos experimentados en los últimos años han permitido ofertar determinados modelos que incorporan la posibilidad de efectuar mediciones de fase de portadora, aunque los fabricantes no ofrecen con ellos programas adecuados para su procesamiento, sino que este observable es empleado para mejorar las medidas de pseudodistancia y obtener soluciones más precisas en navegación diferencial.

Alternativamente, las líneas de investigación se dirigieron a tratar de modelar el comportamiento de la disponibilidad selectiva para eliminar, en la medida de lo posible, su influencia mediante la aplicación de filtros adecuados, procedimiento que se vio dificultado por la naturaleza aleatoria de los errores introducidos.

A todo ello, el 1 de mayo de 2000 el por entonces Presidente de los Estados Unidos, Bill Clinton, sorprendió a la comunidad de usuarios civiles al anunciar su decisión de suprimir desde esa misma media noche la degradación intencional de la precisión del Sistema de Posicionamiento Global.

En su declaración oficial afirmaba que esta medida constituía un esfuerzo añadido para convertir al GPS en un sistema más sensible para usos civiles y comerciales en todo el mundo, en la línea de su compromiso por mejorar sus aplicaciones pacíficas.

La actuación se justificaba por el mínimo impacto que tendría sobre la seguridad nacional, puesto que desde el punto de vista técnico ya era posible denegar las señales GPS de forma auténticamente selectiva y regional en caso de amenaza para su país.

Finalmente, mostraba su confianza en que el incremento de precisión resultante permitiría surgir nuevas aplicaciones GPS y continuar mejorando la vida de la gente alrededor del mundo.

Sin duda, las expectativas creadas por el sistema de navegación por satélite soviético (*GLONASS*), que careció desde un primer momento de degradación intencional de la precisión, y los pasos iniciados por la Unión Europea para independizarse tecnológicamente y disponer de su propio sistema (*GALILEO*), influyeron poderosamente tanto en esta decisión como en la tomada un año antes de añadir a medio plazo dos nuevas señales GPS para uso civil y mejorar la constelación de satélites con 18 vehículos espaciales adicionales. Todo ello contribuirá de forma determinante a consolidar la primacía del GPS en el fabuloso mercado de la navegación por satélite que de forma imparable se avecina.

2. EL MODELO MAGELLAN GPS 2000

El receptor *Magellan GPS 2000* es un ejemplo de muchos otros productos similares que han sido diseñados de forma específica para desa-

rollar todo tipo de actividades al aire libre, relacionadas de algún modo con la navegación o que requieran llevar a cabo determinaciones de la posición sobre la superficie terrestre.

A pesar de su carácter compacto y tamaño reducido (16,7 cm x 5,8 cm x 3,3 cm; 280 gr), incorpora muchas de las innovaciones técnicas que se han producido en el campo de la navegación, si bien el acelerado ritmo de evolución que ha venido afectando a este tipo de dispositivos lo está convirtiendo ya en una herramienta casi obsoleta.

Basado en la tecnología "AllView 12", es capaz de realizar el seguimiento de hasta 12 satélites para el cálculo y actualización de posiciones, recogiendo datos a intervalos de 1 segundo. La precisión planimétrica nominal es de 15 m RMS (σ), con la disponibilidad selectiva desactivada.

Consta, básicamente, de una antena integrada, una pantalla de cristal líquido de alto contraste y un sencillo teclado, a través del cual se controlan sus múltiples funciones. La alimentación se la proporcionan 4 pilas alcalinas de 1,5 V tipo LR6 (AA), con las que se consiguen más de 24 horas de funcionamiento continuo.

Antes de utilizarlo por primera vez el receptor necesita ser inicializado, esto es, se le debe introducir su posición de partida, la fecha y la hora, con el fin de que pueda utilizar adecuadamente el almanaque interno, en el que dispone de la información imprescindible sobre los satélites. No se necesita repetir esta operación, a no ser que se borre la memoria o se efectúe un desplazamiento de más de 500 km desde el último punto observado con él apagado. De cualquier forma, el receptor también es capaz de realizar una auto-inicialización, invirtiendo para ello unos 15 minutos.

Una vez localizados y seguidos un mínimo de tres satélites, el receptor será capaz de calcular una posición planimétrica en un periodo de 2 a 5 minutos. En cuanto disponga de un cuarto satélite el posicionamiento será tridimensional.

Una pantalla especial muestra la posición de los satélites sobre el horizonte (*sky-plot*) así como la fuerza con la que se recibe la señal procedente de cada uno de los que se encuentran en seguimiento. De forma adicional, se indica el error estimado para la solución calculada (*EPE*).

Como en cualquier operación con receptores GPS, es necesario disponer de una vista del cielo relativamente libre de obstáculos, que no impidan o dificulten la recepción de las señales provenientes de los satélites. La activación de un determinado icono advierte de aquellas situaciones en las que la geometría de la constelación no es adecuada y puede afectar seriamente a la precisión de la observación (*Dilution Of Precision, DOP*).

El resultado del cálculo de posición puede ser presentado en coordenadas geográficas o cartesianas, disponiéndose en este caso de una gran variedad de sistemas de representación y datums, entre los que se encuentran el UTM y ED-50, oficiales en España.

Aparte de la función elemental de posicionamiento, el *Magellan GPS 2000* permite:

- Guardar en memoria las coordenadas de un punto obtenidas por observación.
- Almacenar puntos de coordenadas conocidas con sus correspondientes códigos.
- Obtener distancia y acimut desde la posición que ocupa el receptor hasta un punto de coordenadas conocidas dado.
- Introducir hasta cinco rutas o itinerarios entre una serie de puntos de coordenadas conocidas, con un máximo de veinte ejes o tramos en cada una de ellas.

Además, mientras el receptor permanezca encendido ira guardando, de forma automática y con intervalos de 10 minutos, las posiciones calculadas a lo largo del itinerario recorrido, manteniendo un registro de hasta 21 puntos. Esta memoria permitirá crear una ruta de retroceso.

Como ayuda a la navegación, se pueden seleccionar cinco pantallas diferentes, constantemente actualizadas, que proporcionan la información precisa para dirigirse a un destino especificado. Estas son:

- *Pantalla de Posición*: Muestra las coordenadas calculadas en el sistema elegido, la fecha, la hora y el datum empleado.
- *Pantalla de Navegación*: Presenta el acimut y distancia al punto de destino, así como la dirección y la velocidad de desplazamiento.
- *Pantalla de Puntero*: Señala gráficamente el acimut o el rumbo (a elegir) al punto de destino, junto con la indicación de la distancia y el tiempo estimado de llegada.
- *Pantalla de Trazado*: Dibuja el camino recorrido, comparándolo con la ruta planeada, siendo posible modificar la escala o grado de detalle de visualización.
- *Pantalla de Ruta*: Representa mediante un gráfico esquemático y escalable las desviaciones del curso previsto hasta el punto de destino.

Complementariamente, el receptor también proporciona información sobre el orto, el ocaso y las fases lunares hasta el año 2079 y dispone

de una función de odómetro, totalizador y parcial, similar al de un automóvil.

3. ENSAYOS DE REPRODUCIBILIDAD

Ante los esperanzadores datos de precisión ofrecidos por el fabricante, se decidió llevar a cabo una serie de pruebas que pusieran de manifiesto la potencialidad del equipo, de cara a su posible utilización en operaciones topográficas de aproximación o aplicaciones cartográficas de pequeña escala, siempre teniendo en cuenta el carácter aleatorio de los errores introducidos en su momento por la disponibilidad selectiva y la incertidumbre que sobre su comportamiento quiera introducir el USDD en un futuro.

3.1. Pruebas realizadas con la disponibilidad selectiva activada

Sobre un punto de coordenadas conocidas y de horizonte suficientemente despejado, se realizaron tres tipos de test de reproducibilidad, dado el distinto periodo de variación de los procedimientos empleados para falsear la información radiodifundida (técnicas δ y ϵ):

- Por un lado, en tres días distintos (9, 15 y 25 de agosto de 1997) se efectuaron 13, 17 y 16 determinaciones de posición, respectivamente, a intervalos de una hora (figura 1).
- Por otro, en el mes de agosto de 1998 se realizó una observación diaria, a distintas horas, durante un periodo de 17 días prácticamente consecutivos.
- Por último, en los meses de agosto de 1997 y 1999 se completaron dos bloques de 150 y 46 observaciones, respectivamente, en diferentes momentos del día, procurando abarcar el mayor espectro horario posible, multitud de configuraciones geométricas distintas de la constelación de satélites y una gran variedad de situaciones meteorológicas.

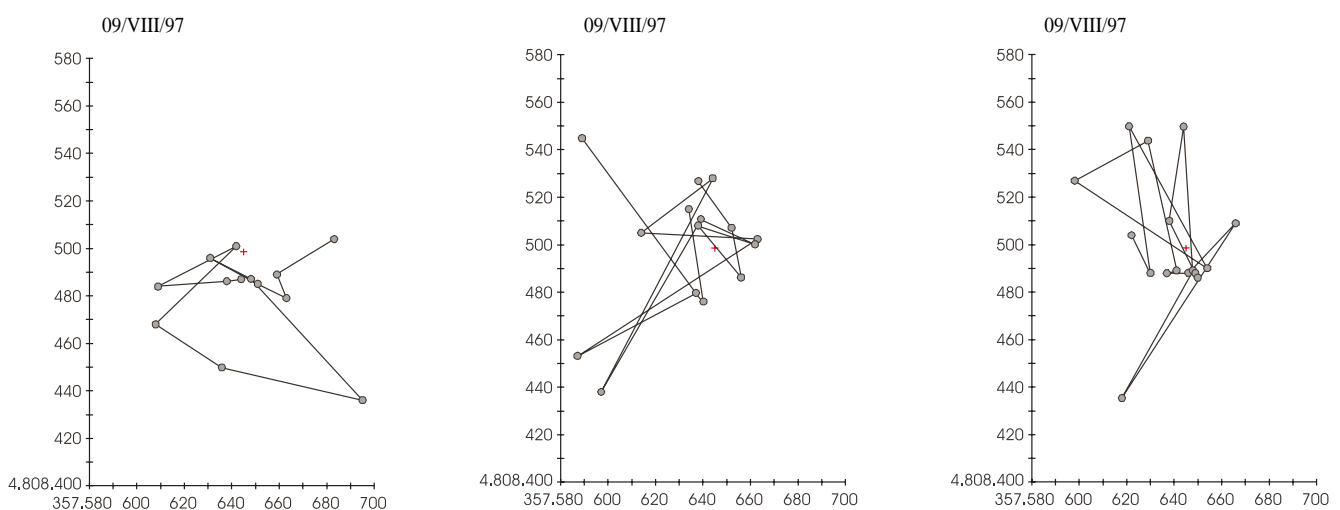


Figura 1. Gráficos de dispersión

En general, y en condiciones normales, en ningún caso los errores introducidos por la atmósfera (retardo ionosférico y troposférico) podían afectar de forma sensible al posicionamiento obtenido con este tipo de receptores de navegación mientras la disponibilidad selectiva permanecía activada. No obstante, a efectos prácticos conviene tener en cuenta que el calor reduce la capacidad de las baterías y que las descargas eléctricas (rayos) pueden llegar a dañar la antena si ésta es el mayor conductor en los alrededores de la zona.

Anecdóticamente se puede comentar que dos de las mediciones del día 15 de agosto de 1997 se realizaron bajo sendas tormentas, con gran aparato eléctrico, pudiéndose comprobar que los errores obtenidos sobrepasaban con creces los esperables en condiciones normales, por lo que no fueron tenidas en cuenta a la hora de proporcionar los resultados de la prueba.

Como norma de trabajo, se aprovechó la facultad del receptor de estimar el error en el posicionamiento, procurando no dar por terminada una observación hasta que el valor proporcionado se encontrase por debajo de 55 m. Esto fue posible en todos los casos en periodos de 5 a 15 minutos, excepto en una ocasión, en la que la indicación no mejoró de 112 m en un plazo de tiempo razonable. No obstante, *a posteriori* se pudo comprobar que el resultado de dicha observación no difería en más de 7 m de la media de todos los datos.

A continuación se exponen los resultados de las distintas campañas anteriormente mencionadas:

Coordenadas conocidas del punto de ensayo $X = 357.651$
 $Y = 4.808.493$

Campaña	Número de Observaciones	Media aritmética		Media Ponderada	
		X	Y	X	Y
09/VIII/97	13	646,7	480,9	647	482
15/VIII/97	15	632,7	498,7	635	500
25/VIII/97	16	636,9	502,2	635	503
Mes VIII/98	17	646,6	499,0	645	497
Mes VIII/97	150	644,5	492,1	644	493
Mes VIII/99	46	646,9	501,0	—	—
TOTAL	213	645,2	494,6	—	—

Nota: en la tabla sólo se muestran las últimas cifras de las coordenadas UTM del punto, desde las centenas de metros.

Para obtener la media ponderada que aparece reflejada en la tabla se utilizó como peso la inversa del error de posicionamiento estimado por el receptor. Se puede comprobar que su consideración introduce variaciones insignificantes con respecto a la media aritmética, puesto que, en general, los valores resultantes no presentaban grandes diferencias, por lo que este cálculo ya no se aplicó en la campaña de agosto de 1999 ni al totalizar el conjunto de las observaciones del periodo 1997-99.

Campaña	e.m.c. obs.		e.m.c. med.	
	X	Y	X	Y
09/VIII/97	25,0	19,4	6,9	5,4
15/VIII/97	24,8	28,3	6,4	7,3
25/VIII/97	16,7	29,6	4,2	7,4
Mes VIII/98	25,1	39,5	6,1	9,6
Mes VIII/97	22,2	27,9	1,8	2,3
Mes VIII/99	19,3	27,2	2,8	4,0
TOTAL	21,7	28,9	1,5	2,0

e.m.c. obs. = error medio cuadrático de una observación aislada.

e.m.c. med. = error medio cuadrático de la media (precisión del valor más probable).

A grandes rasgos, se observa que las coordenadas obtenidas con los datos de los días 15 y 25 de agosto de 1997 resultan muy parecidas entre sí, distanciándose ligeramente la solución correspondiente al día 9. Esta presenta un valor bastante razonable para la coordenada **X**, mientras que aquellas se aproximan mucho en la **Y**.

Curiosamente, la breve campaña de agosto de 1998 aúna los mejores resultados de las anteriores, ofreciendo un promedio muy satisfactorio.

Resultados muy similares se obtienen con los totales de agosto de 1997 y 1999.

Los errores medios cuadráticos son bastante homogéneos en todos los casos y su magnitud resulta más favorable de lo que cabría esperar en un principio, denotando una leve tendencia a una mayor dispersión de la coordenada **Y** frente a la **X**.

Independientemente de todo ello, y como complemento de nuestras particulares investigaciones, se quiso aprovechar el peculiar acontecimiento en la historia del Sistema de Posicionamiento Global que tuvo lugar a las 2 de la madrugada (horario nacional, 23:59:47 UTC) del día 21 de agosto de 1999, denominado reenumeración de la semana GPS (*GPS Week Number Rollover*, también conocido como *GPS End-of-Week Rollover*, *EOW*).

Es este un evento que tiene lugar cada 20 años aproximadamente y se debe a que la señal transmitida por los satélites GPS está referida al "sistema de tiempo GPS" que se expresa como semanas y segundos de semana, contados desde las 0 horas del domingo correspondiente. La semana GPS en curso se incluye en la celda 1 del mensaje de navegación radiodifundido por los satélites empleando únicamente 10 bits. En consecuencia, sólo es posible numerar $2^{10} = 1.024$ semanas (unos 19,6 años).

El sistema de tiempo GPS comenzó a contar (semana 0) en la medianoche del 5 al 6 de enero de 1980, por lo que en la medianoche del 21 al 22 de agosto de 1999 la cuenta pasó de 1023 a 0000 nuevamente, completando así su primer ciclo. El segundo durará hasta el 6 de abril de 2019, el tercero hasta el 20 de noviembre de 2038 y así sucesivamente.

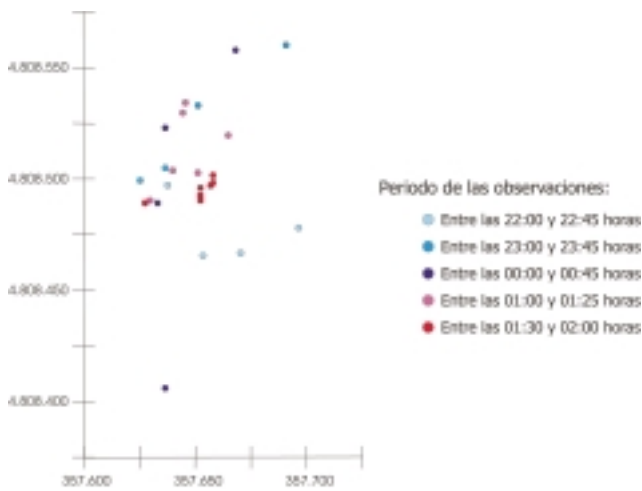


Figura 2. Dispersión previa a la renumeración de la semana GPS (EOW)

Un receptor GPS necesita conocer el ciclo en el que se encuentra para determinar de forma inequívoca la fecha. En caso de que estuviese incorrectamente programado podría interpretar el comienzo de la semana 0 como si fuera el 6 de enero de 1980, o determinar mal la posición de los satélites a partir de las efemérides transmitidas en el mensaje de navegación.

Para comprobar los posibles efectos que dicha operación podría tener sobre nuestro receptor, se realizó una observación en el punto de control habitual cada 15 minutos entre las 22:00 horas del día 21 y las 01:00 horas del día 22 y posteriormente cada 5 minutos hasta el momento programado para efectuar el cambio.

Los resultados de dicha experiencia se resumen gráficamente en la figura 2, en la que se puede apreciar un mayor agrupamiento de las posiciones obtenidas a partir de la 1 de la madrugada y, en especial, en la última media hora previa al cambio de semana, lo que induce a pensar en una atenuación o eliminación transitoria de la disponibilidad selectiva para evitar posibles disfunciones del sistema.

Númicamente, los datos resultantes quedan reflejados en la siguiente tabla, en la que los errores medios cuadráticos ponen de manifiesto lo anteriormente expuesto:

Periodo	Número Observac.	Media aritmética		e.m.c. obs.		e.m.c. med.	
		X	Y	X	Y	X	Y
22:00 a 00:45	12	653,6	497,2	21,2	35,4	6,1	10,2
01:00 a 01:25	6	647,3	510,5	9,9	27,5	4,0	11,3
01:30 a 02:00	7	651,9	494,1	3,5	7,1	1,3	2,7
22:00 a 02:00	25	651,6	499,5	15,8	27,6	3,1	5,4

Como se puede comprobar, la media obtenida con las 7 observaciones realizadas a intervalos de 5 minutos entre las 01:30 y las 02:00 horas difiere menos de 1,5 m de la posición teórica del punto de observación.

3.2. Pruebas realizadas con la disponibilidad selectiva desactivada

De forma similar a como se había hecho en años anteriores, pero bajo mejores condiciones de observación al no encontrarse el sistema satelital afectado por la degradación intencional de la precisión, en el mes de agosto de 2000 se realizaron dos nuevos ensayos de reproducibilidad sobre el mismo punto de coordenadas conocidas. En esta ocasión las pruebas consistieron en:

- Efectuar en un día (01 de agosto) 15 determinaciones de posición a intervalos de una hora.
- Completar a lo largo de todo el mes un conjunto de 120 mediciones, bajo condiciones de observación lo más variadas posible.

El promedio de los resultados obtenidos en cada prueba, junto con los parámetros estadísticos básicos correspondientes, se sintetiza en la tabla siguiente:

Periodo	Número Observac.	Media aritmética		e.m.c. obs.		e.m.c. med.	
		X	Y	X	Y	X	Y
01/agosto/2000	15	644,0	500,8	9,2	7,8	2,4	2,0
Total agosto 2000	120	642,0	499,2	2,8	10,6	0,3	1,0

Claramente se aprecia el espectacular aumento de la precisión experimentado con la eliminación de la disponibilidad selectiva, que de forma gráfica se expresa en la figura 3.

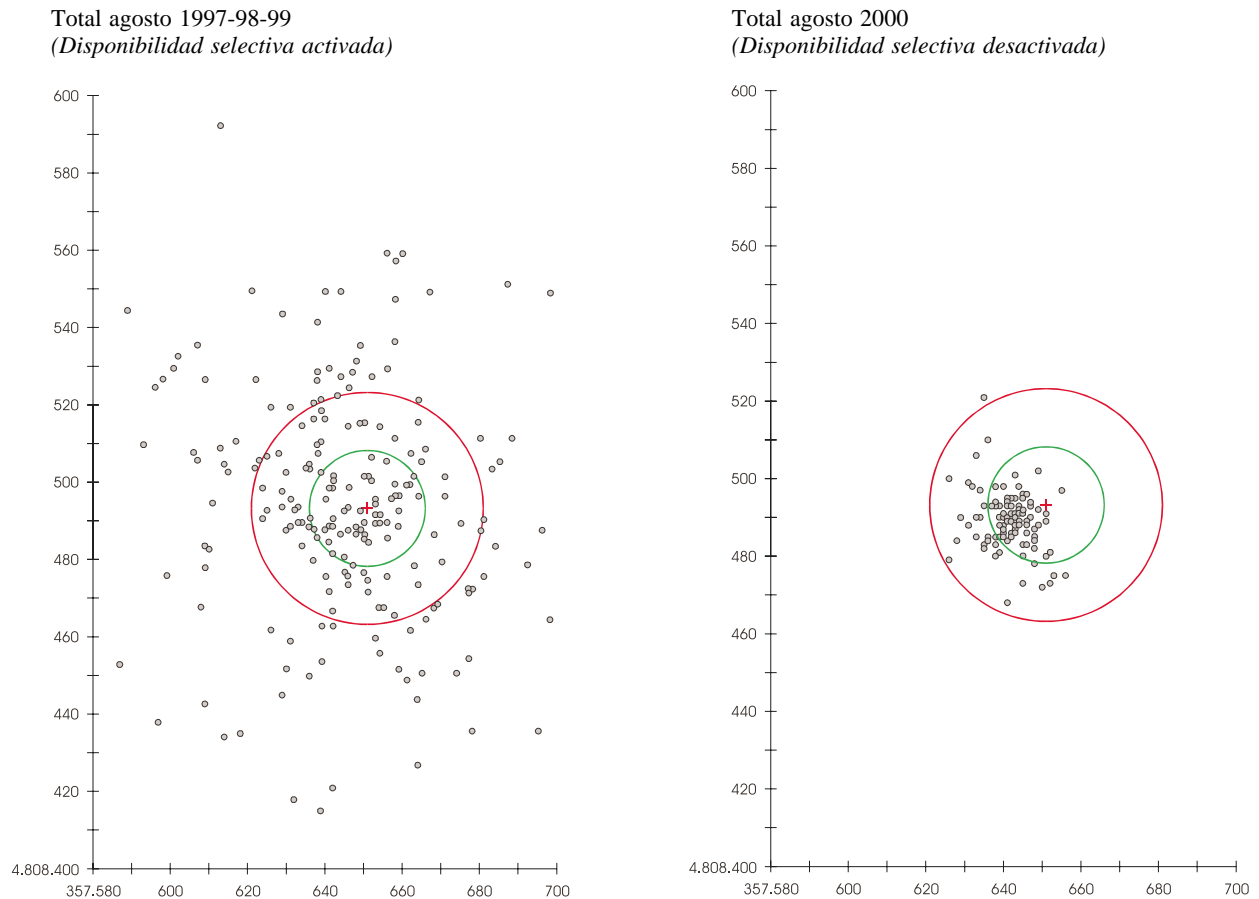
En lo que respecta a la exactitud de los resultados obtenidos, se observa un ligero desplazamiento hacia el oeste, que se ha puesto igualmente de manifiesto en otros ensayos realizados con el mismo aparato en distintos emplazamientos.

4. CONCLUSIONES

Tal y como en su momento anunció el presidente estadounidense, las posibilidades que para el mundo civil ofrece el GPS son tremendamente amplias, si bien es preciso tener en cuenta las precisiones reales esperables y los factores que las condicionan para conseguir resultados plenamente satisfactorios.

En este sentido, los receptores topográfico-geodésicos, pese a sus indudables ventajas en muchos campos, continúan siendo aún una instrumentación de coste relativamente alto. Frente a este tipo de aparatos, los receptores GPS de navegación, cada vez más perfeccionados, compactos y asequibles, se presentan como una alternativa interesante para determinados tipos de trabajo.

Actualmente, al haber sido eliminada la disponibilidad selectiva, constituyen una herramienta a tener en cuenta en multitud de anteproyectos y en una gran variedad de estudios hasta escalas de trabajo muy habitua-



Círculo pequeño: radio de 15 m en torno a la posición teórica del punto (error nominal ofrecido por el fabricante).
Círculo grande: radio de 30 m en torno a la posición teórica del punto.

Figura 3. Efecto de la eliminación de la disponibilidad selectiva

les (1/25.000, 1/10.000, e incluso 1/5.000), especialmente en aquellos casos en los que la exactitud requerida no sea excesiva por la propia naturaleza de los puntos a levantar o replantar.

No obstante, y como en todo proyecto topográfico, es preciso analizar en cada caso concreto su idoneidad para el levantamiento de puntos, líneas y superficies, en función de los elementos a representar y la simbología asociada para la escala de trabajo elegida.

Nuestra experiencia, derivada de los ensayos anteriores así como de diversos casos concretos de aplicación enmarcados en Proyectos de Fin de Carrera dirigidos a alumnos de la Escuela de Topografía de Mieres, nos llevó en su momento, cuando aún padecíamos los efectos de la degradación intencional de la precisión, a rechazar observaciones aisladas, considerando imprescindible disponer de un cierto número de medidas realizadas bajo distintas condiciones y, a poder ser, en días diferentes, para tratar de eliminar sistematismos.

Con los datos obtenidos se calculaba el promedio y se entraba en un "proceso de reiteración" en el que se iban desechando aquellos valores

que más se alejaban de la media, hasta un determinado límite en función del tipo de trabajo, pero nunca inferior a la precisión nominal proporcionada por el fabricante.

Esta forma de actuar limitaba drásticamente los posibles campos de actuación, pero resultaba de utilidad en aquellos casos en los que había que permanecer en una zona concreta durante varias horas, intercalando las observaciones GPS expeditas en el proceso general de toma de datos. Los resultados conseguidos en los casos más favorables (varias observaciones en intervalos de 30 a 60 minutos) mejoraron con creces, en ocasiones de forma espectacular, la precisión esperable con una observación aislada.

Hoy por hoy, se pueden conseguir resultados análogos con menor número de condicionantes, ampliándose las posibilidades de intervención al resultar suficiente, en muchos casos, una simple reocupación del punto para lograr precisiones satisfactorias en múltiples aplicaciones del tipo de las anteriormente mencionadas. ■

I Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía convoca el Primer Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica, con la finalidad de reconocer y estimular el ingenio y la creación técnica entre los alumnos de I.T. Topográfica, premiando a los mejores proyectos del curso académico que se presenten de acuerdo a las siguientes bases:

1. ASPIRANTES

Podrán concurrir todos los Ingenieros Técnicos en Topografía que hayan presentado el Proyecto Fin de Carrera durante el año 2001 en cualquier Escuela de Ingeniería Técnicas Topográficas de España.

2. DOCUMENTACIÓN, PLAZO Y LUGAR DE PRESENTACIÓN

Para participar, los alumnos deberán presentar en la sede de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía (Avenida de Reina Victoria 66, 2º C, 28003 Madrid), antes del **15 de marzo de 2002**, la siguiente documentación:

- Una copia del Proyecto Fin de Carrera en soporte papel, copia fiel del presentado en la defensa del mismo.
- Un resumen-artículo del Proyecto.
- Hoja de Solicitud debidamente cumplimentada.

Una vez finalizado el proceso de valoración y concluido el Premio, los solicitantes podrán retirar del Colegio las copias de los proyectos presentados a concurso, exceptuando los premiados, que quedarán depositados en la biblioteca del Colegio.

3. JURADO

El jurado estará compuesto por:

- **Presidente:** El Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- **Secretario:** El Secretario del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- **Vocales:** Cinco vocales designados por la Junta de Gobierno del Colegio, representantes de los ámbitos de la Universidad, Empresa Privada e Instituciones Oficiales.

El fallo del jurado se dará a conocer antes del 15 de Abril de 2002.

4. VALORACIÓN

El premio estará sujeto a un baremo de 1 a 10 puntos, según el cual se fijarán los criterios de valoración en los siguientes apartados:

- Creatividad y Originalidad del Proyecto.
- Innovación tecnológica.
- Rigor Técnico y Científico.
- Viabilidad Técnica y Económica del Proyecto con la documentación aportada.
- Presentación (memoria, modelos, programas informáticos, etc.).
- Resultados obtenidos y aplicabilidad práctica o interés industrial en el área.

5. PREMIOS

Se establecerán tres premios para los ganadores, dotados económicamente con las siguientes cantidades:

Primer Premio: 1.500 € (249.579 Ptas.)

Segundo Premio: 900 € (149.747 Ptas.)

Tercer Premio: 450 € (74.874 Ptas.)

Asimismo, a los profesores o tutores que hayan dirigido el Proyecto ganador se les hará entrega de una Placa Acreditativa en el acto de entrega del Premio.

La entrega de los Premios será pública y coincidirá con la celebración de la Fiesta de San Isidoro 2002 en Madrid.

6. NORMAS COMPLEMENTARIAS

La participación en el Premio supone la plena aceptación de estas bases. El fallo del Jurado será inapelable, pudiendo declarar desierto cualesquiera de los tres premios que se otorgan, si así lo estima conveniente en función de la calidad de los Proyectos presentados. Cualquier incidencia no prevista en las presentes bases será resuelta por la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de I. T. en Topografía.

El Jurado o el Colegio podrán requerir a los participantes, en cualquier momento del proceso, la documentación acreditativa que se expresa en las bases.

Los trabajos premiados serán publicados en la Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, "Topografía y Cartografía", pudiéndose requerir de los autores la realización de las modificaciones en el resumen-artículo presentado que sean necesarias para dicho fin.

I PREMIO "SAN ISIDORO" PARA PROYECTOS FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA TOPOGRÁFICA

Al Jurado del Premio
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía

Nombre del autor o autores

Título del Proyecto Fin de Carrera

Escuela en la que se ha presentado y Universidad

Fecha

Tutor / es

Solicitante

Domicilio

Ciudad

Teléfono

En _____, a _____ de _____ de _____

Fdo.: _____

Organismos Cartográficos Nacionales Europeos: ¿Quo Vadis?

John Leonard

SECRETARIO GENERAL DE CERCO

Resumen

Tal vez el primer concepto que como topógrafos aprendimos fue el de que se debía de trabajar desde el todo hacia las partes, es decir, que antes de comenzar a dibujar el detalle se debe de planificar la imagen completa. La necesidad de una cartografía regional y mundial detallada surgió con posterioridad a que las naciones hubiesen creado sus propias "grandes imágenes", de modo que, o debemos comenzar de nuevo, o aprovechar, en la mayor medida posible, lo ya existente. La elección entre estas dos opciones afectará, de forma crítica, el futuro de los Organismos Cartográficos Nacionales.

Los Organismos Cartográficos Nacionales de Europa (y de cualquier otro lugar) son tan variopintos como las culturas, economías y circunstancias políticas en las que operan. En este artículo se argumenta que, pese a estas diferencias, también existen semejanzas entre ellos. Suelen padecer la tendencia de estar de alguna forma estancados en la historia y, debido a ello y pese a su pronta aceptación de las nuevas tecnologías, son sorprendentemente reaccionarias en lo tocante a desarrollar y responder a las nuevas necesidades de sus mercados.

Estos Organismos han de cambiar, ya que los planes y políticas de la Comisión Europea ya muestran un profundo efecto sobre sus actividades actuales. Por otro lado, nadie pone en duda los beneficios que se derivarían de disponer de una geografía internacional "integrada" y consistente, por lo que cada vez es más difícil el que cualquier país europeo se aísle.

Se sugiere que los gobiernos necesitan ayuda para comprender exactamente lo que ellos y sus sociedades necesitan de la información geográfica y que los cambios de política que introduzcan forzarán al resto a revisar sus posiciones, ya sean usuarios o proveedores. El artículo analiza el rango de actuaciones que se necesitará tomar y las actitudes que necesitan redefinirse si se pretende que el Organismo Cartográfico Nacional juegue un papel clave en el escenario internacional.

Abstract

Perhaps the earliest concept we were taught as surveyors was that you should work from the whole to the part. i.e. you plan the big picture before you start drawing the detail. The need for detailed regional and global mapping came long after individual nations had created their own "big pictures", so we either have to start again, or exploit as best we can what already exists. The choice that is made between these options will affect critically the future of National Mapping Agencies (NMAs).

The NMAs of Europe (and indeed of everywhere else) are as varied as the cultures, economies, and politics in which they operate. The paper argues that notwithstanding these differences, there are also similarities between NMAs. There is a tendency for them to be somewhat steeped in history and, because of this and despite their ready acceptance of new technology, to be surprisingly reactionary when it comes to developing and responding to the new needs of their markets.

The NMAs must change because the policies and plans of the European Commission already have a profound effect on the current activities of the mapping agencies of all European countries. On the other hand, no one seems to doubt the benefits of consistent and "joined up" international geography, and it is increasingly difficult for any European country to isolate itself.

It is suggested that governments need help to understand exactly what they and their societies require of geographic and other information, and that changes of policy that they introduce will force everyone else to review their own positions, whether they be users or suppliers.

1. INTRODUCCIÓN

Los enormes desarrollos tecnológicos han afectado notablemente nuestras vidas. Sus efectos sobre las necesidades y expectativas de aquellos que usan los servicios de los Organismos Cartográficos Nacionales, es profundo. Necesitamos cambiar en muchos aspectos para poder dar respuestas eficaces. Por citar sólo un ejemplo, existe ya un prototipo de teléfono móvil capaz de presentar su posición GPS sobre un mapa en su pantalla. Si vamos a atender las necesidades que esto genera y si queremos anticiparnos a los requerimientos que surgirán de ello, deberemos reaccionar, preparando productos diseñados para esta aplicación. La demanda se centrará en dar una adecuada velocidad de respuesta y en hacer intervenir a tecnologías que están más allá de nuestras experiencias actuales.

Una alternativa sería el rendirnos de antemano, diciendo que "debemos dejar esto a otros" y consolarnos pensando que si nos centramos en el tipo de trabajo que venimos haciendo desde siempre, todo irá bien. Pero los cambios drásticos producidos en la ideología gubernamental sugieren que es poco probable que el papel y el estatus de los Organismos Cartográficos Nacionales no cambie. Ya se ve que todos, en mayor o menor medida, han experimentado cambios que hace algunos años hubieran sido impensables.

Conozco Organismos Cartográficos Nacionales que afirman que son la única organización capaz de producir en sus países mapas topográficos a escalas grandes y medias y otros que afirman que la administración de las propiedades de terrenos siempre residirá en el sector público. Si, al igual que me sucede a mí, no compartís su confianza, la pregunta ya no sólo es "¿Quo Vadis?", si no además "¿en qué dirección y hasta dónde deben llegar los Organismos Cartográficos?"

2. FUERZAS PARA EL CAMBIO

Todos aceptamos que el lema básico de la Topografía es que se debe de trabajar desde el todo hacia las partes – antes de trazar el plano de una propiedad local, necesitamos trasladar el control topográfico desde las zonas colindantes. Sin una referencia más amplia, el levantamiento carecería de escala o de posición relativa. En reconocimiento de esto, todos los países han creado un marco geodésico de referencia nacional, que han empleado para cartografiar todo su territorio. Esto se hizo hace ya muchos años, mediante excelentes trabajos en la mayoría de los casos. Ciertamente surgían problemas de ajuste en las fronteras con otros países, lo cual no supuso gran preocupación hasta que se formaron las regiones internacionales. Entonces sí que hubo problemas y aparecieron todo tipo de anomalías. Si se cree en las estadísticas, incluso el tiempo meteorológico ¡modificaba las fronteras!

Cuando se quiso disponer de una imagen del mundo se multiplicaron los problemas. Esto fue debido a que, en este amplio escenario, no habíamos trabajado desde el conjunto de la totalidad, sino desde las partes integrantes (las naciones).

Tanto nos guste como si no, actualmente nos encontramos en un mundo en el que las fuerzas de ámbito mundial precisan de rápidas respuestas nacionales, que a veces aparecen como extrañas a la experiencia y culturas locales. Sin embargo, aunque su aceptación pueda ser dolorosa, entre los proveedores de servicios a nivel nacional, existe el reconocimiento creciente de que el satisfacer estas demandas externas conlleva probablemente beneficios a nivel local. Sin duda, muchos de los Organismos Cartográficos Nacionales de la Europa Central y Oriental parecen considerar favorablemente la introducción de costosos cambios, cara al interés en alcanzar, a largo plazo, la compatibilidad dentro de la Unión Europea. Y todos los Organismos Cartográficos Nacionales de Europa han firmado, en principio, en apoyo de la iniciativa del "Mapa del Mundo".

Pero la aceptación de esta necesidad de comportamiento internacional no siempre parece alcanzar a aquellos que son los responsables de decidir la política estratégica de sus Organismos Cartográficos Nacionales. ¿Será tal vez que los políticos y administradores del gobierno central dan al mapa por hecho, al contrario de lo que sucede con otros temas candentes como la educación, la defensa o la sanidad? Y, si acaso le conceden algún pensamiento, ¿verán al mapa como un asunto fundamentalmente nacional?

3. LOS ORGANISMOS CARTOGRÁFICOS NACIONALES

Cada país ha decidido internamente cómo debía ser su propia cartografía y esto explica las diferencias que existen, en términos de rango de escalas, estilos cartográficos, precisión, niveles de actualización, la forma en la que esta cartografía es almacenada, así como la forma de acceder a ella, entre los distintos países. El grado en el que las actividades de un Organismo Cartográfico Nacional se superponen con las de otros organismos oficiales varía también en cada país. Sus "competidores" pueden ser otras organizaciones gubernamentales, autoridades municipales, las fuerzas armadas o un creciente número de empresas privadas. Sus actividades pueden incluir desde la cartografía a gran escala hasta imágenes espaciales.

Desde luego, también existen semejanzas entre los Organismos Cartográficos Nacionales: todos son organismos públicos y todos ofrecen algún tipo de marco de referencia nacional, que otros pueden emplear como referencia espacial para sus propios trabajos. La mayoría también suministra un mapa topográfico, que incluye información asociada, del tipo de la toponimia o la delimitación de las áreas administrativas. Creados armoniosamente, constituyen una infraestructura nacional vital.

El destino final de cada Organismo Cartográfico Nacional está en manos de sus jefes políticos, aunque ellos mismos pueden influir en estas decisiones. Para ello necesitan tener una visión clara del papel que deben desempeñar y, posteriormente convencer a todas las partes interesadas de que esto contribuirá, sin duda, a la creación de una sociedad y de un medio ambiente mejores. Al exponer este mensaje es vital que de-

muestren que están al tanto de los intereses comunes a la totalidad de su respectiva administración y que presenten sus sugerencias de cambio dentro del contexto del interés público, en lugar de presentar argumentos para su propia supervivencia.

A continuación se expone una evaluación de las actividades de un Organismo Cartográfico Nacional. Aunque esté referida a uno europeo, tal vez las conclusiones sean igual de válidas para otras partes del mundo. El artículo finaliza con una lista de las acciones que es necesario realizar y de las posiciones hacia las que hay que ir. Nada de esto se puede alcanzar en solitario, pero quienes antes actúen ganarán, a largo plazo, algunas ventajas.

4. LOS VALORES DE LA GEOGRAFÍA “INTEGRADA”

El término “integrado” se ha hecho de uso común en el Reino Unido para describir el deseo de su actual gobierno de proporcionar un alto nivel constante de servicios a escala nacional. Demandan que sus organismos oficiales colaboren entre sí más íntimamente y que hagan intervenir y trabajen en armonía con las empresas del sector privado. El mismo término “integrado” ha sido aplicado por el Ordnance Survey para describir su sueño de un sistema nacional de georreferenciación consistente, que incluya la cartografía topográfica del país junto a otra información espacial asociada.

4.1. El valor de una geografía constantemente actualizada

Cada nación tiene un Organismo Cartográfico Nacional, debido al hecho de que, lo recuerden o no nuestros usuarios, ningún país puede ser administrado o desarrollado sin una imagen completa y actualizada de aquello que hay que administrar o mejorar. En este sentido, la cartografía nacional es tan vital como el sistema operativo de un ordenador y, de alguna forma, es igual de “invisible” para el usuario. Es decir, la cartografía nacional es ¡como el sistema MS Windows! El problema es que, dado que un país ya ha sido adecuadamente cartografiado, se toma como algo ya hecho, tanto por los políticos como por el público, y, en ese sentido, no es valorado ni respaldado de la misma manera que lo son otros aspectos de la infraestructura nacional. A menos que se dé el caso de que, por una falta de financiación oficial, se haya impedido el adecuado mantenimiento de la “geografía” de la nación.

Si no se mantiene y actualiza, la cartografía se hace rápidamente tan vieja que surgen verdaderos problemas. Esto es particularmente cierto en la cartografía a gran escala, que respalda la vital actividad de la administración territorial y del registro de propiedades. En el Reino Unido se experimentó esta situación en 1930 y, desde todos los sectores de la comunidad, se demandaron las oportunas actuaciones para corregirlo. Los costes de esta acción excedieron, con mucho, a los que hubieran sido necesarios para realizar una modesta, pero constante, revisión. Si algún beneficio se sacó de este lamentable hecho fue el que se reconoció el

papel del National Survey. Es una lástima que los políticos sólo actúen después de que la “leche se haya derramado”. Es necesario convencerles antes de la necesidad de “una jarra más sólida”.

Influidos por la creciente facilidad con la que la información está disponible al alcance de todos, todo el mundo espera que esté actualizada, y se desilusiona cuando no es así. Cuando existe más de una fuente de información, la elección ideal de la mayoría de la gente se basa en lo que perciben de su actualidad y en su forma de presentación. Esto se debe a que el usuario lego en la materia, equipara la precisión con estas cualidades. Un ejemplo de una necesidad legítima de ambos aspectos se presenta en el campo de la navegación de vehículos; no importa cuán “preciso” sea el sistema de determinación de posiciones, es la presentación de esta posición la que convence al conductor si está o no en buenas manos. El propio mapa debe de estar diseñado a estos efectos y, lo que es aun más importante, debe de estar actualizado en lo que respecta a nuevas carreteras y edificaciones. Si no lo está, la fe del conductor queda instantáneamente destruida.

Tal vez sea citar algo obvio, pero la prospección de cambios debería efectuarse de una sola vez para todo el rango de productos, en lugar de para cada uno por separado. Esto requiere una estructura lo suficientemente independiente de la escala que permita que la revisión se vaya produciendo en cascada, desde la escala mayor a las menores.

4.2. El valor de la cartografía de interés nacional

Una estimación reciente de la cantidad del producto interior bruto británico que procedía de la información del Ordnance Survey daba una cifra de 100 billones de libras esterlinas por año. Esta cifra excluye los beneficios sociales y medioambientales, no cuantificables, que algunos afirmarían que son aun más valiosos. Aquellos que dirigen un Organismo Cartográfico Nacional necesitan darse cuenta de que algunas de sus actividades tienen un valor social que no es pagado por los usuarios individualmente; son los servicios económicamente improductivos, pero sin embargo vitales, que asumen la mayoría de los organismos del sector público. Buen ejemplo de ello son los servicios de autobuses rurales, que nunca viajan más que medio llenos y sin embargo ofrecen el único medio de transporte a los que viven o trabajan en algunas zonas rurales. O la cartografía topográfica de aquellas partes menos desarrolladas del país, de la que probablemente sean las autoridades de planificación o la Agencia de Control Medioambiental los únicos usuarios ocasionales en circunstancias normales.

Pero de repente sucede algo inesperado: un desastre natural o humano, como un terremoto o la caída de una avión civil en un paraje remoto. Estos acontecimientos demandarán un conocimiento inmediato y detallado de la zona, de manera que se puedan efectuar los rescates o las reparaciones oportunas.

También está la red geodésica a la que se refieren todos los levantamientos topográficos. El papel de asegurar una coherencia y una preci-

sión nacional puede que a muchos se les pase por alto, pero su mantenimiento es, sin embargo, esencial.

Estos servicios de "interés nacional" –inversiones inevitables e intrínsecamente infraestructurales– deben ser financiados públicamente y no deben constituir una carga intolerable sobre el presupuesto de gastos de un Organismo.

4.3. El valor de la accesibilidad

Existen muchos aspectos de la accesibilidad de la información y todos ellos afectan a su valor para el usuario. En teoría, el problema más sencillo de solucionar debería ser el de su suministro; usted lo quiere, nosotros se lo suministraremos. Pero, en la práctica, son los temas de derechos de autor, responsabilidades civiles, seguridad nacional y las políticas de recuperación de gastos, los que impiden su fácil suministro y levantan grandes y complicados debates. Golpean justo en el corazón de la estructura institucional de un país y, cuando se presentan en foros internacionales, como el de la Unión Europea, levantan controversias acerca de la relativa importancia de los intereses continentales frente a lo secundario de los nacionales.

Pese a lo potencialmente doloroso que resulte, estos problemas deben ser resueltos, ya que afectan al suministro de cualquier tipo de información pública. La Comunidad Europea ha comenzado con su *"Libro Verde Sobre la Información del Sector Público en la Sociedad de la Información"* y esperemos que esta iniciativa no se estanque a causa del enorme volumen de consultas que surgieron en su propuesta inicial. Que nadie subestime las dificultades de gestionar una región tan grande y tan diversa como Europa, pero ciertamente hay que persuadir a la Comunidad Europea de la importancia de establecer una política para la creación y suministro de cualquier tipo de información. Esto no puede hacerse únicamente estableciendo un, así llamado, "Grupo de Trabajo de Alto Nivel", a menos que estén representados en él todos los intereses: los del usuario y los del proveedor, los europeos y los nacionales. Los Organismos Cartográficos Nacionales, o sus representantes, pueden desempeñar un papel informativo importante ayudando a la Comisión en esta iniciativa.

Otro aspecto a considerar, en lo referente a la accesibilidad, es hasta qué grado los proveedores de sistemas y productos pueden dialogar con sus clientes. En la actualidad esto no suele ser fácil, aunque el tema de la normativa se tratará más adelante, bajo el epígrafe de "interoperabilidad".

El cliente no solo espera que sus adquisiciones se ajusten a sus necesidades, en todos sus aspectos, sino que además el proceso de compra sea sencillo. Lo ideal sería que se sentara frente a su ordenador, viera lo que hay disponible y, una vez que hubiese decidido lo que desea, lo adquiriera allí y en ese momento. Los supermercados han florecido debido al concepto de "compra de una sola vez". El hecho de que los que

vayan a comprar información tengan que buscar y comprar en varios sitios por separado no alienta sus transacciones, sobre todo si luego se encuentran con que no pueden combinar los datos, o se ven forzados a adquirir más datos de los que deseaban. Cada vez es más esencial el que la información acerca de lo que haya disponible, esté bien presentada y sea de fácil uso y lo más completa posible. Una vez que se ha encontrado lo que uno desea, un servicio ideal de metadatos debe de facilitar el proceso de compra; en otras palabras, se debe poner a disposición del cliente no sólo el mostrador de la tienda, sino también la caja de pago, evitándole la necesidad de hacer una doble visita.

4.4. El valor de las condiciones comerciales correctas

Ya pasó el tiempo en el que se diseñaba un producto de compromiso para el mercado general (o lo que era más común, el producto que alguien compraba primero y que todos luego debían emplear). Hoy día, la tecnología permite la entrega de productos según pedido, para atender incluso los intereses de minorías de clientes. Esta posibilidad de alguna manera contradice los puntos de vista que se mantenían tradicionalmente ¿Debe una Organismo Cartográfico Nacional intentar atender todas las necesidades específicas, asegurándose de esta forma un adecuado control de la calidad y la recuperación de algunos de los costes oficiales? ¿O debería el Organismo Cartográfico Nacional restringirse a entregar únicamente su información básica y dejar que otros empresarios saquen beneficios de ella, utilizándola para atender los mercados especializados? En otras palabras: ¿Debe ser el Organismo Cartográfico Nacional mayorista o minorista?

Las diferencias entre las posiciones europeas y americanas acerca de los precios de los productos financiados públicamente es de sobra conocida para discutirla aquí en detalle, pero el modelo seguido podría tener un efecto profundo en los futuros trabajos de cualquier Organismo Cartográfico Nacional. Desde luego, se pueden contemplar los mayores beneficios de estimular al sector privado para satisfacer provechosamente al mercado, en lo que se refiere a productos derivados del mapa básico. Sin embargo, existe una seria preocupación acerca de la subsistencia de los Organismos Cartográficos Nacionales, o de su capacidad para satisfacer los intereses nacionales, si sólo dependen de la financiación gubernamental como única fuente de ingresos.

Sea el que fuere el sistema financiero en el que se desenvuelve un Organismo Cartográfico Nacional, la forma en la que pone su información a disposición de sus clientes es un elemento clave para su futuro a largo plazo. La venta de datos digitales tal cual, puede que tenga sentido, por ejemplo, en algunas versiones "rasterizadas" de mapas de planificación de rutas a pequeña escala; su vida en almacén es relativamente corta, existen competidores en el mercado que ofrecerán productos similares en condiciones análogas y será una "muestra" útil para alentar la posterior compra de productos más valiosos. El hacer disponible, en condiciones similares, la base de datos de la que depende la totalidad del

rango de productos del Organismo, puede resultar suicida. Pero no nos encontramos en una situación estática y los condicionantes deben de responder a otras fuerzas del mercado ¡Y el mercado espera que reaccionemos rápidamente!

4.5. El valor de una información de precio adecuado

Actualmente, las fuerzas del mercado tienden a empujar hacia abajo los precios, y hay que buscar un equilibrio entre infravalorar el producto y crear una resistencia a los precios. Pero ¿cuál es el valor real de la información? Muchos proveedores de información todavía estructuran sus precios en función del coste del suministro y la gran mayoría encuentra difícil romper la práctica de "el mismo precio para todos". Defienden esto basándose en el principio de la justicia y sólo hacen excepciones para aquellos que compran de forma masiva o para los usos de "beneficio público", tales como la educación o la investigación. Esta práctica tal vez estaba justificada cuando existía una elección limitada de productos y era posible establecer comparaciones de precios que tuviesen sentido. También, por aquel tiempo, se subestimaba a menudo su verdadero valor para el usuario; el ejemplo de la contribución del Ordnance Survey a la prosperidad económica del Reino Unido sugiere que la mayoría de los usuarios hubieran podido pagar más, aunque tal vez lo hubiesen discutido.

El modelo adecuado para establecer los precios debe de partir desde la propia estrategia fundamental de la Agencia. En un mundo ideal sería generado internamente, en lugar de ser impuesto desde el exterior por una Administración Central que actúa con una política estandarizada para la totalidad del sector público. La Información Geográfica es muy distinta al resto de los bienes y servicios del gobierno, ya que, en condiciones normales, su venta puede generar unos ingresos con los que financiar las continuas tareas de actualización y desarrollo de nuevos productos. Parece recomendable la estrategia de mercados de "maximizar los beneficios" de los productos y de los servicios, ya que esto está de acuerdo con el principio de "beneficio público". A lo largo del tiempo, y con unos precios adecuados, se asegura, a largo plazo, una óptima recuperación de los gastos. Las barreras a esta filosofía suelen ser las que erigen los propios gobiernos. Su demanda anual de resultados financieros positivos tiende a hacer subir los precios con facilidad, lo que ocasiona que las inversiones especulativas a largo plazo resulten extremadamente difíciles.

4.6. El valor del producto adecuado

Un aspecto del "producto adecuado" es su calidad inherente. Al igual que otros organismos gubernamentales, los Organismos Cartográficos Nacionales pueden estar demasiado anclados a sus normas tradicionales para poder producir los productos más adecuados, ya que nunca se sabe el uso que se les va a dar. Ésta es la justificación para construir y mantener una red de referencia nacional que cumpla las necesidades del

usuario más exigente. Por ejemplo, si queremos controlar el desplazamiento de las placas tectónicas necesitamos obtener la longitud de una línea de base que una Europa con los EE.UU. con la precisión del grosor de una moneda. Pero esto no justifica el suministro obligatorio de coches Rolls Royce a aquellos que sólo quieren bicicletas. Debido a la relación directa que existe entre el coste y la calidad, el usuario particular normalmente no desea la mejor calidad, puede que lo que quiera sea el diagrama de una ruta en lugar de un detallado mapa topográfico. Hay que convencer a los responsables de producción de que el establecer la calidad adecuada de una tarea específica precisa de un sistema detallado y minucioso, que contemple todos los aspectos del control de la calidad.

Los productos particulares que necesita cada nación dependen de los mercados originados por su economía y su desarrollo: lo que es bueno para un país puede no serlo para otro. Ni tampoco un producto en particular es necesariamente adecuado para la totalidad de un país. Un sistema detallado de navegación para vehículos puede ser comercial en una gran ciudad pero no ser viable en el medio rural; el nivel de definición que se precisa en un modelo digital del terreno en un área en particular, dependerá del valor de la zona, o de los planes de desarrollo para la misma.

Pero hay productos que parecen ser necesarios para todas las naciones. Uno de ellos puede ser el diseño de un sistema para relacionar toda la información espacial. Un mapa base de la escala, contenido y calidad adecuados puede ser todo lo que se necesita en algunas aplicaciones, pero, cada vez con mayor frecuencia, es necesario situar sobre ellos "soportes" sobre los que "colgar" información específica. Ejemplo de esto es la georreferenciación de edificios o de intersecciones de carreteras, o el cierre de cada polígono del mapa (ya sean edificios, parcelas, bosques o cualquier otro tipo de superficies) y dotarlo de un identificador único, que constituyen unos requisitos esenciales en todo el mundo. Como también lo será aquello que permita a los usuarios el transformar con facilidad de un sistema de coordenadas a otro, para pasar, por ejemplo, desde coordenadas GPS a coordenadas mapa.

La necesidad de nuevos productos continuará en tanto las nuevas tecnologías, o los deseos humanos, creen la necesidad. Sin embargo, parece que hay algunos que, a pesar de la necesidad existente, nunca quedan suficientemente satisfechos. En muchos países el registro territorial se ha efectuado sobre un mapa con dos coordenadas, faltando la altitud, tan importante para detalles tales como drenajes, iluminación, problemas de construcción, etc., y que no está incluida en el mapa base sobre el que se registran los detalles de la propiedad. Sin embargo, la mayoría de los corredores de fincas argumentarían que la altitud es un elemento tan necesario para la gestión de terrenos y propiedades como lo es en los planos para nuevas construcciones. Muchos se preguntarán si la tercera dimensión deberá suministrarse en una capa de información separada, aunque conectada al resto, con la suficiente precisión para atender sus necesidades (como, por ejemplo, un modelo digital de una zona urbana). Otros incluso irán más allá, y pedirán la cuarta dimensión; un regis-

tro histórico continuo de los cambios ligados a cada parcela, del que, por ejemplo, dependería un registro nacional de terrenos contaminados.

4.7. El valor de la tecnología

La tecnología no sólo permite una producción más eficaz, sino que también abre puertas al desarrollo y suministro de productos más innovadores. En un mundo ideal, la tecnología respondería a las necesidades de los usuarios pero, en la realidad, es de hecho creadora de nuevas necesidades, como demuestra el caso de los técnicos que buscan aplicaciones para lo que han inventado. Los proveedores de información deben ir por delante de los desarrollos y tener sus productos preparados y esperando a que los clientes llamen a su puerta. El aprovechar estas oportunidades para usos internos requiere de la misma habilidad que el anticiparse a la tecnología.

Por ejemplo, es demasiado fácil ver Internet como una amenaza, en lugar de una maravillosa oportunidad, tanto como plataforma de marketing como de entrega de pedidos. Si, en respuesta a las necesidades del comercio electrónico, fracasamos en suministrar el producto adecuado en los términos adecuados y en un tiempo correcto, pronto quedaremos marginados. Las comunicaciones por satélite nos ofrecen también todo tipo de posibilidades, tanto internamente, para mantener más eficazmente actualizados los levantamientos topográficos básicos, como externamente, mejorando su acceso a los usuarios. La tecnología WAP (que emplean, por ejemplo, los teléfonos móviles) es otro medio a través del cual se generan nuevos y excitantes productos y se crean necesidades de acceso. Todos estos cambios son poderosos y, definitivamente, mundiales.

La relativa facilidad con que la tecnología permite el diseño personalizado, a la vez que reduce el precio de entrada a nuevos competidores, también abre la posibilidad de hacer copias ilegales y crea dificultades para demostrar que se han violado los derechos de la propiedad intelectual. Algunos de los Organismos Cartográficos Nacionales más comerciales han gastado grandes sumas de dinero para proteger estos derechos, tanto en los tribunales como mediante la introducción de "huellas" que permitan demostrar sus denuncias. Afirman que, de no hacerlo, se facilita el trabajo a los "piratas", ocasionando perjuicios en sus ingresos, y lleva a una cultura en la que no se reconoce el verdadero valor de este tipo de información. Esto último puede dañar al concepto de "una información pública para todos".

Para concluir con el tema de la tecnología, señalaremos que cuando se adquiere tecnología para uso interno existe la tentación de comprar lo mejor en el mercado, es decir, "que tenga de todo". El pagar por prestaciones que apenas se van a emplear parece un gasto superfluo de recursos, sobre todo si su presencia aumenta los costes y necesidades de mantenimiento. La máxima más razonable es emplear la "tecnología adecuada"

4.8. El valor de la interoperabilidad

Puede que no nos guste el término, pero es inevitable tenerlo en cuenta.

Al igual que es vital el que exista y esté actualizada una base topográfica nacional sobre la que puedan situarse el resto de los datos espaciales, es deseable el alfombrar el globo terráqueo con un mapa sin costuras. El tema de la normalización internacional genera probablemente más discusiones y reuniones en lugares lejanos que ningún otro aspecto de nuestros trabajos. Pese a que es indispensable para un buen funcionamiento, el concepto de convencer a todos de adoptar un método común es esencialmente frustrante. Sin embargo, a menos que haya compatibilidad entre proveedores y usuarios, entre sus datos y los sistemas sobre los que los emplean, los datos seguirán siendo datos, pero nunca llegarán a ser información.

Se están realizando grandes esfuerzos para que entre en vigor una normativa abierta y parece que las fuerzas del mercado lo están consiguiendo en mayor grado en el campo tecnológico, pero aun nos queda un largo camino que recorrer. Cuando un proveedor se multiplica a través de un consorcio internacional, la complejidad de conseguir un producto consistente es aun mayor. Esta es la situación que afronta el llamado proyecto del "Mapa del Mundo" y la creación en Europa de una base de datos topográficos coherente a escala 1:250.000. En este último caso, los problemas se exacerbaban, debido a la necesidad de incorporar datos existentes que tenían interés militar.

Aunque es fácil de decir y difícil de hacer, debemos encontrar una solución para la interoperabilidad internacional. Si nosotros, los que ya disponemos de datos, no podemos hacerlo, serán los que empiecen sin ellos los que lo hagan. Microsoft ya ha demostrado de lo que es capaz, empleando en el proyecto recursos modestos y una determinación pragmática para conseguirlo, y ya existen otros por ahí dispuestos a seguir su ejemplo. Dentro del escenario europeo hay dos proyectos que me vienen a la memoria: "AND Mapping" y "TeleAtlas". Los Organismos Cartográficos Nacionales pueden asegurar unos ciertos beneficios a éstos y a otros competidores potenciales, alentando la cooperación en lugar de la competencia. Esta última ocasionará una costosa duplicación de esfuerzos, o un fracaso en asegurar las especificaciones de interoperabilidad desde el comienzo. En función del crecimiento de las fuentes de datos, de las habilidades en marketing y de los contactos, la negociación de un producto conjunto debería también asegurar que éste tenga un mayor rango de atributos y de mercados.

4.9. El valor de la colaboración

A menudo es difícil contratar y mantener, dentro del sector público, a personal con las aptitudes necesarias para explotar las oportunidades tecnológicas, y las necesidades pueden ser insuficientes para tan siquiera justificar el emplearlos. Frecuentemente, la solución es la de asociarse

con una organización adecuadamente cualificada en este campo. Aunque las aptitudes necesarias podrían hallarse en algún otro servicio gubernamental, la fuente más adecuada está fuera.

Las diferencias de aptitud y actitud entre los sectores público y privado son endémicas, aunque no son necesariamente tan grandes como algunos piensan. Sin embargo, antes de que se pueda establecer una asociación beneficiosa entre unos u otros, hay que dejar de lado ciertas actitudes potencialmente corrosivas. Por ejemplo, hay funcionarios que piensan que el beneficio a corto plazo es la única motivación de los del sector comercial y hay compañías del sector privado que afirman que los organismos gubernamentales son incapaces de tomar decisiones rápidas. Desde luego ninguna de las dos es infaliblemente cierta y, en un entorno adecuado de confianza y respeto mutuos, dentro de un acuerdo establecido con los términos adecuados, una alianza de este tipo puede ser enormemente satisfactoria. La necesidad de armonía entre fronteras culturales es aun mayor cuando se trabaja internacionalmente.

Las sociedades conjuntas precisan de ciertos principios en ambas partes, debiendo tener en cuenta la gubernamental el bien público y la imparcialidad. Por ejemplo, será difícil justificar la concesión a cualquier usuario del uso exclusivo de ciertos datos públicos; el público tiene derecho a exigir a los organismos públicos imparcialidad en sus acuerdos.

Existen también diferencias obvias entre las agendas de los cartógrafos civiles y militares. Lo que necesitamos es la aceptación, por ambos lados, de que existe un beneficio mutuo en la colaboración; de que ambos pueden trabajar con fechas límites muy ajustadas, pueden respetar normas y especificaciones diferentes y pueden alcanzar compromisos en servicio del bien común.

El personal de los Organismos Cartográficos Nacionales ha desarrollado buenas aptitudes como gestores, manipuladores y presentadores de la información espacial: son los especialistas en cartografía de hoy en día. No hay que desdeñar, ni pasar por alto, estos atributos cuando se negocia una asociación conjunta, siendo particularmente importantes cuando se pretende incorporar a la base información procedente de otros organismos, mejorando su utilidad y accesibilidad. Un Organismo Cartográfico Nacional será, normalmente, mejor gestor de los datos combinados en razón del grado de flexibilidad que muestre a la hora de aceptar el nuevo material. El formato en el que se entregan los datos se habrá adaptado al uso para el que originalmente fueron creados y surgirá la cuestión acerca de qué capas de información deben de modificarse para conseguir un cómodo ajuste con las demás.

Ningún Organismo Cartográfico Nacional puede atender todas las necesidades topográficas de la sociedad. Por ejemplo, un contratista o una empresa de construcción de autopistas deberá efectuar sus propios levantamientos de replanteo antes de comenzar sus trabajos. Los Organismos Cartográficos Nacionales defienden la necesidad de evitar la duplicación de trabajos a toda costa, debiendo dejarse la cartografía en sus manos, como parte de un servicio nacional. Pero lo que verdaderamen-

te se necesita es una normativa clara para los trabajos, a la cual se ajusten todos los topógrafos, que servirá de incentivo para evitar la duplicación de trabajos. Por supuesto, los Organismos Cartográficos Nacionales deben conservar la responsabilidad de asegurar que todo lo que se incorpore a los levantamientos topográficos nacionales cumpla las normas establecidas.

Habrán ocasiones en los que las concesiones de licencias sean más apropiadas que las publicaciones conjuntas y entonces el papel del Organismo Cartográfico Nacional se reduce a poner los ingredientes básicos a disposición de otros organismos que tengan la aptitud necesaria para dotarlos de un valor añadido. La compensación para el Organismo Cartográfico Nacional no tiene necesariamente que provenir de su intervención directa en el proyecto, sino a partir de los términos y condiciones con las que cedió su información. Esto se puede materializar mediante un único pago inicial, o en pagos acordados con los resultados, o en cualquier otro tipo de pago acordado.

El resultado de estas asociaciones debe de ser el poner en el mercado un producto cuyo coste y calidad no hubiesen podido conseguir ninguno de los dos socios por separado.

4.10. El valor de unirse a los demás

Existen, por supuesto, muchos Organismos Cartográficos Nacionales a los que, por ahora, no se les permite mirar más allá de sus fronteras o a los que no se les exige alcanzar un cierto nivel de ingresos para compensar sus costes (aunque son muy pocos los que no se están enfrentando a recortes en sus presupuestos). Se preguntarán si las estrategias descritas tienen interés para ellos. Pese a los riesgos a corto plazo, creo que si fracasan en convencer a sus gobiernos de la necesidad de desplazarse con esta marea, serán condenados a "satisfacer sólo a sus jefes inmediatos", dejando sin atender al resto de sus mercados potenciales. En este escenario, esto no será sólo una sentencia a largo plazo, sino un problema en el futuro, cuando lleguen otras fuerzas del exterior que aprovechen la oportunidad. Y, lo que es peor desde el punto de vista del Organismo Cartográfico Nacional, estos nuevos empresarios encontrarán también frecuentemente la forma de satisfacer a los "jefes", y a precios de oferta. En esta situación, los gobiernos no tardarán mucho en preguntarse: "¿Necesitamos verdaderamente un Organismo Cartográfico Nacional propio?"

5. LOS PASOS A SEGUIR

Aceptando que los valores de la cartografía nacional son los ya descritos, y antes de que los Organismos Cartográficos Nacionales puedan desempeñar a tope su potencial papel en su actuación nacional, y mucho más aún a nivel internacional, hay que llevar a cabo una serie de acciones. El lector puede pensar que algunas son obvias, otras simplemente idealistas y que otras ya están siendo puestas en práctica, pero estará de

acuerdo en que todas requieren de un cambio de actitud. La mayoría afectan a más de una de las partes involucradas –otros organismos gubernamentales, gobiernos nacionales y europeo, fuerzas armadas, competidores del sector privado, fabricantes y todos los usuarios de la in-

formación geográfica, ya sean estos los gobiernos locales, los servicios, etc.– pero todas comienzan con el propio Organismo Cartográfico Nacional. Se listan a continuación, por orden de conveniencia, las acciones que una Organismo Cartográfico Nacional debe de acometer:

	Acciones a seguir y actitudes frente al cambio	Notas
1	Estudiar y comprender las necesidades reales de los usuarios (con respecto a productos y servicios actuales y futuros, su presentación, formato, acceso y condiciones de uso): de todos los usuarios y no sólo de los tradicionales (gubernamentales)	Los requisitos de los usuarios varían ampliamente, incluso dentro de un mismo sector (por ejemplo, los servicios de agua, gas y electricidad no siempre tienen las mismas necesidades cartográficas). Hacer intervenir, siempre que sea posible, a los clientes en el proceso de desarrollo de las aplicaciones.
2	Demostrar a las autoridades oficiales y a los usuarios más influyentes, la necesidad vital y los beneficios prácticos de la información geográfica. Ayudarlos a establecer políticas para el uso de la información geográfica en sus áreas de responsabilidad *.	Hacer que los ejemplos sean importantes para ellos y tener en cuenta sus agendas y no las vuestras. Resistir la tentación de hablarles del método, a menos que les sirva de ayuda. Emplear imágenes y no "rollos" técnicos. Usar a la Sociedad como justificación y no en beneficio propio.
3	Convencer a la misma audiencia de que la cartografía necesita de inversiones a largo plazo, en su mayor parte, para una revisión y puesta al día continuadas. Las demandas que se hagan de recuperación de costes a corto plazo (o de servicios y productos gratis) son inadecuadas.	Convencerles de que ciertas actividades antieconómicas son de "interés nacional" y de que es necesario financiarlas. Hay aun países que protegen, desde un punto de vista poco realista, sus zonas secretas, cuando éstas ya son del dominio público a través de los satélites.
4	Persuadir a los gobiernos nacionales que los intereses internacionales son una extensión natural de la actividad tradicional del Organismo Cartográfico Nacional y que la preocupación acerca de la seguridad nacional no se puede abordar mediante grandes secretos en la cartografía.	<i>* Aunque la necesidad de comprender estos temas es tan grande en Europa como en cualquiera de los países por separado, la forma de conseguir que los mensajes se acepten en todo el mundo requiere de la cooperación internacional.</i>
5	Alentar y dar consejo a quienes intentan cómo entender y adaptar algunas políticas institucionales nacionales (por ejemplo, los derechos de autor) a su uso internacional.	Éstos se han convertido en temas políticos que para ser resueltos necesitan del interés y del apoyo de los políticos (nacionales e internacionales). Las camarillas son necesarias.
6	Si los recursos no son suficientes para todo, usarlos en la revisión continua y en la armonización europea. Éstos son los objetivos principales de un Organismo Cartográfico Nacional	El desarrollo de productos es importante, pero la revisión y mejora de los ya existentes es vital (incluida la red geodésica)
7	Desarrollar asociaciones de colaboración con los usuarios (y alentarlos a devolver todo tipo de información sobre los productos que usen).	Frecuentemente, los clientes son los socios ideales, ya que ambas partes pueden ver los beneficios particulares para ambos en una empresa de asociación conjunta.
8	Negociar relaciones comerciales con revendedores con valor añadido, proveedores de servicios y editores especializados, en unos términos comerciales que sean atractivos para ambas partes.	Muchas de las tareas asociadas con el hacer más útil y accesible la información geográfica precisan de una habilidad que los Organismos Cartográficos Nacionales no suele poseer, y si otras empresas.
9	Aliarse con los militares a fin de establecer zonas de intereses comunes y compartir los recursos y normas para satisfacción de ambos.	La tradición ha fomentado el punto de vista de que los intereses militares han de mantenerse separados de los civiles. También había temas de secretos militares. ¿No es ya todo esto innecesario?
10	Designese al menos una persona con el tiempo para pensar en estrategias a seguir y pídanle que las relacione con aplicaciones prácticas.	Aunque sus recursos de personal sean muy escasos, libere a la persona adecuada de sus cotidianas tareas administrativas.
11	Se debe apoyar la introducción, adopción y propuestas de toda la normativa internacional relacionada con la creación y uso de la información geográfica.	La colaboración internacional es esencial para nuestro futuro. Es inviable sin unas normas internacionales reconocidas y aceptadas. Las normas <i>de facto</i> son las mejores, pero son posibles únicamente si satisfacen a todos los intereses y no sólo los del proveedor.
12	Comprobar toda la información actualmente publicada en asociación con la topografía y decidir si se necesitan en la actualidad adiciones o supresiones de información.	La tecnología permite la adición de información por capas, de las que no todas tienen que facilitarse a los demás, sino sólo a aquellos específicamente interesados. Las asociaciones de informaciones existentes son normalmente de larga duración, aunque a veces no reflejan todas las necesidades actuales como, por ejemplo, para el control del tráfico, para censos y estadísticas, etc.
13	Considerar seriamente los grandes beneficios de establecer íntimos lazos organizativos con otros organismos que trabajan en este campo de actividad de la información (por ejemplo, con la administración territorial) y promover que el gobierno se replantee, de acuerdo con ello, una nueva estructura gubernamental.	Muchos Organismos Cartográficos Nacionales ya son responsables del Registro Territorial. Disfrutan por ello de mayor prestigio que los que se dedican a la cartografía únicamente. Les ayuda a conseguir afrontar, de forma más eficaz, la necesidad de asegurar los títulos de propiedad de los terrenos y propiedades (lo cual es un objetivo políticamente reconocido).
14	Proteger los derechos de la propiedad intelectual, que es una manera de asegurar un mercado justo y satisfactorio para todos.	La sociedad ha invertido grandes sumas de dinero en la creación de los archivos de un Organismo Cartográfico Nacional. Esta inversión debe ser protegida.

	Acciones a seguir y actitudes frente al cambio	Notas
15	Aplicar las condiciones comerciales para el suministro de la información que respalda la estrategia comercial del Organismo Cartográfico Nacional.	Estar preparados para introducir nuevas formas comerciales (por ejemplo, el alquiler de datos con derecho a compra o "leasing"). Establecer las condiciones comerciales de modo que se adapten fácilmente y de la forma lo más sencilla posible. Decidir cuáles son los ingresos que se necesitan, evaluar el mercado total e intentar poner precio a los productos de acuerdo con su valor para el cliente. Conocer los precios y condiciones de la competencia.
16	Establecer los precios de los productos y de los servicios empleando el mismo criterio.	
17	Introducir un sistema para Controlar y Asegurar la Calidad, y formar al personal para que emplee estos métodos.	Identificar la especificación y los métodos de producción adecuados para cada producto e insistir en atenerse a ellos.
18	Crear un servicio nacional de metadatos. Establecer lazos entre éste y otros servicios de metadatos que aporten información que pueda relacionarse con la base de datos del Organismo Cartográfico Nacional.	Emplear las normativas más recientes, para permitir su difusión internacional. Incluir facilidades para que los clientes puedan adquirir productos directamente desde el servicio de metadatos.
19	Emplear los recursos de investigación y desarrollo necesarios para sacar al mercado el producto adecuado, en el momento apropiado y con el método más correcto en la línea de producción.	Existe la posibilidad, a través de los foros organizados por las organizaciones profesionales, de reducir los costes locales. Las sociedades conjuntas también pueden aportar ventajas en esto.
20	Prestar una seria consideración a incluir en las bases topográficas la altitud y los identificadores únicos de parcelas.	A la hora de hacer esto, emplear una normativa internacional en lugar de las normas locales; la presión para exportar estos atributos será inexorable.
21	Considerar la necesidad de relacionar en la cartografía las posiciones, los tiempos y la referenciación GPS	¿Pueden ser esenciales las fechas de los cambios? La referenciación cartográfica ya lo es para los usuarios del GPS.
22	Adquirir la tecnología adecuada que permita una producción más eficaz y ofrezca productos más útiles y más accesibles.	La tecnología ideal es la que se adecúa a una finalidad, asegurando además la existencia de caminos para la mejora, a fin de poder atender el desarrollo de nuevos métodos de producción.
23	Animar a quienes realizan levantamientos topográficos para sus propios fines, a que aporten sus resultados para su incorporación a los archivos nacionales.	Para ello es necesario que exista una tarifa de precios acordada y una normativa con la que se pueda contrastar los levantamientos topográficos.
24	Trabajar conjuntamente con escuelas y colegios, insistiendo en que los jóvenes lleguen a comprender la información geográfica, e impartir una formación adecuada a los usuarios profesionales.	Un material adecuado que despierte el interés y que haga comprensible la información geográfica sería una inversión rentable por parte del Organismo Cartográfico Nacional.
25	Estar preparados para ocupar nuevos destinos, tanto en el propio país como en el extranjero, y dispuestos a viajar rápidamente.	Los cambios a los que nos enfrentamos son los más fundamentales de los que hasta ahora nos hemos encontrado y cada vez son más rápidos .

6. RESUMEN

En el mundo actual, con los grandes desarrollos económicos e iniciativas a nivel mundial, existen papeles, potencialmente importantes, que los Organismos Cartográficos Nacionales pueden desempeñar. Sin embargo, otras organizaciones podrían asumir al menos algunos de ellos y tenemos críticos que piensan que habría ventajas definitivas en la sustitución de los Organismos Cartográficos Nacionales por el sector privado. Por otro lado, también hay quien defiende la calidad del trabajo que venimos realizando y que argumenta que las demandas del mercado serían menos satisfactorias, en lo que se refiere al beneficio común.

Es probable que la solución ideal se encuentre en el término medio; en las asociaciones entre los Organismos Cartográficos Nacionales y quienes complementan sus aptitudes existentes y latentes. Para que dichas asociaciones se desarrollen tan completamente como debieran deben realizarse cambios. Muchos de ellos se pueden conseguir evaluando primeramente las fuerzas con las que cada una puede colaborar y, posteriormente, desarrollarlas en armonía, ya sea en "casa" o en el mercado internacional.

El lugar adecuado que un Organismo Cartográfico Nacional debe ocupar no se debe basar ni en la historia, ni en la tradición (por muy extensa y honorable que ésta haya sido), sino que se debe ganar por su actual importancia. Es preciso que los Organismos Cartográficos Nacionales se convenzan a sí mismos, a sus jefes, a sus usuarios y a sus so-

cios potenciales, no de lo que pueden hacer, sino de lo que deben hacer para maximizar el beneficio nacional. Si pueden conseguir esto, los Organismos Cartográficos Nacionales pueden no sólo contemplar el desempeñar un papel vital y continuo, para satisfacer las necesidades de una "geografía integral" de hoy día, sino también las del futuro.

7. ADVERTENCIA

He escrito este artículo bajo mi responsabilidad y los puntos de vista expresados son míos únicamente.

CERCO (Comité Europeo de Responsables de la Cartografía Oficial) es la voz de la cartografía oficial de Europa. Como Secretario General de CERCO, tengo el privilegio de trabajar con los directores y directivos de 37 Organismos Cartográficos Nacionales distintos. Esta ventaja no me permite tener una visión cierta del futuro pero, cuando se refiere al futuro destino de la cartografía nacional, me permite identificar los diversos puntos de partida para este viaje, al menos en Europa.

Muchos de los miembros de CERCO –los Organismos Cartográficos Nacionales de Europa– puede que vean sus futuros individuales a través de ojos muy distintos a los míos, ya que están mucho más próximos a la acción que yo. Los representantes de otras ramas de la Industria de la Información Geográfica probablemente tendrán puntos de vista distintos. En tal caso, tal vez este artículo aliente el debate, que es de lo que se trata. ■

Metodología para la aplicación de Modelos de Erosión con un SIG

Ángel Marqués Mateu y Matilde Balaguer Puig

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CARTOGRÁFICA, GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Juan M. Gisbert, Gema Andrés Aznar y Sara Ibáñez Asensio

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Resumen

En el texto se describe la metodología y las diversas técnicas empleadas en la creación de mapas de erosión. El modelo utilizado es el de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Se hace especial incidencia en los aspectos cuantitativos de la metodología que combinados con técnicas clásicas permiten obtener resultados más precisos. También se indica la manera de obtener una cartografía de zonas de pendiente transformada mediante el uso de ortofotografías digitales. Finalmente, se comenta una aplicación del método integrando todos los elementos del cálculo en un sistema de información geográfica sobre una comarca del norte de la provincia de Alicante.

I. INTRODUCCIÓN

Los primeros métodos cuantitativos para calcular pérdidas de suelo se desarrollaron en los años 40. Estos métodos únicamente tenían en cuenta los parámetros de pendiente del terreno y de prácticas de cultivo. Posteriormente se añadieron otros factores importantes, como la longitud de pendiente, tipo de suelo o cubierta vegetal. Los experimentos y observaciones realizados en años posteriores dieron como resultado la publicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Esta primera versión de la USLE (del inglés *Universal Soil Loss Equation*) se publicó en 1954. A pesar de ser métodos cuantitativos, las limitaciones de cálculo de la época obligaban a aplicar los métodos mediante el uso de tablas o de interpolaciones gráficas.

La referencia básica de la USLE se publicó en 1978 (Wischmeier and Smith, 1978) y ampliaba versiones anteriores a zonas más extensas de los Estados Unidos. La USLE es un modelo para el cálculo de pérdida de suelo por erosión hídrica en periodos de tiempo largos, contempla la erosión laminar y por surcos, pero no tiene en cuenta otros aspectos del proceso erosivo, como la deposición de material erosionado o la cantidad de sedimentos transportados.

El modelo propuesto en la USLE es de gran utilización, porque plantea el proceso de erosión basándose en un pequeño número de factores. La expresión de la USLE es:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

donde **R** es un factor que indica la erosividad de la lluvia, **K** es el factor de erosionabilidad del suelo, **L** y **S** son dos factores que caracterizan la topografía del terreno, en concreto **L** es el factor de longitud de pendiente del terreno y **S** el valor del ángulo de pendiente, **C** es el factor de cobertura vegetal y **P** es el factor de prácticas de cultivo. Las unidades en las cuales se expresa **A** son **Tm/(Ha·Año)**.

La aceptación de este modelo se debe a varias razones, principalmente a que es relativamente sencillo de aplicar una vez conocidos todos los factores de la ecuación, y además es ideal para aplicarlo con métodos de cálculo automático mediante el uso de ordenadores. La herramienta lógica para aplicar un método como la USLE, tal y como se propone en numerosas referencias bibliográficas, es un sistema de información geográfica (SIG), ya que todos los elementos que forman la ecuación tienen una clara representación geográfica sobre el territorio. Así, una vez estructurados todos los factores como capas temáticas o con alguna otra estructura de datos, es posible obtener el resultado con una simple operación de superposición de capas.

Posteriormente a la USLE se han desarrollado otros métodos de estimación de la degradación de suelos, entre los cuales está la revisión de la propia USLE, denominada RUSLE, ANSWERS o AGNPS. También se han desarrollado otros modelos no cuantitativos, como el CORINE de la CE o la metodología para la evaluación de la desertización de la FAO. En el caso de los modelos cuantitativos el uso de los SIG como herramienta de cálculo es lógico, ya que siempre será necesario calcular parámetros como la pendiente del terreno o la longitud de la pendiente;

de hecho uno de los objetivos de la RUSLE es la adecuación del modelo a las herramientas de cálculo automático. No obstante, en el caso de modelos no cuantitativos el SIG sigue siendo una herramienta importante para la representación de las variables que intervienen en la estimación y para la superposición geográfica de dichas variables.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para aplicar la USLE se puede ver en el esquema de la figura 1. Se observa que el conjunto de datos iniciales se reduce a un modelo digital de elevaciones (MDE), fotografías aéreas, una cartografía litológica y edáfica y diversos datos meteorológicos. Hay que decir que en el contexto de este artículo sería indiferente utilizar la denominación MDE o MDT (modelo digital del terreno), sin embargo se ha preferido utilizar la primera para remarcar el sentido geométrico de altitud sobre un plano de comparación.

El factor **R** se calcula a partir de datos de precipitación, obtenidos durante largos periodos de observación. Los datos observados están disponibles en un número limitado de estaciones meteorológicas, por lo cual, una vez calculado el valor en todas las estaciones, es necesario interpolar el valor de R sobre todo el territorio para obtener una cobertura continua.

Uno de los factores determinantes del valor de **K** es el material original a partir del cual se forma el suelo, siendo común obtener el mapa del factor **K** asignando un valor numérico a cada una de las diferentes litologías que se presentan en los mapas geológicos.

El MDE proporciona información muy útil de cara al cálculo de los factores **L** y **S**. En primer lugar se calculan direcciones de flujo sobre el terreno y, posteriormente, se obtienen los valores de la pendiente. A partir de estos dos valores se calculan los valores de longitud de pendiente.

Las fotografías aéreas proporcionan la información restante. Por una parte se realiza una fotointerpretación clásica que permite cartografiar la cubierta vegetal y las zonas donde se aplican prácticas de conservación como bancales, terrazas y cultivos a nivel. Por otra parte es posible obtener ortofotografías a partir de los fotogramas aéreos originales, digitalizándolos y aplicando luego las correcciones necesarias a los datos del fotograma digitalizado. La generación de las ortofotos hace uso del MDE para eliminar el efecto de elevación del terreno sobre el nivel del mar, y de datos de apoyo terrestre para la eliminación de la inclinación de la cámara fotográfica. Los detalles de la generación de ortofotos se encuentran en un apéndice al final del texto.

La combinación de las áreas fotointerpretadas y de las ortofotos da como resultado los mapas de factor **C**, de factor **P** y de superficies transformadas. Esta cartografía de superficies transformadas se utiliza para modificar el mapa de factor topográfico **LS** que será utilizado en el cálculo final.

3. OBTENCIÓN DE LOS FACTORES USLE

En los epígrafes siguientes se dan más detalles del cálculo individual de cada factor. A lo largo del texto aparecen referencias a comandos del

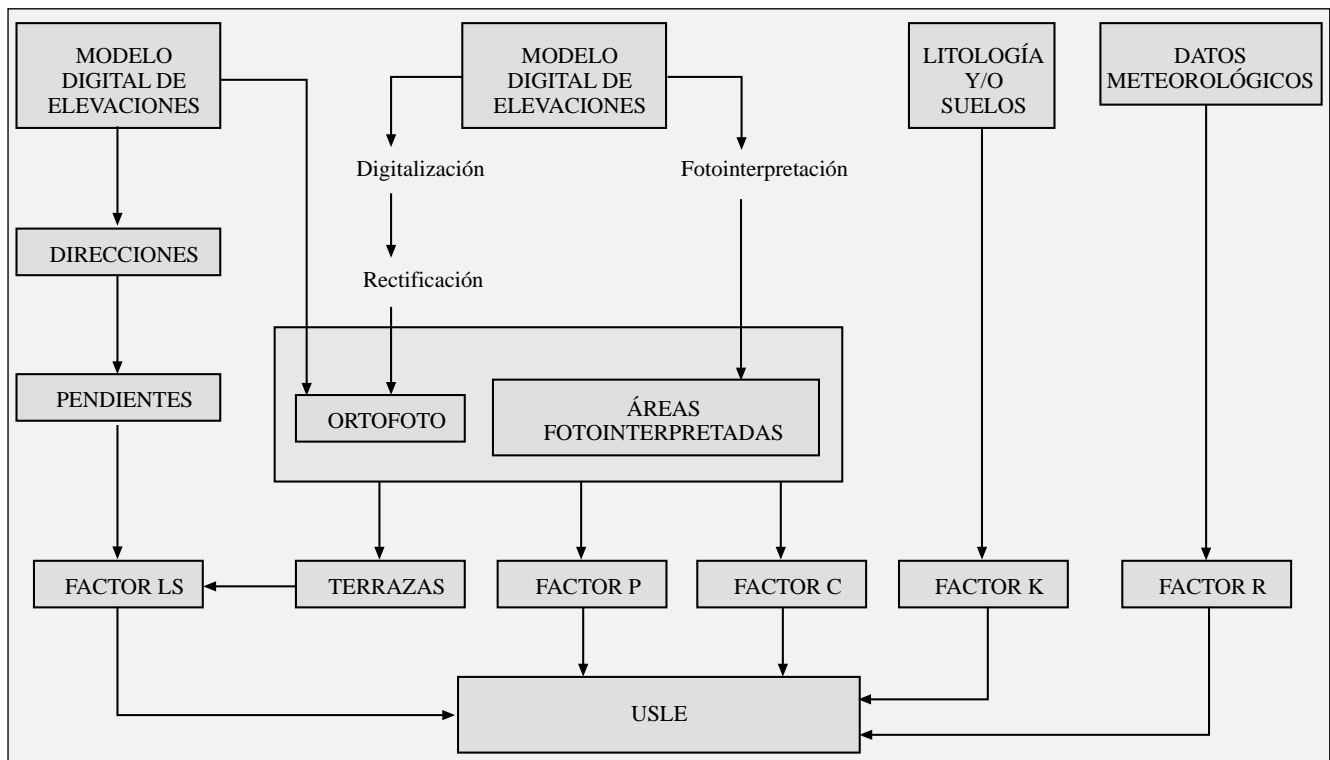


Figura 1. Esquema del método.

módulo GRID del Sistema de Información Geográfica ARC/INFO. La zona de estudio en la que se ha aplicado la metodología descrita es la provincia de Alicante, donde el aterrazamiento ha sido una práctica muy difundida, sobre todo en las comarcas del norte.

3.1. Factor K

El factor **K** es el factor de erosionabilidad del suelo y representa la susceptibilidad del suelo a ser erosionado. Se obtiene a partir de una ecuación de regresión que relaciona **K** con parámetros que determinan algunas propiedades físicas del suelo, como son: textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad. Sin embargo, en la zona de estudio, ante la imposibilidad de obtener muestras representativas en un territorio tan amplio, se optó por relacionar las diferentes litologías con valores de erosionabilidad obtenidos a partir de la bibliografía existente. Las unidades litológicas diferenciadas son las que se presentan en el mapa de Litofacies de la Serie de Cartografía Temática de la *Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports* (COPUT, 1998).

3.2. Factor C

El factor **C** es el factor de cobertura vegetal. Su importancia radica en la protección que la cobertura vegetal presta al suelo al interceptar las gotas de lluvia y amortiguar su energía de impacto, disminuyendo el efecto erosivo. El valor de **C** es una relación entre las pérdidas de suelo fértil con la cobertura vegetal actual y las que tendría si estuviese en barbecho continuo.

Existen numerosas tablas en la bibliografía que relacionan la cobertura vegetal con el factor **C**. En el estudio que nos ocupa se han diferenciado, mediante técnicas de fotointerpretación, niveles de cobertura vegetal: cobertura forestal alta, cobertura forestal media, cobertura forestal baja, cobertura forestal muy baja, cultivos de secano y cultivos de regadío. Los valores del factor **C** se han obtenido a partir de las tablas propuestas por diversos autores (Gisbert et al., 2000).

3.3. Factor P

El factor **P** es el factor de prácticas de cultivo. Incluye modalidades como el cultivo siguiendo curvas de nivel o el cultivo en fajas. El efecto del cultivo en bancales o terrazas modifica el valor de **P**, pero ya en la referencia original de la USLE (Wischmeier and Smith, 1978) se propone que para zonas abancaladas o de terrazas se modifique únicamente el valor de los factores topográficos **L** y **S**, ya que de esta manera quedan suficientemente bien representadas. Además, no siempre las zonas abancaladas están cultivadas: en ciertas comarcas de la zona de estudio existen bancales abandonados que han sido ocupados por especies forestales y se puede constatar que la pérdida de suelo es mínima a pesar del abandono.

El cultivo en fajas no es habitual en la provincia de Alicante y la plantación siguiendo curvas de nivel que se ha observado en algunas repoblaciones forestales se ha delimitado mediante fotointerpretación. En ambos casos se han asignado los valores del factor **P** propuestos por Wischmeier y Smith (1978).

3.4. Factor R

El factor **R** es el factor de erosividad de la lluvia, llamado también factor de agresividad climática. Es una medida de la fuerza erosiva de la lluvia. Se determina indirectamente mediante un pluviógrafo de registro continuo; la relación entre el tamaño de la gota y la intensidad de lluvia medida determina la energía cinética con que la gota golpea el suelo y lo erosiona.

En España, ante la escasa red de pluviógrafos existente, el ICONA (ICONA, 1981) desarrolló para la vertiente mediterránea una relación entre el factor **R** y los datos pluviométricos disponibles para una red más densa y mejor distribuida. Estos valores, obtenidos mediante una recta de regresión, son los que se han utilizado en el presente estudio.

Los valores puntuales de las estaciones meteorológicas se han extendido de manera continua sobre el territorio mediante el método de la *splines* con factor de tensión. En esencia, este método calcula el valor interpolado **S(x,y)** a partir de las estaciones más cercanas, mediante la función matemática siguiente:

$$S(x,y) = A1 + \sum_{j=1}^n -b_j \cdot \left\{ c - \ln \left[\left(\frac{r_j \cdot \varphi}{2} \right)^2 \right] + E \left[\left(\frac{r_j \cdot \varphi}{2} \right)^2 \right] \right\}$$

donde **j** = 1, 2, ..., **n**, siendo **n** el número de estaciones, **A1** y **b_j** los coeficientes obtenidos a partir de un sistema de ecuaciones lineales, **c** la constante de Euler, **E** la función exponencial, **r_j** la distancia entre el punto interpolado y la estación **j**, y **φ** el factor de tensión que determina la forma de la función de interpolación. Los valores del factor de tensión recomendados en la bibliografía para interpolar datos meteorológicos están en el rango 40 a 150.

3.5. Factores L y S

La USLE tiene en cuenta la topografía del terreno mediante la introducción del factor **L**, de longitud de la pendiente del terreno, y del factor **S**, de pendiente del terreno. Ambos factores pueden ser calculados mediante operaciones realizadas sobre un modelo digital de elevaciones. En general, las herramientas estándar disponibles en los sistemas raster comerciales no son suficientes para poder calcular estos dos factores y se debe aplicar alguna combinación de varias herramientas o comandos para obtener los valores **L** y **S** aplicables en la expresión de la USLE. Aunque se trate de dos valores independientes,

en la práctica se suele utilizar un valor llamado **LS**, obtenido mediante la siguiente expresión:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m \cdot (65,1 \cdot \text{sen}^2 \beta + 4,56 \cdot \text{sen} \beta + 0,065) \quad (2)$$

Donde λ es la longitud de la pendiente en metros, β es el ángulo de la máxima pendiente negativa y m es un parámetro que está en función del valor de la pendiente expresada en tanto por ciento.

Existen diversos métodos automáticos para el cálculo de los factores **L** y **S**. Fundamentalmente se trata de métodos basados en la geometría de la superficie del terreno o en la obtención de áreas de drenaje. A continuación se describe un método propuesto para calcular el factor **LS** con el módulo GRID de ARC/INFO (Hickey *et al.*, 1994).

La entrada de datos para la realización de todo el proceso se reduce a un modelo digital de elevaciones. El MDE utilizado debe ser coherente desde el punto de vista hidrológico, es decir, debe estar exento de pequeños errores producidos durante la generación de la malla de puntos que lo constituyen. Estos errores pueden ser debidos al método de interpolación utilizado, al redondeo de las coordenadas **Z** finales, a la resolución planimétrica o altimétrica, o a los datos iniciales utilizados en la interpolación. La obtención de un MDE con tal característica se logra usando algún método de interpolación con control geomorfológico que fuerce la conexión hidrológica, por ejemplo utilizando como parte de los datos iniciales líneas de barrancos o puntos acotados, además de la fuente de datos principal que suelen ser las curvas de nivel. Si el MDE utilizado ya ha sido generado, es necesario asegurarse de eliminar estas pequeñas imperfecciones mediante algún algoritmo adecuado.

El cálculo del ángulo de pendiente del terreno β no se puede hacer directamente con el comando de cálculo de pendientes estándar **SLOPE**, ya que este comando calcula la máxima pendiente del terreno, ya sea negativa o positiva, mientras que el valor del ángulo requerido para el factor **S** debe ser la máxima pendiente negativa, es decir, el ángulo que generaría la escorrentía sobre la superficie del terreno. La obtención del ángulo β se consigue en dos pasos. En primer lugar se calcula un mapa de direcciones de flujo con el comando **FLOWDIRECTION**; a continuación se realiza un recorrido por todas las celdas del mapa de direcciones de flujo para obtener el valor de la máxima pendiente negativa. En el cálculo se asume que la dirección del flujo o dirección de escorrentía es la misma que la dirección de la máxima pendiente negativa. La expresión utilizada es bien conocida:

$$\beta = \arctg \left(\frac{\Delta Z}{H} \right)$$

Donde Δz y **H** son respectivamente la diferencia entre las coordenadas **Z** y la distancia horizontal entre las dos celdas que determinan la dirección de la escorrentía en el vecindario inmediato de

la celda procesada. El valor de **H** es **P** si la dirección es paralela a las direcciones N-S o E-W y $1,414216 \cdot P$ si la dirección es diagonal, siendo **P** el tamaño de pixel del MDE. El resultado de esta operación es una imagen llamada **S** que contiene valores de pendiente.

El cálculo del factor **L** es más complejo que el del factor **S**. Según la especificación inicial de la USLE, el factor **L** hace referencia a la longitud de una parcela agrícola. La extensión de este concepto a superficies mayores que una parcela lleva a definir el factor **L** como la longitud, medida sobre la superficie del terreno, de la línea de flujo que pasa por cada punto del terreno, desde el inicio de la escorrentía hasta llegar a una zona de deposición, donde ya no existe erosión. El método comentado a continuación (Hickey *et al.*, 1994) se adapta de manera notable a esta definición.

El cálculo del factor **L** se realiza también en dos pasos. El primer paso es muy sencillo y consiste en recorrer todas las celdas del MDE y calcular la longitud de pendiente individual de cada celda. La fórmula aplicada en cada celda es:

$$L' = \frac{H}{\cos \beta}$$

Donde **L'** es la longitud de pendiente de la celda, **H** es la distancia horizontal entre las dos celdas vecinas que generan la escorrentía y β el ángulo de pendiente entre dichas celdas. Este primer proceso genera una nueva imagen raster, donde cada celda contiene el valor **L'** calculado.

A continuación se deben calcular las denominadas longitudes de pendiente acumuladas, de manera que los valores de **L** son menores en los puntos altos del terreno y van aumentando ladera abajo. Este proceso, que en esencia es sencillo, es el que más tiempo de computación requiere, ya que *a priori* no se puede estimar el número de operaciones a realizar. Dicho tiempo de cálculo depende de la geomorfología de las cuencas hidrográficas analizadas.

El proceso de cálculo consta de un bucle principal, que se acaba cuando se han rellenado todas las celdas de una nueva imagen denominada **L**. Las longitudes de ladera acumuladas **L** se obtienen con el algoritmo siguiente:

1. Se copian los valores de longitud de pendiente individual a las celdas que tienen un área de drenaje nula. Estas celdas corresponden a puntos altos del terreno que no tienen ninguna celda de su vecindario con valores de altitud superior a su propio valor. En este grupo de celdas el valor de **L** coincide con el de **L'**.
2. A continuación se procesa el resto de celdas (una celda por cada iteración). En el proceso se generan varias imágenes auxiliares, correspondientes a las celdas vecinas de la celda actual. La creación de estas imágenes auxiliares se hace atendiendo a criterios de conectividad hidrológica, de manera que el valor de las celdas vecinas

en estas imágenes auxiliares es el valor de la longitud de pendiente **L** acumulada aguas arriba de cada una de estas celdas vecinas. Este proceso es el más largo de todos.

3. Se toma la celda vecina que contiene el mayor de los valores de **L**. Esta asignación hace que en caso de convergencia de varias líneas de flujo en la celda actual, sólo se tenga en cuenta la más larga de ellas. No obstante, antes de asignar definitivamente el valor de **L** se comprueba que la celda no pertenece a una zona de deposición de sedimentos. La comprobación se realiza comparando la pendiente de la celda vecina elegida (esta pendiente sería la pendiente de entrada de la escorrentía) con la pendiente de la celda actual (es decir la pendiente que determina la dirección de salida de la escorrentía), de manera que si la pendiente de salida disminuye respecto de la pendiente de entrada en más de un porcentaje establecido por el usuario, se considera que el flujo acaba en la celda actual. Si se llega a la conclusión de que la celda actual es una celda de deposición, el valor **L** asignado será cero; si no es así, se asignará el valor **L** elegido anteriormente. Una vez asignado el valor se eliminan las imágenes auxiliares.
4. Si queda alguna celda a la cual no se ha asignado todavía el valor **L** se vuelve al paso 2 y continúa el bucle; en caso contrario, se acaba el proceso de cálculo.

El valor **LS** final se calcula tomando como entrada los dos mapas **L** y **S** obtenidos con los dos procedimientos anteriores. Este cálculo final es muy sencillo y simplemente consiste en aplicar la fórmula (2), celda a celda, con los valores de las dos imágenes de entrada. La imagen **LS** generada tendrá las celdas pertenecientes a áreas de deposición con un valor cero, de modo que la tasa final **A** de pérdida de suelo obtenida con la ecuación (1) también será cero, tal y como corresponde a una zona de deposición.

4. INFLUENCIA DE LAS ZONAS TRANSFORMADAS

Los terrenos abancalados o aterrizados son zonas cuya pendiente ha sido transformada por el hombre con objeto de aumentar las tierras de



Figura 2. Zona de bancales

cutivo. La zona de estudio se caracteriza por presentar relieves naturales muy abruptos, en los que tradicionalmente se han realizado terrazas con pendientes del orden del 0,3% (figura 2). Estas transformaciones generan zonas de pendiente casi nula y no son reconocibles con la información altimétrica usual, como pueden ser curvas de nivel o modelos digitales de elevaciones; así podríamos distinguir entre una pendiente denominada general, coincidente con la pendiente del terreno, y una pendiente local, que puede considerarse prácticamente nula a efectos de la erosión hídrica y por tanto con pérdidas de suelo mínimas.

Las características aportadas por la existencia de este tipo de terrazas se han introducido en el cálculo de los mapas de erosión mediante la modificación del valor **LS** correspondiente a dichas zonas. Así, los mapas de valores **LS** obtenidos mediante el procedimiento descrito en el punto 3.5 se han modificado según un valor calculado para unos valores determinados de pendiente y de longitud de ladera. Como ya se ha comentado antes, esta modificación se corresponde con las recomendaciones realizadas en la referencia original de la USLE (Wischmeier and Smith, 1978) de manera que en las zonas transformadas no se ha modificado el valor del factor **P**.

Los valores tipo que se han tomado para establecer el valor **LS** asociado a las terrazas han sido de 6 metros como longitud de ladera y de 0,3% como pendiente del terreno, de modo que el valor para el parámetro **m** es 0,2 (ecuación 2). Sustituyendo los valores anteriores se obtiene **LS = 0,050**.

5. APLICACIÓN DEL MÉTODO

Una vez obtenidas todas las imágenes raster correspondientes a los seis factores de la ecuación universal de pérdida de suelo, sólo resta por calcular los valores de tasa de erosión que formarán el mapa final. Esta última operación es la más sencilla y se encuadra dentro de las denominadas operaciones algebraicas con mapas (del inglés *map algebra*), en las cuales los mapas se toman como variables en una expresión matemática. En el caso de mapas raster la operación se realiza sobre toda la imagen, celda a celda, tomando los valores de la celda procesada en cada uno de los operandos y almacenando posteriormente en la celda correspondiente de la imagen final el resultado de la operación. El resultado final de la operación está expresado en unidades Tm/(ha-año), es decir, se obtiene una tasa de pérdida de suelo por unidad de superficie y por unidad de tiempo.

El método descrito se ha aplicado para la obtención de un mapa de pérdidas de suelo por procesos de erosión hídrica en la comarca de la Marina Alta, situada al norte de la provincia de Alicante (Gisbert *et al.*, 2000). La efectividad de las prácticas de conservación se aprecia de manera clara al realizar la estimación con los valores **LS** obtenidos según la pendiente general y con los valores modificados acordes con las zonas aterrizadas (figuras 3 y 4). Las pérdidas de suelo se clasifican en cuatro intervalos: menores de 12 Tm/(ha-Año), entre 12-25,

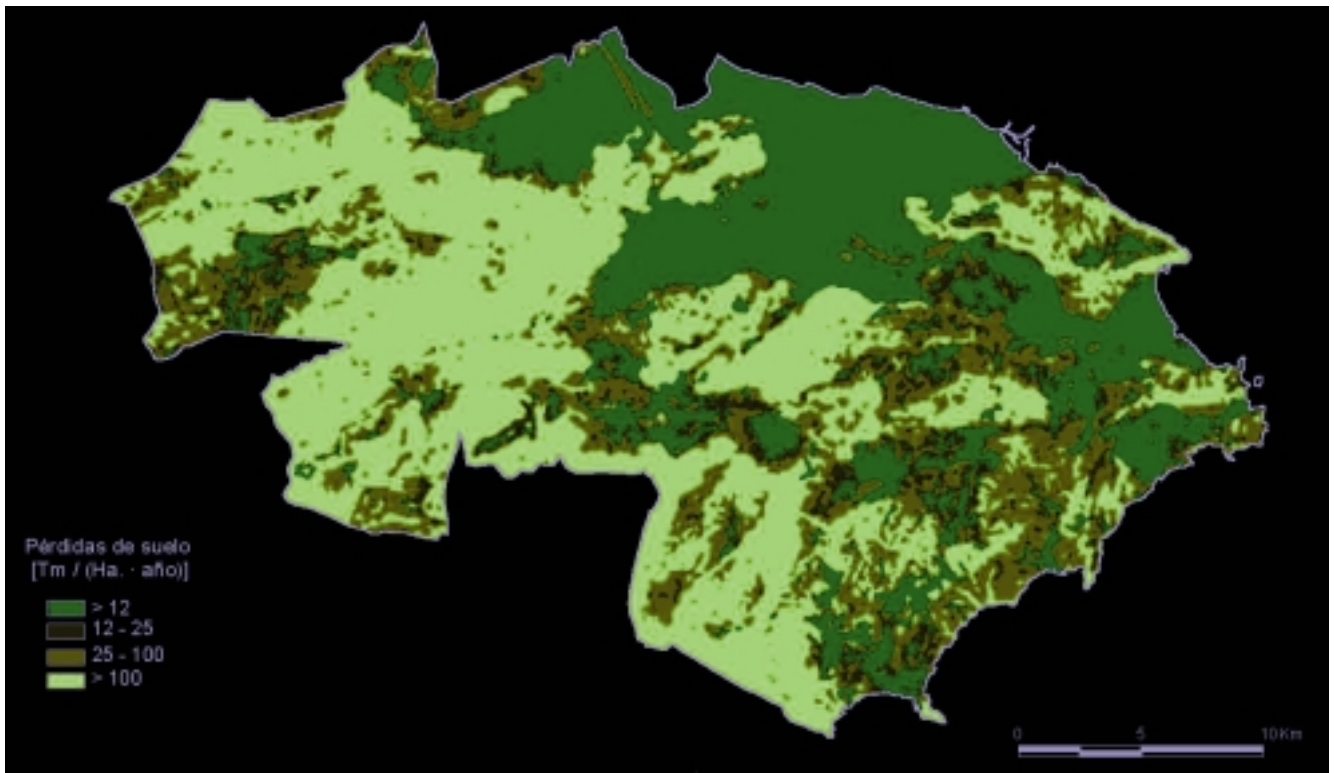


Figura 3. Pérdida de suelo calculada sin considerar bancales

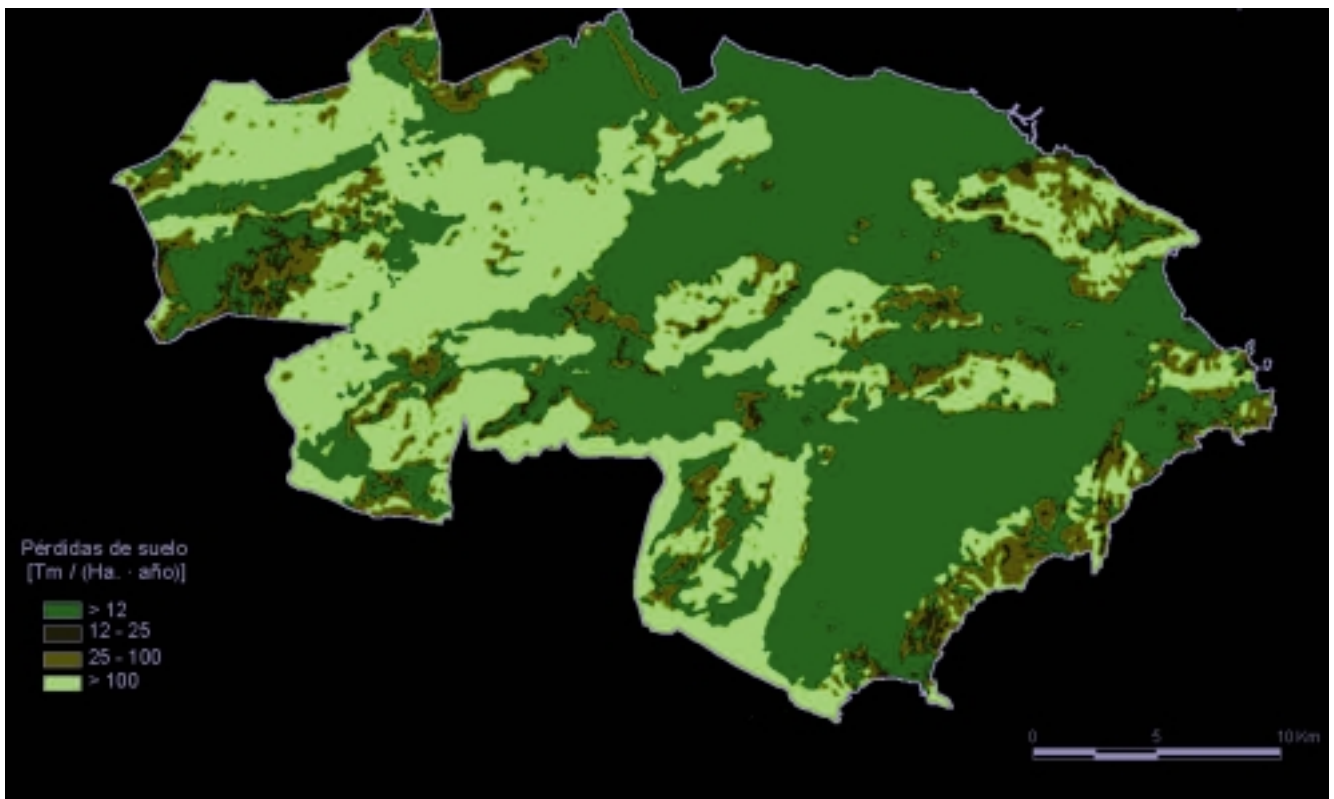


Figura 4. Pérdida de suelo calculada considerando bancales

entre 25-100 y mayores de 100. El intervalo más bajo se corresponde con tasas de pérdida de suelo iguales a la erosión natural.

En la figura 4 se observa que la superficie perteneciente al intervalo de tasa de erosión natural se incrementa sensiblemente respecto de la figura 3. En términos numéricos este incremento es del 22,6%, lo cual supone que en realidad el área sometida a tasas de erosión natural es del 50,6% si se introducen las zonas transformadas en el cálculo, mientras dicha zona ocupa sólo un 28% si dichas zonas no se tienen en cuenta. Este incremento de superficie coincide lógicamente con la superficie ocupada por las terrazas.

6. CONCLUSIONES

A través de la metodología presentada y los resultados obtenidos se muestra la utilidad de los sistemas de información geográfica en la aplicación de métodos cuantitativos de pérdida de suelo. En particular la combinación de diversas técnicas de análisis espacial y geoestadística junto a la integración de diversos productos cartográficos, como modelos digitales de elevaciones y ortofotos, permiten obtener resultados más ajustados a la realidad que los obtenidos por procedimientos clásicos.

La objetividad en los cálculos automáticos de ciertos valores, como por ejemplo la pendiente del terreno **S** y la longitud de pendiente **L**, elimina posibles sistematismos, producidos por la interpretación del usuario, al aplicar métodos manuales. Además, el cálculo automático de los factores topográficos a partir únicamente de la información contenida en un modelo digital de elevaciones, evita campañas de campo, con el consecuente ahorro de tiempo.

La introducción de métodos de interpolación avanzados en factores como el **R**, permite extender los valores de dicho factor desde un número limitado de puntos de muestreo a una cobertura continua de la manera más rigurosa posible a partir de los datos disponibles. En este sentido cabe señalar que se produciría una mejora en los resultados si se aplicaran métodos que permiten introducir diversas variables en el proceso de interpolación. Es el caso de ciertos métodos, como el denominado *co-kriging*, en el cual se introduce la altitud del terreno como variable extra. Este método puede ser de especial interés en la interpolación de los valores del factor **R**, ya que así se consideraría la conocida correlación existente entre la altura del terreno y los fenómenos relacionados con la precipitación.

También es necesario conocer las limitaciones del método. En el cálculo de los factores **L** y **S** se ha presentado un método automático basado en la especificación original de la USLE; sin embargo hay que tener en cuenta que el ámbito de aplicación de dichos cálculos debe ser, como mínimo, de una cuenca hidrográfica, de modo que los valores de **L** sean

representativos del terreno. Esto implica que el MDE utilizado debe cubrir al menos toda la cuenca, o cuencas hidrográficas, en la cual se encuentra la zona de estudio.

7. REFERENCIAS

- Almorox, J., R. de Antonio, A. Saa, M. Cruz Díaz y J.M. Gascó (1994). *"Métodos de estimación de la erosión hídrica"*. Editorial Agrícola Española, S.A.
- de Antonio, R. (1994). *"Evaluación de la erosión hídrica mediante Sistemas de Información Geográfica: aplicación a la Comunidad de Madrid"*. Tesis Doctoral, U.P.M. -E.T.S.I.A.
- COPUT (1998). *"Litología, aprofitament de roques industrials i risc d'esllavissament a la Comunitat Valenciana"*. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Col·lecció Cartografia Temàtica, núm. 5.
- Gisbert, J.M., S. Ibáñez, P.P. Soriano, L.D. Gómez, I. Escrivá y A. Serrano (2000). *"Evaluación de los procesos de desertificación en la Provincia de Alicante"*. Generalitat Valenciana. GV-97-RN-14-40.
- Gisbert Blanquer, J.M., S. Ibáñez Asensio, S. Álvarez Machirant, G. Andrés Aznar, R. Soler Carceller y A. Marqués Mateu (2000). *"Effectiveness of the traditional soil and water conservation practices"*. Proceedings of the third International Congress of the European Society for Soil Conservation.
- Guillem Picó, S. y J. Herráez Boquera (1991). *"Restitución analítica. Método de determinación simultánea de todos los elementos de orientación"*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Hickey, R., A. Smith and P. Jankowski (1994). *"Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID"*. Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 18, No. 5, pp. 365-380.
- ICONA (1981). *"Estudio del coeficiente R, factor lluvia de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y del factor de Agresividad en la precipitación de la vertiente mediterránea"*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Keating, T.J. and D.R. Boston (1979). *"Digital orthophoto production using scanning microdensitometers"*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 45, No. 6, pp. 735-740.
- Renard, K.G. (1997). *"Predicting soil erosion by water; a guide to conservation planning with revised universal soil loss equation (RUSLE)"*. USDA Agric. Handbook nº 703.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith (1978). *"Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning"*. USDA Agric. Handbook nº 537.

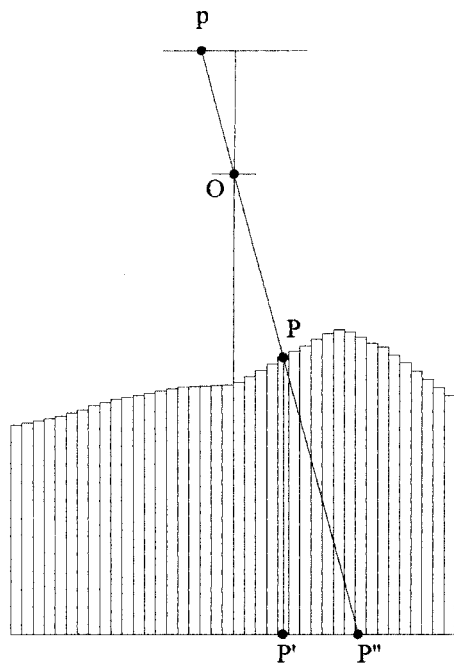


Figura A1. Geometría de una toma fotográfica

APENDICE: OBTENCIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍAS DIGITALES CON ARC/INFO

Este apéndice se centra en la obtención de ortofotos en un entorno no estrictamente fotogramétrico, sino en un entorno SIG. A pesar de ser una técnica muy útil en ingeniería forestal y medioambiental, los programas comerciales no suelen disponer de módulos o funciones para la realización de ortofotos. Así, las únicas referencias sobre módulos de creación de ortofotos en los programas SIG usuales se reducen al módulo *orthorectify* de GRASS o al módulo opcional de ERDAS. Actualmente el programa ER-MAPPER es el único SIG comercial que dispone de módulo de ortofotos como característica de serie.

La necesidad de utilizar ARC/INFO como sistema cartográfico principal, entre otras causas, obligó en su momento a crear un módulo específico para la realización de ortofotos. La creación material del módulo correspondiente se puede afrontar desde varias ópticas: el módulo se escribe totalmente en el lenguaje de programación propio del sistema, AML en el caso de ARC/INFO; se escribe totalmente en un lenguaje externo o se escriben ciertas partes del módulo en el lenguaje propio y ciertas partes en un lenguaje externo. La opción elegida aquí ha sido la tercera, de manera que el interfaz gráfico para el manejo y visualización de las imágenes raster, los cuadros de diálogo para la introducción de datos numéricos y las rutinas de cambio de formato se desarrollaron con programas AML y comandos ARC/INFO, mientras que los programas de orientación de la cámara y de rectificación se escribieron en lenguaje C. Este esquema permite aprovechar ciertos comandos de cálculo y de visualización estándar

propios del sistema, con lo cual se limita el uso del lenguaje externo a dos situaciones fundamentales: ciertas funciones que tomarían un tiempo de ejecución demasiado elevado en lenguaje AML y funciones de cálculo donde es necesario el manejo de estructuras de datos de tipo matricial no disponibles en AML.

A1. Introducción

Una ortofotografía es una fotografía aérea a la cual se le han aplicado correcciones para eliminar los efectos de inclinación de la cámara en el momento de la toma y los efectos de la altitud del terreno respecto del plano de comparación. El resultado es una imagen que ofrece toda la información gráfica e interpretativa propia de las fotografías aéreas, que además está georreferenciada según un sistema de coordenadas cartográfico.

El resultado de la rectificación de la fotografía aérea es una imagen en la que cualquier punto **P** del terreno, representado por su punto homólogo **p** en la fotografía, se proyecta sobre el plano de representación horizontal según una proyección ortogonal en **P'** y no en la posición **P''** propia de la proyección cónica fotográfica (figura A1).

La corrección anterior se logra realizando ciertas transformaciones geométricas entre diversos sistemas de coordenadas que son bien conocidos en fotogrametría (aunque en la bibliografía puede variar su denominación). Los sistemas de coordenadas utilizados son los siguientes:

- *Sistema de coordenadas restituidor*. El restituidor es el dispositivo que permite medir coordenadas sobre la imagen fotográfica. Es un sistema cartesiano bidimensional con un origen y una orientación en general indeterminados. En una imagen digital el sistema de coordenadas restituidor está determinado por la distribución en filas y columnas propia de la imagen.
- *Sistema de coordenadas fiducial*. El sistema de coordenadas fiducial está determinado por las marcas fiduciales impresas en la fotografía. Se trata de un sistema cartesiano de dos dimensiones, cuyo origen coincide teóricamente con la intersección entre el eje óptico de la cámara y el plano de la fotografía. Las coordenadas restituidor se pueden transformar al sistema fiducial mediante la aplicación de una transformación afín.
- *Sistema de coordenadas imagen*. Es un sistema cartesiano tridimensional cuyos ejes **X** e **Y** coinciden con los ejes **X** e **Y** del sistema fiducial y cuyo eje **Z** coincide con el eje óptico de la cámara.
- *Sistema de coordenadas terreno*. Es el sistema de coordenadas determinado por la proyección cartográfica en la cual se representará el resultado de la rectificación o de la restitución. Este sistema es tridimensional y utiliza como plano de comparación de las coordenadas **z** la superficie del nivel medio del mar.

El proceso de realización de la ortofoto se puede dividir en dos fases: la primera fase consiste en obtener los elementos de orientación externa de la cámara y la segunda fase es la rectificación, es decir, la realización material de la ortofoto.

A2. Orientación

Los elementos de orientación permiten conocer la posición de la cámara en el momento de la exposición, de modo que es posible relacionar puntos del terreno con sus puntos homólogos representados en la fotografía. Los elementos de orientación son seis: las coordenadas (x,y,z) del centro óptico de la cámara, denominado normalmente punto O o centro de proyección, y los ángulos de rotación (ω,φ,χ) , que indican rotaciones entre los ejes X, Y y Z de los sistemas de coordenadas imagen y terreno.

Una vez conocidos los elementos de orientación externa de la cámara ya es posible relacionar coordenadas terreno y coordenadas imagen según las expresiones siguientes (Guillem y Herráez, 1992):

$$\begin{aligned} x &= f \cdot \frac{m_{11} \cdot (X - X_0) + m_{12} \cdot (Y - Y_0) + m_{13} \cdot (Z - Z_0)}{m_{31} \cdot (X - X_0) + m_{32} \cdot (Y - Y_0) + m_{33} \cdot (Z - Z_0)} \\ y &= f \cdot \frac{m_{21} \cdot (X - X_0) + m_{22} \cdot (Y - Y_0) + m_{23} \cdot (Z - Z_0)}{m_{31} \cdot (X - X_0) + m_{32} \cdot (Y - Y_0) + m_{33} \cdot (Z - Z_0)} \end{aligned} \quad (A1)$$

donde (x,y) son las coordenadas imagen, (X,Y,Z) son las coordenadas terreno, (X_0,Y_0,Z_0) son las coordenadas del centro óptico de la cámara en el sistema de coordenadas terreno, f la distancia focal de la cámara y m_{ij} son los elementos de la matriz de rotación formada a partir de los tres ángulos ω, φ y χ .

Sin embargo, inicialmente los parámetros de orientación son desconocidos. Su cálculo se realiza a partir de un conjunto de puntos, denominados puntos de apoyo o puntos de control. Un punto de apoyo es un punto con coordenadas imagen y coordenadas terreno conocidas, y que se puede localizar tanto en el terreno como en la fotografía con la precisión requerida. A partir de las expresiones (A1) es posible generar dos ecuaciones por cada punto de control, obteniéndose un sistema de ecuaciones cuyas incógnitas son precisamente los seis elementos de orientación. El sistema se establece con un número de puntos de apoyo tal que el número de ecuaciones sea mayor que el número de incógnitas, lo cual permite resolverlo por el método de mínimos cuadrados. En la resolución del sistema es preciso partir de unos valores iniciales aproximados de las incógnitas. La hipótesis inicial es que la toma fotográfica es perfectamente vertical y la línea de vuelo paralela al eje X del sistema de coordenadas terreno, y por tanto los valores de los ángulos ω, φ y χ son cero y las coordenadas del centro de proyección se pueden obtener por relaciones trigonométricas sencillas.

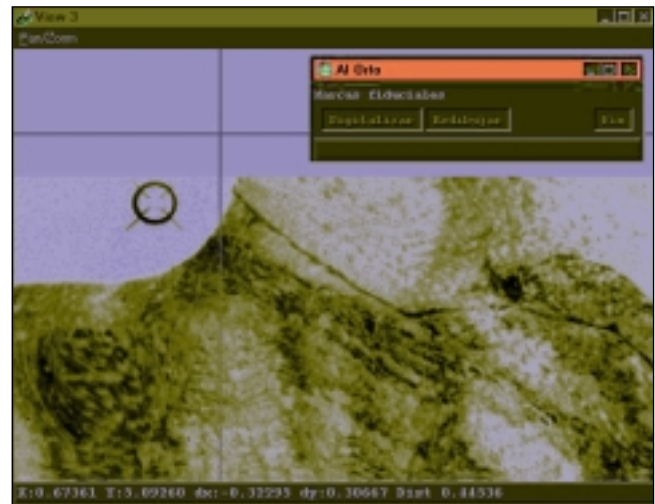


Figura A2. Señalización de las marcas fiduciales sobre la fotografía digital

A3. Rectificación

La última fase del proceso es la realización propiamente dicha de la ortofoto. El resultado final de la rectificación es una imagen raster cuyas celdas se deben rellenar con determinados niveles de gris procedentes de la fotografía digital. La geometría de la imagen de salida, es decir, el número de filas y columnas, es establecida por el usuario, indicando las coordenadas máximas y mínimas (extensión) y el tamaño de pixel de la imagen.

A continuación se deben rellenar las celdas de la imagen con niveles de gris. Esta operación se realiza recorriendo todas las celdas de la imagen de manera sistemática. Es usual hacer un barrido de la superficie cubierta por la ortofoto comenzando por la fila situada al Norte y descendiendo progresivamente hacia el Sur. El acceso a cada celda individual se realiza de Oeste a Este por cada fila. En cualquier caso, la posición sobre el plano XY del centro de cada celda procesada es conocida en coordenadas terreno. La coordenada Z se determina a continuación a partir de la posición planimétrica del centro de la celda con la ayuda de un modelo digital de elevaciones (MDE). Si la definición de la malla del MDE y de la ortofoto no es coincidente, será necesario aplicar algún procedimiento de interpolación para la obtención de la coordenada Z requerida.

Una vez conocida la posición tridimensional (X,Y,Z) de la celda (en realidad de su centro) es posible obtener las coordenadas imagen correspondientes aplicando las expresiones (1), puesto que todos los elementos de dichas expresiones son conocidos. A partir de las coordenadas imagen es inmediato obtener coordenadas fiduciales y, a su vez, a partir de las coordenadas fiduciales es posible obtener coordenadas

restituidor y, por tanto, el número de fila y de columna de la fotografía digital.

Las posiciones calculadas están representadas en la figura A1. Así la posición planimétrica de cada celda corresponde al punto denominado P' mientras que la posición tridimensional obtenida a partir del MDE correspondería al punto P . Las coordenadas imagen se representan por el punto p .

La última operación a realizar es la determinación del nivel de gris de cada una de las celdas que forman la ortofoto. La asignación del nivel de gris se puede realizar mediante alguno de los métodos clásicos del tratamiento digital de imágenes. El método más utilizado es el de convolución cúbica, que toma un entorno de 3 x 3 celdas alrededor de cada celda y obtiene el valor final del nivel de gris en función de los nueve valores de dicho entorno.

A4. Implementación

En último lugar cabe decir que todos los procesos descritos en este apéndice se han implementado en una serie de programas y rutinas. La entrada de datos se ha llevado a cabo mediante menús y cuadros de diálogo en el entorno gráfico propio de ARC/INFO gracias a las funciones AML disponibles (figura A2). Las funciones de entrada de datos incluyen:

- Fotografía digital y MDE utilizados en la rectificación
- Coordenadas restituidor y coordenadas calibradas de las marcas fiduciales

- Coordenadas restituidor y coordenadas terreno de los puntos de apoyo
- Datos de la cámara
- Geometría del espacio de salida de la ortofoto.

A medida que el usuario introduce datos y realiza cálculos, el sistema los almacena en ficheros de disco, dispuestos en una estructura de directorios previamente establecida. La comunicación de los programas AML con los programas externos, escritos en lenguaje C, se consigue mediante llamadas al sistema desde el propio código AML. Los programas externos se reducen a dos módulos ejecutables, denominados *orient.exe* y *orto.exe*, que realizan respectivamente la orientación de la cámara y la rectificación de la imagen. La información requerida por estos programas en la ejecución, es comunicada en la llamada del sistema mediante parámetros en la línea de comando, que indican la situación de los ficheros de datos correspondientes. Como valores orientativos, en cuanto a tiempos de computación, podemos decir que el cálculo de la orientación de la cámara se hace en un tiempo inferior a un segundo, mientras que una ortofoto de 3,5 x 3,5 km con un tamaño de pixel de 5 m (escala 1:25.000) se obtiene aproximadamente en tres minutos y medio con un equipo Pentium III.

Una vez acabado todo el proceso, la fotografía inicial, rectificada por los efectos de la altura del terreno y por la inclinación de la cámara, está disponible. A partir de un conjunto de ortofotos ya es posible realizar diversas operaciones, como por ejemplo mosaicos, superposición de datos vectoriales sobre la imagen fotográfica o digitalización de elementos geográficos sobre las fotografías en el sistema de coordenadas UTM. ■



Novedades Técnicas

NUEVAS ESTACIONES TOTALES LEICA TPS700 CON PUNTERÍA AUTOMÁTICA

Leica Geosystems ha lanzado al Mercado dos nuevos modelos de Estaciones Totales de la Serie TPS700, con sistema automático de puntería (ATR).

Las nuevas Estaciones Totales TC700auto y TCR700auto sin reflector, son las primeras de su tipo con sistema automático de puntería (ATR), ya que hasta ahora sólo se ofrecía en instrumentos de gama alta, como los Leica TPS1100 Professional Series.

La tecnología ATR elimina la puntería manual, siendo ésta más rápida y precisa en cualquier situación, lo que incrementa la productividad, reduciendo el tiempo necesario para realizar cada medida a sólo unos segundos. El usuario puede programar la unidad para realizar repeticiones de una misma observación a un punto, pudiendo realizar la puntería en cualquier tiempo, incluso de noche. El modelo TCR700 auto también realiza mediciones de distancias sin necesidad de prisma.

Hugh Baertlein, vicepresidente de Leica Geosystems, ha dicho: *"La incorporación de la tecnología ATR, junto con otras características importantes tales como la automatización de procedimientos topográficos, la medición de distancias sin prisma, el teclado alfanumérico y el software de cálculo topográfico incorporado, hacen de la TPS Performance Series una gama de ins-*



trumentos de topografía potentes y de fácil uso, proporcionando a los usuarios una herramienta altamente competitiva".

Se puede obtener más información en la página web

NUEVAS ESTACIONES TOTALES SOKKIA EZS20 Y EZS21



Como respuesta a los sectores de la construcción, la edificación y el interiorismo, que reclamaban *"... una herramienta con la que se pudieran medir no sólo ángulos, sino también distancias ... y sirviera para replantear puntos y alineaciones tanto horizontales como verticales"*, Sokkia ha cogido una estación total y la ha equipado con un distanciómetro que no necesita reflector y que incluye una función de puntero láser, sacando al mercado la Serie EZ.

Las EZ son unas estaciones totales muy versátiles, económicas y de fácil uso que permiten la realización de una amplia gama de mediciones con un solo aparato. Miden distancias sin prisma de hasta 30 m, con una precisión de ± 3 mm, y de hasta 250 m con un prisma, con una precisión de ± 5 mm. Funcionan con cuatro pilas alcalinas AA (R6) o recargables, siendo el peso total del equipo de 5 kg.

Como oferta de lanzamiento, estos equipos Sokia tienen unos precios especiales durante un período de tiempo no especificado. Para mayor información sobre esta oferta, dirigirse al distribuidor oficial de Sokia en España: ISIDORO SÁNCHEZ, S.A. tel. 902170388.

BENTLEY LANZA MicroStation V8

Bentley Systems anunció el pasado día 23 de octubre, en una presentación transmitida vía satélite a 19 ciudades de todo el mundo, la disponibilidad comercial de MicroStation V8.

MicroStation V8 es el primer paso de lo que Bentley llama Generación V8, una nueva etapa en las aplicaciones de creación, gestión y publicación de información de ingeniería en diferentes formatos, equipos de trabajo y áreas geográficas.

Keith Bentley, CTO de Bentley Systems Inc., afirmó: *"Bentley sigue una estrategia que hará evolucionar el diseño asistido por ordenador desde el simple hecho de dibujar y producir documentación hacia lo que llamamos creación de modelos de ingeniería. MicroStation V8 incluye mejoras en tres aspectos fundamentales: intercambio de datos e interoperatividad, mejora del flujo de trabajo y posicionamiento de MicroStation como plataforma de desarrollo de aplicaciones"*

MicroStation V8 proporciona un entorno unificado de diseño para cualquier proyecto, sin que exista la necesidad de diferenciar equipos de trabajo o formar a sus componentes en función de los diferentes formatos de fichero que deban manejar. MicroStation V8 es capaz de editar y referenciar ficheros DWG de AutoCAD sin necesidad de traducciones, soportando los dos más populares formatos de CAD. La información incluida en los ficheros DWG y DGN puede ser intercambiada incluso en la misma sesión de trabajo mediante referencias, haciendo innecesaria la

traducción incluso en proyectos donde se utiliza tanto AutoCAD como MicroStation.

La nueva herramienta de MicroStation V8 para gestión del histórico del dibujo guarda todos los cambios que ha ido sufriendo el fichero DGN, independientemente de la disciplina de ingeniería o aplicación de la que se trate. El histórico del dibujo añade la dimensión tiempo a los datos del diseño, guardando qué ha ido cambiando en el fichero, la fecha y hora, quién hizo el cambio y comentarios acerca de las razones por las que se llevó a cabo. Provisos de esta herramienta, los jefes de proyecto pueden seguir la evolución del proyecto e incluso predecir el éxito del mismo de una manera más fiable.

Dan Steeley, director de automatización del diseño de LIB, dijo: *"Nuestros ingenieros y arquitectos que han seguido las sucesivas fases Beta encontraron en MicroStationV8 la herramienta CAD más potente y compatible que existe en el mercado hoy en día. A nuestro modo de ver, los aspectos más destacables son la posibilidad de editar datos en formato DWG y la inclusión del histórico del fichero DGN. Esperamos beneficiarnos en breve de todas las ventajas referentes al formato DWG dado que tenemos clientes que trabajan en diferentes plataformas CAD. El histórico del diseño nos permite añadir la dimensión tiempo a un dibujo, lo cual nos permite seguir la evolución de las diferentes revisiones que sufre el fichero e incluso volver a una etapa anterior del diseño"*

NUEVA ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE 3300 DR

Trimble ha lanzado su nueva Estación Total 3300 con tecnología DR (Reflexión Directa). La 3300 DR es un instrumento ideal para la toma, robotizada y sin prisma, de datos y el cálculo en campo.

La tecnología DR proporciona una mayor versatilidad en la realización de mediciones que las Estaciones Totales tradicionales, permitiendo a los topógrafos medir directamente sobre cualquier superficie con gran precisión y sin la necesidad de prismas. El DR permite medir distancias de más de 100 m sin prisma, lo que hasta ahora era imposible sin utilizar accesorios ni técnicas de medida especiales.

Bryn Fosburgh, vicepresidente de la División de Topografía de Trimble, ha dicho: *"Trimble ha logrado un gran avance en la industria, proporcionando a los usuarios una familia de productos que no necesitan reflectores. DR abre un nuevo campo de oportunidades en la medición a los usuarios y les permite ser más efectivos en su trabajo diario"*.

DR incrementa la productividad en el trabajo topográfico, permitiendo obtener más información en menos tiempo con un solo operador y un solo aparato. La 3300 permite hacer mediciones precisas en entornos peligrosos, tales como minas, canteras y paredes rocosas, y está diseñada para trabajar bajo cables de alta tensión, arcones de autopistas y líneas de ferrocarril, así como con tráfico de vehículos.

Dotada de una memoria interna avanzada, la 3300 DR es un sistema informático en sí misma, que funciona con una batería integrada en el cuerpo del instrumento. Todos los modelos vienen de fábrica con el módulo de software Terramodel Field Data, que almacena los datos, calcula las coordenadas en tres dimensiones, las representa gráficamente y les asigna códigos, así como permite exportarlos a paquetes de diseño CAD.



La 3300 DR es ideal para tomar datos de detalle y capturar información que es imposible medir con los sistemas GPS RTK. Es lo suficientemente pequeña y ligera como para poderse montar sobre un bipode, facilitando su estacionamiento rápido y transporte, lo que resulta muy útil para levantamientos con requisitos de precisión bajos. La 3300 aumenta la distancia máxima que se puede medir con un prisma a 3.000 m.

Se puede obtener más información visitando la página web www.trimble.com

NUEVA VERSIÓN MAPublisher 4.0

Avenza System Inc., de Ontario, Canadá, ha anunciado el lanzamiento de la versión 4.0 de su programa Cartográfico MAPublisher para Freehand (Macromedia). Esta nueva versión es compatible con Freehand 10, para sistemas operativos Windows o Mac.

El programa Mapublisher es un conjunto de módulos cartográficos y de SIG de altas prestaciones, que permiten la importación y uso de los más importantes formatos de ficheros SIG en un entorno gráfico y de ilustraciones, con todas las bases de datos y atributos intactos y listos para su uso. El programa incluye las herramientas de importación, generación de proyecciones, leyendas, rotulación, gestión de la base de datos y muchas otras, formando una solución cartográfica completa que corre bajo Freehand, extendiendo su compatibilidad hasta la última versión, la 10, de este programa.

Mapublisher incluye demostraciones totalmente funcionales que se pueden descargar de www.avenza.com.

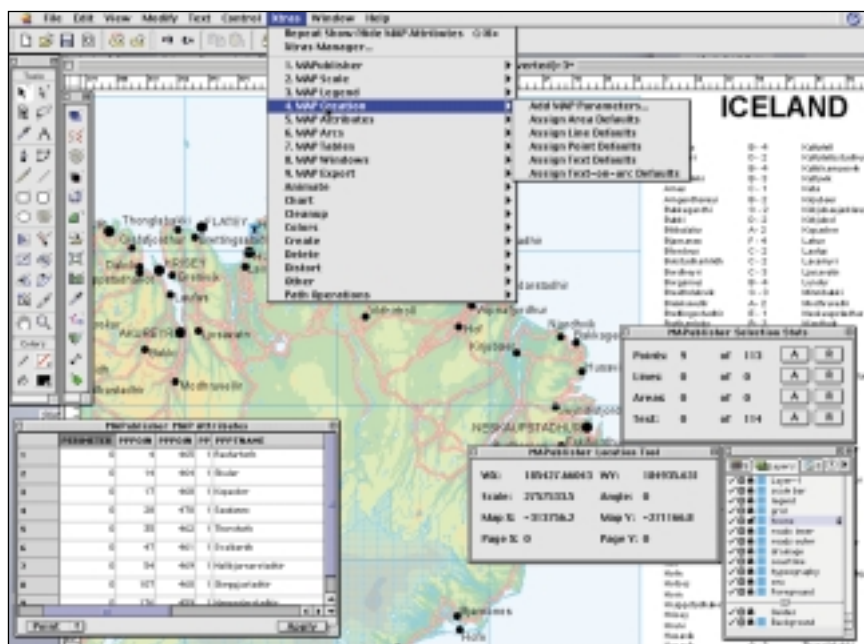
Mapublisher versión 4.0 para Freehand Macro-media incluye todo el potencial y funcionalidades de las versiones anteriores, así como las siguientes características adicionales:

- Creación automática de un índice cartográfico.
- Importación del formato ARC-Info (eoo).
- Importación del formato DXF (R14) con colores, rellenos y separación de zonas.
- Importación del formato Mapinfo (mid-mif) con colores rellenos y separación de zonas.
- Importación de ficheros múltiples simultáneamente (en modo batch).
- Exportación de los ficheros ARC-Info (eoo) para anotación de textos.
- Importación de los datos SIG a capas existentes Freehand.
- Importación de ficheros puntuales en ASCII.
- Registro de ficheros GeoTIFF.
- Nuevo módulo Mapublisher para generar cuadrículas.
- Nuevo Editor de Proyecciones (teniendo presente la proyección previa).
- Utilidades M.SID para poder trabajar con los ficheros raster M.SID en Mapublisher y Freehand.

La versión 4.0 de Mapublisher se ofrece al precio de 895 € y la actualización desde versiones anteriores 250 € (IVA 16 % no incluido). Ambos productos se pueden adquirir directamente de Avenza o a través de su distribuidor en España.

Para obtener más información, visitar la página web de Avenza, www.avenza.com.

Para obtener información e incluso una unidad demo de validez temporal, sin costo, dirigirse a: GRAFINTA S.A. Avda. Filipinas, 46. 28003 Madrid. Tel: 34 91 5537207 Fax: 34 91 5336282 E-mail: grafinta@grafinta.com o visitar la página web www.grafinta.com.



AUTODESK MAP 5: EFICACIA EN EL DISEÑO CARTOGRÁFICO

Autodesk anuncia el lanzamiento de Autodesk Map 5, la nueva versión del software de diseño cartográfico. Basado en la plataforma AutoCAD 2002, el programa permite a los profesionales de los SIG reducir posibles errores y deficiencias en la creación, mantenimiento y análisis de mapas. La integración de Autodesk Map 5 con Oracle® Spatial, una de las principales novedades de esta versión, permitirá a sus usuarios almacenar, acceder y analizar datos geospaciales de forma rápida y eficaz en los formatos más avanzados del mercado. Junto a otras soluciones SIG

de la compañía, los profesionales podrán además disponer de la información a pie de obra a través de dispositivos móviles.

La nueva versión permite también almacenar y acceder a imágenes de satélite o fotografías aéreas de alta resolución con gran rapidez. Para ello emplea los formatos raster más avanzados (ECW y MrSID). Una de las funciones más utilizadas en la versión anterior, la creación de mapas temáticos, se simplifica ahora gracias a una nueva interfaz de usuario, lo que facilita la creación de mapas específicos sobre cobertura telefónica, densidad de población o distribución de la competencia, por citar algunos ejemplos. Asimismo, la posibilidad de diseñar y analizar bienes físicos incrementa la utilidad de este programa para diferentes sectores, entre ellos comunicaciones, distribución y suministro de gas, electricidad y agua.

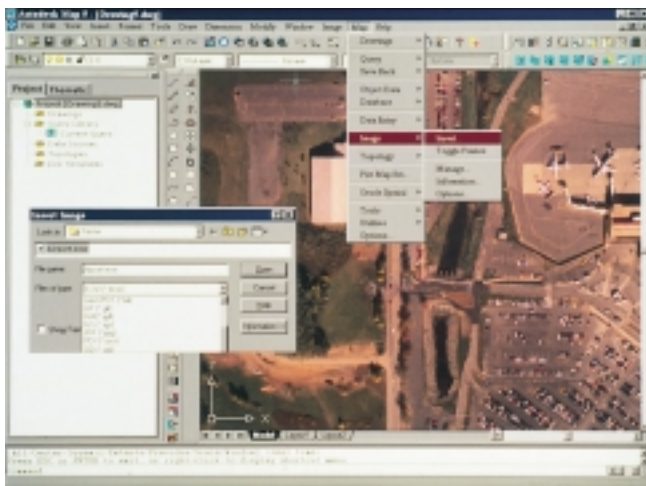
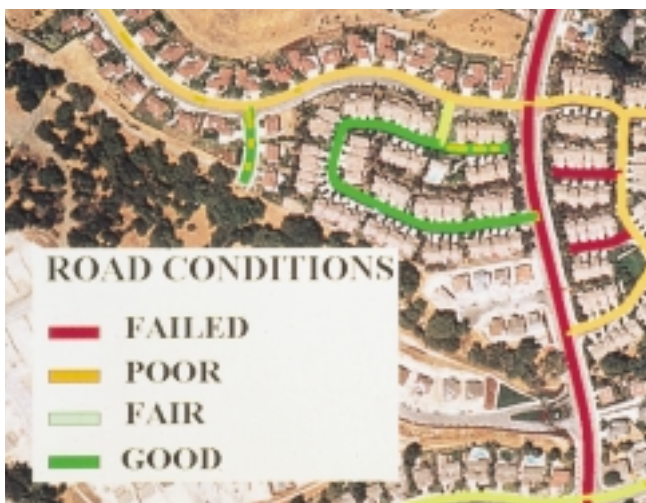
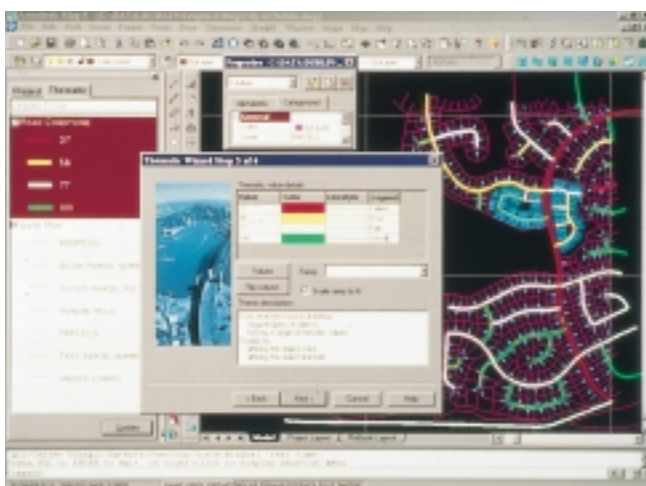
Autodesk Map 5 se puede utilizar como herramienta independiente de creación de mapas y también como parte de un sistema de flujo de trabajo, que permite a los usuarios guardar los datos en formato digital durante todo el proceso de diseño. También es posible usar el programa como parte de una solución más amplia, en cuyo caso Autodesk Map 5 se integra con el servidor Autodesk GIS Design Server para ayudar a los usuarios a extender la información desde las oficinas centrales a los puestos o empleados desplazados en el lugar de trabajo. Podrán así tener acceso sobre el terreno a los mapas creados con Autodesk Map 5 mediante dispositivos móviles tales como ordenadores de mano o agendas electrónicas, a través de Internet o intranets corporativas, todo ello con la ayuda de los programas Autodesk MapGuide, diseñado para la publicación de mapas en la web, y Autodesk On Site, diseñado para la consulta y análisis de mapas sobre dispositivos móviles.

Autodesk Map 5 también se integra con la suite de soluciones de Autodesk para la ingeniería civil y la planificación del territorio, que incluye Autodesk Land Desktop y los módulos Autodesk Civil Design y Autodesk Survey.

"Las necesidades de los usuarios de SIG han cambiado sustancialmente en los últimos tiempos", sostiene Kim Davis, directora de marketing y productos SIG de Autodesk, "ya no sólo demandan una tecnología que les permita crear mapas con la mayor eficacia y calidad, también buscan un sistema mediante el cual pueden compartir su trabajo con otros miembros de la organización. Autodesk Map 5, utilizado conjuntamente con las soluciones SIG de Autodesk, permite a los profesionales solventar no sólo los problemas tecnológicos relativos a su trabajo, sino también facilita el flujo de comunicación entre todos ellos, incluyendo los equipos desplazados al terreno".

Principales características de Autodesk Map 5

1. **Novedades en la integración y el tratamiento de los datos en el proceso de diseño**
 - **Conexión directa a una base de datos Oracle Spatial.** Esta integración proporciona a los usuarios la flexibilidad necesaria para



trasladar los diseños y datos geográficos desde los puestos individuales a los grandes proyectos corporativos. El vínculo directo entre Autodesk Map y Oracle Spatial no sólo sirve para migrar datos entre los archivos DWG de Autodesk y las tablas de bases de datos de Oracle Spatial, sino también para consultar e importar información de bases de datos y realizar modificaciones con las herramientas de edición de AutoCAD.

De esta forma, los datos de cartografía, SIG, FM y otros, pueden almacenarse y consultarse en una fuente de datos centralizada: Oracle Spatial. Las organizaciones que ya utilicen Oracle pueden ampliar su base de datos para incluir los datos geoespaciales, antes en DWG, tratados con Autodesk Map y que sólo estaban disponibles para los profesionales de la cartografía y los ingenieros que trabajaran con Autodesk Map.

- **Motor de importación/exportación FME.** Autodesk Map incluye el motor estándar de importación/exportación más sólido del mercado.
- **Herramientas de colaboración.** Destinadas al intercambio de información entre los miembros de un proyecto, así como con clientes y proveedores.
- **Conexión directa a Autodesk Point A.** En este portal, desarrollado por Autodesk, los usuarios pueden acceder a gran variedad de recursos, como, por ejemplo, información relativa a otros productos de la compañía, información actualizada sobre el mercado,

noticias y un foro para el intercambio de ideas y la colaboración con otros profesionales.

2. Novedades en el diseño cartográfico

- **Soporte mejorado para imágenes raster.** La nueva versión ofrece soporte para formato de archivos de información georreferenciada, tanto de los principales proveedores, como Earth Resource Mapping (formato ECW) o LizardTechInc (formato MrSID), como para el más extenso tipo de imágenes de satélite o fotografías aéreas.
- **Mejora en la creación de mapas temáticos.** Una nueva interfaz de usuario simplifica el proceso de creación de mapas temáticos, una de las funciones más utilizadas en Autodesk Map.
- **Basado en AutoCAD 2002.** Autodesk Map 5 incorpora además todas las características y la potencia del nuevo AutoCAD 2002, plataforma del producto, que se traduce en una indudable ventaja para aquellos ya familiarizados con el mismo.

Autodesk Map 5 está ya disponible en el mercado español en castellano. El precio de la versión comercial es de 4.925 € y el de la actualización desde AutoCAD Map 2000i es de 425 €. Los precios indicados no incluyen IVA.

Para obtener más información, visitar las páginas web www.autodesk.com y www.autodesk.es.

SISTEMA STRATUS: NUEVO GPS DE SOKKIA

Sokkia acaba de lanzar al mercado su nuevo sistema GPS Stratus, compuesto por un receptor GPS, antena, batería y el software de post-proceso Spectrum Survey.

El controlador del Stratus utiliza un software basado en Windows CE, lo que le permite ser utilizado con Pocket PC, lo que permite el almacenamiento y cálculo de los datos en campo. Al estar dotado con un interfaz de infrarrojos, elimina la necesidad de utilizar cables para comunicar el controlador con el receptor.

El software Spectrum Survey es de fácil manejo y permite la realización de todo tipo de operaciones, tales como cálculo, ajuste de redes, análisis de resultados y detección de errores, entre otras, de forma fácil, precisa y rápida.

Su memoria interna de 4 Mb almacena 55 horas de recepción de datos a un intervalo de 10 segundos o 11 horas a un intervalo de 2 segundos, con un tiempo de estacionamiento de 45 segundos. Alcanza unas precisiones en modo estático de 5 mm + 1 ppp en planimetría y 10 mm + 2 ppm en altimetría. El equipo es de dimensiones reducidas y su peso total no alcanza los 2 kg.

Su precio es muy competitivo, habiendo una oferta especial de lanzamiento de duración limitada. Para obtener más información dirigirse al distribuidor de Sokkia en España: Isidoro Sánchez, S.A. Tel. 902170388.



Bibliografía

Toponimia Madrileña. Su proceso evolutivo

Luis Miguel Aparisi Laporta

Gerencia Municipal de Urbanismo

Ayuntamiento de Madrid

Madrid, 2001.

2 Tomos (1229 y 370 págs.) + 1 CD-ROM

60,10 € (IVA incluido)

Es esta obra una edición actualizada de la que en 1997 obtuvo el Premio Villa de Madrid "Antonio Maura" de investigación madrileña y que ya entonces se erigió en la mejor y más completa labor de investigación que sobre la toponimia madrileña se había realizado. Su autor, D. Luis Miguel Aparisi Laporta, aunque valenciano de nacimiento es uno de los grandes investigadores de la historia madrileña, siendo miembro numerario del Instituto de Estudios Madrileños y vicecoordinador de Amigos de la Cartografía de Madrid. Además, es asiduo conferenciante y ha intervenido como comentarista en numerosos programas de radio y televisión, siendo autor de numerosos libros de investigación madrileña.

Esta obra, fruto de la investigación realizada en el Archivo Municipal de Madrid, leyendo y estudiando todos y cada uno de los expedientes que en él se depositan, así como las Actas de las sesiones municipales y las aportaciones precedentes de Carmen Pescador, José del Corral o Miguel Molina Campuzano, nos ofrece un completo nomenclátor, con 22.655 topónimos ordenados alfabéticamente, que abarcan desde los Anales de Madrid de León Pinelo, referidos al año 932, hasta los nuevos nombres aprobados en el Pleno del Ayuntamiento de Madrid del 27 de abril de 2000.

La estructura de la obra se divide en dos tomos. El primero está dedicado al callejero, en el que se estudia detalladamente cada uno de los topónimos que Madrid tiene y ha tenido, con la siguiente presentación: Nombre del topónimo seguido del correspondiente apelativo, indicando su desaparición cuando así hubiera ocurrido; breve explicación del topónimo; si fuese histórico (anterior a 1835) se citan la planimetría y documentos oficiales donde consta; otros nombres que el lugar tuvo fuera de datación; acuerdos municipales que le afectaron, indicando fecha y acción ejercida (asignar, modificar, suprimir, etc.); ubicación del lugar (distrito y barrio administrativo).

El segundo tomo corresponde a los Apéndices, que en número de ocho se ocupan, respectivamente, de: Catálogo de Apelativos; Estudio Bibliográfico, en el que se da la ficha bibliográfica y crítica literaria de 164 obras que, en su totalidad o en parte sustancial, tratan sobre toponimia; Normativa, con la transcripción y algunas consideraciones de normas estatales o locales de aplicación toponímica; Divisiones Administrativas, con la transcripción de las sucesivas que ha tenido Madrid, antepo-



niéndose un índice con sus correspondientes fechas; Curiosidades Toponímico-Planimétricas, Estadísticas, Acuerdos de Conjunto y Anexión de Pueblos a Madrid; Segundas Voces, donde se recopilan 5.962 "segundas voces" correspondientes a 7.791 topónimos que estando correctamente reflejados en el callejero tienen una localización compleja; Agrupaciones Morfológicas, en las que se agrupan los 22.655 topónimos por profesiones, localidades y naciones, personajes ficticios, fenómenos naturales, etc.; Fuentes Documentales, en donde se hace mención de todos aquellos archivos que más aportan a la documentación toponímica madrileña (civiles, eclesiásticos, bibliotecas, publicaciones, enciclopedias, cartografía y callejeros oficiales).

Como se puede apreciar, es éste un exhaustivo trabajo, que si no fuera porque la prudencia no lo aconseja, calificaríamos de definitivo en su materia. La edición, realizada por la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid, está muy cuidada y es de gran belleza, estando los dos tomos, encuadernados en rústica, estuchados y acompañados de una copia de la obra en CD-ROM.

Curso Recomendado de MicroStation J

Jorge Franco y Juan Cruz Franco

Ediciones Anaya Multimedia

Madrid, 2001

687 págs. + 1 CD-ROM

35 € (IVA incluido)

Atendiendo a la demanda existente de una publicación de este tipo, Bentley Systems Ibérica y la editorial Anaya han trabajado mano a mano para publicar este manual sobre MicroStation/J. Se trata de un libro de perfil claramente didáctico, escrito para ayudar a los nuevos usuarios de MicroStation a manejar el programa y a los que ya lo conocen a sacar mayor partido de todas sus posibilidades.

El Curso Recomendado de MicroStation/J comienza con una visión general de MicroStation, instrucciones para la instalación del programa, creación de proyectos y administración de archivos, personalización, configuración y creación de ficheros semilla para, seguidamente, entrar de lleno en el trabajo en 2D y 3D. Se analizan también otros aspectos fundamentales, como el ploteo con MicroStation/J, acotación, importación y exportación de archivos, generación de archivos HTML, visualización de imágenes o generación de películas. Al final del libro se hace una introducción a la nueva versión de MicroStation, la V8, que está siendo presentada en las más importantes ciudades de España durante los últimos meses del año 2001. El libro incluye también un CD-ROM con ejemplos y utilidades, muy completo.

Este libro está disponible en las principales librerías y en grandes almacenes.

**Transformaciones de Coordenadas**

Juan A. Pérez Álvarez y José A. Ballell Caballero

Ediciones Técnicas y Científicas Bellisco

Madrid, 2001

254 págs. 18 € (IVA incluido)

Este libro es un estudio detallado de todos los sistemas de transformación de coordenadas, tanto en dos como en tres dimensiones, explicados de forma didáctica y con numerosos ejemplos.

El libro se divide en dos capítulos y un apéndice. El primer capítulo, dedicado a las transformaciones en dos dimensiones, está compuesto por tres apartados: transformación conforme, transformación afín y transformación proyectiva, finalizando con una serie de ejemplos resueltos y otra de problemas propuestos en los que se da la solución. El segundo capítulo está dedicado a las transformaciones en tres dimensiones y se divide en cuatro apartados: transformación de semejanza, alternativas a la matriz de rotación, transformación afín y transformación polinómica, finalizando, como el anterior, con dos series de ejemplos, unos resueltos y otros planteados y con solución.

El Apéndice está compuesto por dos apartados: Obtención de matrices ortogonales considerando una rotación anterior y matrices ortogonales como funciones racionales de tres elementos, finalizando con una completa Bibliografía sobre el tema.

Este libro es fruto de la experiencia docente de los autores en el Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría del Departamento de Expresión Gráfica del Centro Universitario de Mérida (Universidad de Extremadura).



Vida Profesional

ASAMBLEA GENERAL DEL CLGE EN MÁLAGA



Inscripción de los asistentes a la Asamblea General del CLGE.

Durante los días 19 y 20 del pasado mes de octubre tuvo lugar en Málaga la II Asamblea General de 2001 del Consejo de la Unión de Topógrafos Europeos (CLGE), organizada, por primera vez en la historia de este organismo que agrupa a los Topógrafos europeos, por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

Las reuniones de esta Asamblea General se celebraron en el Museo Municipal de Málaga, donde se iniciaron el día 19 con un acto de apertura, procediéndose a continuación a desarrollar los temas ya previstos en la agenda. Tras los informes del Presidente y Tesorero del CLGE, se reunieron los diferentes Grupos de Trabajo que, tras la comida, presentaron sus conclusiones a la Asamblea.

A las 19:00 horas todos los asistentes a la Asamblea del CLGE, junto con sus acompañantes, fueron recibidos oficialmente en el Salón de los Espejos del Ayuntamiento de Málaga por su Alcalde, D. Francisco de la Torre, que les dirigió unas palabras de bienvenida. A continuación tomó la palabra el Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, D. Miguel Ángel Muñoz Gracia, quien tras hacer entrega al Alcalde de Málaga de un obsequio, le agradeció, a él y a su Ayuntamiento, el buen trato recibido y la colaboración prestada para la organización de esta reunión de topógrafos europeos. Por último, Mr. Paddy Prendergast, Presidente del CLGE, pronunció unas breves palabras de agradecimiento tanto al Ayuntamiento de Málaga como al Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía por haber organizado estos actos. A continuación, los asistentes fueron agasajados con un coctel, trasladándose después al Parador de Málaga-Gibralfaro, donde se celebró la Cena Oficial de la Asamblea General del CLGE.

El día 20 tuvo lugar un acto nuevo en las Asambleas de CLGE, y que desde ésta de Málaga pasará a ser habitual, que fue la convocatoria a los topógrafos del país anfitrión para que expresen a los delegados del CLGE cuáles son los problemas que tiene la profesión en su país. En este caso, y por motivos de proximidad geográfica, se convocó a los I.T. en Topografía colegiados de la Delegación Territorial de Andalucía del COITT, como representantes de los de toda España, quienes expresaron los problemas con los que se encuentra nuestra profesión en nuestro país y las posibles alternativas para solucionarlos. A continuación la Asamblea estudió los comentarios y aportaciones realizadas por los topógrafos españoles, llegando a la conclusión de que los problemas que afectan a los topógrafos de los distintos países de la Unión Europea son similares, cuando no idénticos, lo que facilita una acción conjunta ante los organismos europeos.

Acto seguido se procedió a despedir al hasta ahora Presidente del CLGE, Mr. Paddy Prendergast (Irlanda), dado que finalizaba su mandato, dando la bienvenida al nuevo Presidente, Mr. Klaus Rürup (Alemania), declarándose a continuación clausurada esta II Asamblea General del CLGE.

A media mañana, tanto los delegados del CLGE como los I.T. en Topografía asistentes realizaron una visita a la librería Índice-La Casa del Mapa de Málaga, del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), donde se les obsequió con unos mapas del IGN, que en ella se comercializan, sirviéndose a continuación un coctel.

Por la noche se celebró, en el Restaurante Romara, la cena de clausura, a la que asistieron todos los participantes en los actos junto con sus



Sesión de trabajo de la Asamblea General del CLGE.



Recepción Oficial en el Ayuntamiento de Málaga. De izquierda a derecha: D. José Carlos Rivas Lafuente, Delegado en Andalucía del COITT; D. Miguel Ángel Muñoz Gracia, Decano del COITT; D. Pedro Cavero Abad, Vicedecano del COITT; D. Francisco de la Torre, Alcalde de Málaga; Mr. Paddy Prendergast, Presidente del CLGE, y Mr. Klaus Rürup, Vicepresidente del CLGE.

acompañantes. Tras la cena los asistentes disfrutaron de la actuación de un grupo de verdiales, que interpretaron varias de estas canciones típicas del folclore malagueño, finalizada la cual pudieron bailar hasta altas horas de la noche.

Durante estas dos jornadas también se desarrolló un apretado programa para los acompañantes, con visitas a los Jardines de la Concepción, el Castillo de Gibralfaro y la Catedral de Málaga, todas ellas con un guía del Ayuntamiento de Málaga, así como una excursión a las Cuevas de Nerja, invitados por el Patronato de Turismo de la Diputación Provincial de Málaga.

La organización de este acto fue todo un éxito, siendo muy alabada por los delegados del resto de países. A la calidad de la organización se unieron la de los locales cedidos por el Ayuntamiento de Málaga para la realización de la Asamblea, así como el magnífico trato dispensado a los asistentes por esta corporación municipal.

Agradecemos al Excelentísimo Ayuntamiento de Málaga, a la Excelentísima Diputación Provincial de Málaga, al Centro Nacional de Información Geográfica y a la empresa TCP Informática y Topografía la colaboración prestada en la organización y felicitamos a los colegiados de la Delegación en Málaga del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, y especialmente a su Junta de Gobierno, que preside D. José Carlos Rivas, ya que de ellos fueron los trabajos y desvelos que posibilitaron tan buenos resultados. Gracias compañeros.



Entrega de un obsequio por parte del Decano del COITT al Excmo. Sr. Alcalde de Málaga.



Fachada de la librería Índice-La Casa del Mapa de Málaga.

JORNADA GPS EN LA DELEGACIÓN EN SEVILLA DEL COITT

El pasado día 26 de octubre, se celebró, en los locales de la Delegación en Sevilla del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, una Jornada Técnica sobre GPS, organizada por esta Delegación e impartida, de forma gratuita, por personal de la Delegación de TOPCON en Sevilla, la cual puso a disposición de los asistentes el material necesario para el correcto desarrollo de esta jornada.

Es de destacar el elevado número de participantes, del orden del 50% de los colegiados de la provincia, así como el alto grado de satisfacción de los mismos por la realización de este cursillo, por lo que felicitamos a los organizadores, animándoles a continuar con esta importante labor de facilitar la formación continua de los I.T. en Topografía.

Además de su colaboración en esta Jornada GPS, TOPCON ha firmado un acuerdo por el cual los colegiados del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía se beneficiarán de importantes descuentos tanto en el alquiler como en la compra de aparatos de esta marca.



Asistentes a la Jornada GPS celebrada en Sevilla

CELEBRACIÓN DE CURSOS INTENSIVOS SOBRE TECNOLOGÍA GPS EN LA DELEGACIÓN EN MADRID DEL COITT

Durante los meses de septiembre y octubre, y organizado por la Delegación Territorial en Madrid del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía en colaboración con la empresa Leica Geosystems, S.L., se ha celebrado un curso intensivo sobre tecnologías GPS con una duración de cuatro fines de semana, con el fin de facilitar la asistencia de aquellos colegiados que, debido a sus actividades profesionales cotidianas, no tienen la posibilidad de asistir a los diferentes cursos de formación que en días hábiles organiza frecuentemente dicha Delegación Territorial.

Ante el elevado número de solicitudes de asistencia presentadas, que superaba ampliamente la capacidad del curso, se organizó un segundo, el cual se celebró durante los meses de octubre y noviembre en cuatro fines de semana consecutivos, satisfaciendo con ello la demanda de todos los colegiados interesados en asistir a dicho curso.



Alumnos profesores y organizadores del II Curso GPS (oct.-nov. 2001)



Alumnos profesores y organizadores del I Curso GPS (sep.-oct. 2001)

Estos cursos, eminentemente prácticos, pretendían dar a conocer a los asistentes las innovaciones tecnológicas desarrolladas durante los últimos años en la recepción GPS, así como en las metodologías de trabajo y sus aplicaciones al ámbito profesional de la Geodesia, Topografía y construcción, fundamentalmente.

Debido al éxito logrado en ambos cursos, según se desprende de la información recibida de los asistentes, felicitamos a los organizadores por el buen desarrollo de los mismos, que ha sido posible gracias a la inestimable labor de los profesores, la buena organización y el equipamiento y los medios aportados.

JUNTA DE GOBIERNO DE LA DELEGACIÓN TERRITORIAL EN ANDALUCIA DEL COITT



Miembros de la Junta de Gobierno de la Delegación Territorial en Andalucía del COITT junto con sus acompañantes

El pasado día 15 de septiembre, se celebró la Junta de Gobierno de la Delegación Territorial de Andalucía en las instalaciones amablemente cedidas por el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cádiz, al que desde aquí queremos manifestar públicamente nuestro agradecimiento.

Durante la reunión de la Junta, los acompañantes de los asistentes a la misma realizaron una visita a la ciudad, acompañados por un guía, puesto a su disposición por el Ayuntamiento de Cádiz, y por una concejala del mismo, a la que se incorporaron los miembros de la Junta de Gobierno una vez finalizada la reunión de la misma. Se visitaron el Ayuntamiento y otros monumentos, así como los barrios más populares de la ciudad, finalizando con una comida de hermandad en un restaurante de la Plaza de la Catedral.

Desde estas páginas la Delegación Territorial en Andalucía del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos

en Topografía quiere expresar su agradecimiento tanto al Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cádiz como al Excmo. Ayuntamiento de esta ciudad, por las atenciones recibidas.

NOMBRAMIENTO DE MIEMBRO NUMERARIO DEL INSTITUTO DE ESTUDIOS MADRILEÑOS

El pasado 28 de noviembre, en el Patio de Cristales del Ayuntamiento de Madrid, tuvo lugar el acto de inauguración del curso académico 2001-2002 del Instituto de Estudios Madrileños, que coincide con el cincuenta aniversario de su fundación, bajo la presidencia del Excmo. Sr. Alcalde de Madrid, D. José María Álvarez del Manzano.

La lección inaugural corrió a cargo del Catedrático y Secretario Perpetuo de la Real Academia de la Historia y vocal de la Junta Directiva del Instituto de Estudios Madrileños, D. Eloy Benito Ruano, que disertó sobre "Madrid: 800 años de un fuero".

A continuación se procedió a la entrega del diploma y medalla acreditativa como nuevo Miembro Numerario del Instituto de Estudios Madrileños al Ingeniero Técnico en Topografía D. Alfonso Mora Palazón, coordinador de los Amigos de la Cartografía de Madrid, quien los recibió de manos del Sr. Alcalde.

Transmitimos nuestra felicitaciones a nuestro compañero por tan merecido nombramiento, fruto de su constante labor en la difusión de la cartografía histórica madrileña.



D. José M^a Álvarez del Manzano, Alcalde de Madrid, impone la medalla de Miembro Numerario del IEM a nuestro compañero D. Alfonso Mora Palazón

Índices

Volumen XVIII-2001

Número 102 (enero-febrero 2001)

- Editorial: Una encuesta imprescindible. Pág. 3.
- Cartografía y Observatorio Geomagnéticos en Isla Livingston, Antártida (1990-2000). *Benito Javier Casas Santiuste*. Pág. 4.
- Sistemas de Ingeniería: Consideraciones en la implantación de Infraestructura Viaria de Alta Velocidad. *Alonso Sánchez Ríos, Guillermo Piriz Mira y Jerónimo García del Prado Fontela*. Pág. 18.
- Los Planetas en la Primavera de 2001. *Fernando Martín Asín*. Pág. 26
- Generación automática de curvas de nivel (isolinias) suavizadas. *Rubén Martínez Marín*. Pág. 34.
- Calibración de teodolitos mediante interferometría angular. *María Ana Sáenz Nuño y Javier Bisbal Martín*. Pág. 40.
- Declaración conjunta ONU-FIG de Bathurst sobre Gestión del Territorio para un Desarrollo Sostenible: Un reto para los Topógrafos (I). *Ian Williamson y Dont Grant*. Pág. 46.
- Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional. Pág. 54.
- Novedades Técnicas. Pág. 62.
- Bibliografía. Pág. 68.
- Vida Profesional. Pág. 72.

Número 103 (marzo-abril 2001)

- Red Nacional de Estaciones de Referencia GPS (ERGPS). *José A. Sánchez Sobrino, Miguel A. Cano Villaverde, Juan F. Prieto Morín, Rafael Quirós Donate y Marcelino Valdés Pérez de Vargas*. Pág. 3.
- Reseña sobre el estado actual de las señales pertenecientes a la Red de Nivelación de Alta Precisión. *Juan José Ruiz Lendínez y Elidía Beatriz Blázquez Parra*. Pág. 8.
- Análisis de las ortoimágenes SPOT-P e IRS-P como fuente de información para la identificación de las vías de baja densidad de tráfico. Caso particular de la Sierra de Ancares (Lugo, España). *M^a Luz Gil Docampo, Ignacio Cañas Guerrero y Julián Armesto González*. Pág. 12.

- Cartografía Catastral: Presente y futuro. *Fernando Serrano Martínez*. Pág. 19.
- La calidad de la vía en las redes ferroviarias. Aspectos geométricos y topográficos. *Alonso Sánchez Ríos*. Pág. 23.
- Datum y Red Geodésica europeos modernos. *Jaroslav Simek y Jan Kostecky*. Pág. 30.
- Aplicación de las Técnicas de Estimación Robusta en algunos problemas fotogramétricos: (I) Detección de Errores en el Proceso de Orientación Relativa Analítica. *Ana M^a Domingo Preciado*. Pág. 41.
- Declaración conjunta ONU-FIG de Bathurst sobre Gestión del Territorio para un Desarrollo Sostenible: Un reto para los Topógrafos (y II). *Ian Williamson y Dont Grant*. Pág. 48.
- Los sistemas GPS+GLONASS. *Fernando Sahuquillo*. Pág. 56.
- Novedades Técnicas. Pág. 62.
- Bibliografía. Pág. 66.
- Vida Profesional. Pág. 70.

Número 104 (mayo-junio 2001)

- Editorial: El Consejo Superior Geográfico reinicia su andadura. Pág. 3.
- Aseguramiento de la Calidad en Topografía: Control Metrológico de Instrumental Topográfico. *Teresa Fernández Pareja y Javier Bisbal Martín*. Pág. 4.
- Reubicación de unas fincas rústicas delimitadas sobre fotografía aéreas tomadas en 1929. *José Julio Zancajo Jimeno y Teresa Mostaza Pérez*. Pág. 12.
- Vespucio y Waldseemüller: El topónimo América. *Mario Ruiz Morales*. Pág. 17.
- Una visión general de la Academia Virtual: Métodos y Técnicas. *Henrik Haggrén y Esben Munk Sorensen*. Pág. 27.
- Cartografía y Patrimonio: Cartas Arqueológicas. *José Antonio Suárez García y Pelayo González-Pumariega Solís*. Pág. 35.
- Estudio de la Figuras de Error en Redes Topográficas. *J. L. Berné Valero y A. B. Anquela Julián*. Pág. 41.

- El Cero. *José Miguel Bel Martínez*. Pág. 46.
- Aplicación de las Técnicas de Estimación Robusta en algunos problemas fotogramétricos: (II) Detección de Errores en el Proceso de Orientación Absoluta Numérica. *Ana M^a Domingo Preciado*. Pág. 48.
- Novedades Técnicas. Pág. 58.
- Reunión anual de la FIG , Seúl 2001. *Pedro caverro Abad*. Pág. 62.
- Bibliografía. Pág. 66.
- Vida Profesional. Pág. 68.

Número 105 (julio-agosto 2001)

- Editorial: Aprobada la modificación de los Estatutos Generales del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Pág. 3.
- El Proyecto REGENTE. *José Regidor Gutiérrez, Juan F. Prieto Morín, J. Manuel Sanz Megía, Rafael Quirós Donate y Antonio Barbadillo Fernández*. Pág. 4.
- Método de validación del análisis SIG para la obtención de mapas de susceptibilidad a deslizamientos. *M. Rosario González Moradas y Y. Lima de Montes*. Pág. 12.
- Instrumentos Topográficos históricos de la Región de Bohemia. *Pavel Hánek y Antonin Svejda*. Pág. 19.
- Aplicación de las Técnicas de Estimación Robusta en algunos problemas fotogramétricos: (y III) Detección de Errores en el Proceso de Formación de la Banda mediante el Método de Modelos Independientes. *Ana M^a Domingo Preciado*. Pág. 30.
- Replanteo en tiempo real con GPS. *Francisco Armenteros Extremera y Carlos Enríquez Turiño*. Pág. 38.
- Desarrollo matemático de un interpolante cúbico y su aplicación a los Modelos Digitales del Terreno. *Rubén Martínez Marín, Francisco González Gámez, Carlos Gordo Murillo y Juan Carlos Ojeda Manrique*. Pág. 42.
- La toma de datos en el campo. *Modesto García Quintáns*. Pág. 50.
- Legislación. *Real Decreto 743/2001 de 29 de junio, BOE de 18 de julio, por el que se modifican los Estatutos Generales del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, aprobados por Orden de Presidencia de Gobierno de 16 de junio de 1972*. Pág. 52.
- Novedades Técnicas. Pág. 60.
- Bibliografía. Pág. 68.
- Vida Profesional. Pág. 70.

Número 106 (septiembre-octubre 2001)

- Estudio de la Seguridad y Salud en la Topografía. *Juan Jiménez García, José Vega Pérez, Antonio Godoy Guerrero,*

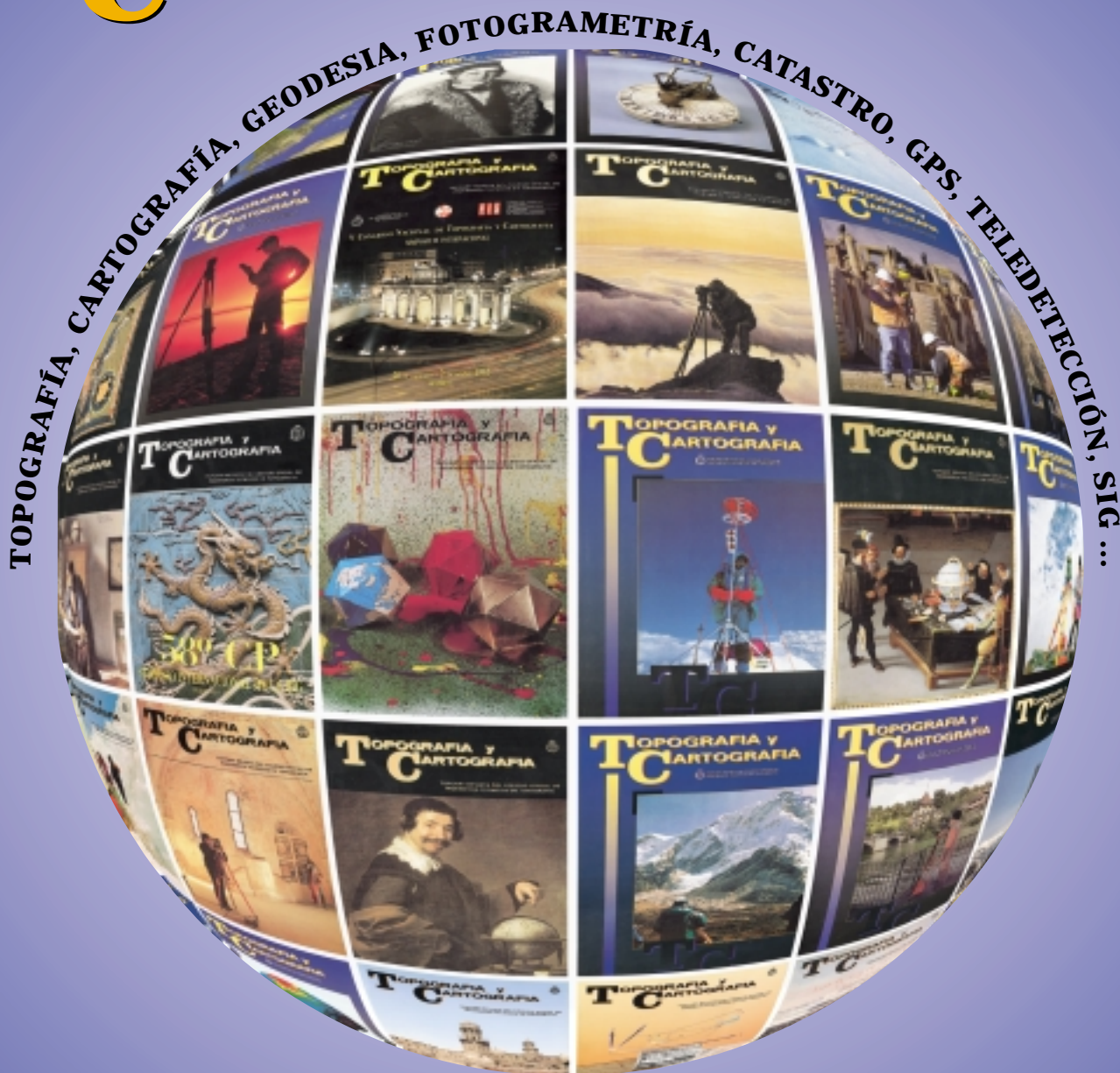
Marcos A. Pérez Delgado y Fernando Toscano Benítez. Pág. 2.

- El Proyecto RECORD (Radiodifusión Española de Correcciones Diferenciales) del Instituto Geográfico Nacional. *Javier González Matesanz y Adolfo Dalda Mourón*. Pág. 9.
- Consideraciones Generales sobre el Ajuste de Observaciones Topográficas mediante Mínimos Cuadrados. *Silverio García Cortés, Benjamín Sánchez Fernández y Eugenio Sáez García*. Pág. 24.
- Nuevas técnicas para la determinación de altitudes. *Michel Kasser*. Pág. 37.
- El papel de la Topografía en el Nuevo Milenio. *Robert W. Foster*. Pág. 42.
- El deslinde de términos municipales, pervivencia de un rito de mensuración. Una aproximación al caso de Asturias. *José Antonio Suárez García y Pelayo González-Pumariiega Solís*. Pág. 46.
- I Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica. Pág. 62.
- Novedades Técnicas. Pág. 64.
- Bibliografía. Pág. 68.
- Vida Profesional. Pág. 72.

Número 107 (noviembre-diciembre 2001)

- Carta del Decano. Pág. 3.
- Carta del Decano. Pág. 3.
- DART Aplicación Informática para el Diseño y Ajuste de Redes Topográficas:(I) Estructura General y Ajuste Planimétrico. *Silverio García Cortés, Benjamín Sánchez Fernández y Eugenio Sáez García*. Pág. 5.
- Estado actual de las Redes de Nivelación en la Comunidad Valenciana. *Ángel Martín, José Luis Berné y Julio Faustino*. Pág. 14.
- Coctel de Naturaleza. *José Luis Sánchez*. Pág. 24.
- Ensayos de reproducibilidad con un receptor GPS expedito. *Pelayo González-Pumariiega Solís y José Antonio Suárez García*. Pág. 26.
- I Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica. Pág. 34.
- Organismos Cartográficos Nacionales Europeos: ¿Quo Vadis?. *John Leonard*. Pág. 36.
- Metodología para la aplicación de Modelos de Erosión con un SIG. *Ángel Marqués Mateu, Matilde Balaguer Puig, Juan M. Gisbert, Gema Andrés Aznar y Sara Ibáñez Asensio*. Pág. 45.
- Novedades Técnicas. Pág. 58.
- Bibliografía. Pág. 66.
- Vida Profesional. Pág. 70.

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

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

El precio de la suscripción para el año 2002 es de:

	Correo ordinario	Correo certificado
España.....	33 € <input type="checkbox"/>	43 € <input type="checkbox"/>
Países C.E.E.....	46 € <input type="checkbox"/>	62 € <input type="checkbox"/>
América.....	46 € <input type="checkbox"/>	69 € <input type="checkbox"/> (con suplemento aéreo)
Otros países.....	48 € <input type="checkbox"/>	70 € <input type="checkbox"/> (con suplemento aéreo)
Estudiantes (remitir justificante de estar matriculado en el curso 2001-2002)	27 € <input type="checkbox"/>	

NOMBRE Y APELLIDOS.....

DIRECCIÓN....., POBLACIÓN.....

PROVINCIA....., CÓDIGO POSTAL....., PAÍS..... TEL. CONTACTO,.....

Adjunto cheque o justificante de giro transferencia para la suscripción del año 2002.

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

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

Indice Comercial de Firmas



AL-TOP
TOPOGRAFIA, S.A.
TOPO CENTER®

ALQUILER Y VENTA DE INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS EQUIPOS Y SISTEMAS PARA TOPOGRAFIA Y BATIMETRÍA

SERVICIO TECNICO OFICIAL PARA ESPAÑA DE:





C/ BOFARULL, 14, BAJOS 1ª
TEL. 93 340 05 73 - FAX 93 351 95 18
08027 BARCELONA

BATIMETRÍAS

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

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

CB-TOP Casanovas-Berge Asoc.
C/ Trullols, 10 Ent. 2ª Barcelona (08035)
Tel.: 93 418 66 02 Fax : 93 487 10 87
Móviles: 629 34 16 26 / 630 02 47 01
E-mail: rodofo.berge@upcnet.es

INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS Y GEODÉSICOS
SERVICIO TÉCNICO

Balmes, 6 08007 BARCELONA
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89



Instrumentos Topográficos
Casa Sueca: +46.8.622.1000

Distribuidores:
ALTOP-Barcelona: 93 340.05.73
CYT-Santiago: 981 581.678
DATUM-Madrid: 91 535.33.72

EDEF
Estudio de Fotogrametría

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

LEICA GEOSYSTEMS, S.L.

Geodesia, Topografía, Fotogrametría y Sistemas

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



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

<http://www.geocenter.es>




DISTRIBUIDOR OFICIAL
VENTA Y ALQUILER



SANTIAGO & CINTRA

Distribuidor GPS  Trimble

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

TOPCON ESPAÑA, S.A.
Instrumentos Topográficos

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

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

ATICSA
Distribuidor Oficial



Leica INTERGRAPH TCP-IT

Venta y Alquiler de Material Topográfico

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



DATUM

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



Cristóbal Bordiú, 35
Tel. 91 535 33 72
Fax 91 535 33 84
28003 Madrid

SISTEMAS DE MEDIDA

GRAFINTA, S.A.
Topografía, Geodesia, Dibujo

Avda. Filipinas, 46 - 28003 MADRID
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82