

EVOLUCIÓN RECIENTE DE LA CARTOGRAFÍA MILITAR

JUSTO A. BERNALDO DE QUIRÓS TOMÉ
JEFE DE CARTOGRAFÍA AUTOMÁTICA
DEL SERVICIO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO

Introducción

A PROVECHAMOS esta ocasión para ofrecer una panorámica de cómo las nuevas tecnológicas se introducen también, de forma progresiva, en el Servicio Geográfico del Ejército.

La cartografía clásica evoluciona hacia nuevas formas de producción, que no se detallan en estos comentarios, y sirve, a la vez, de fuente primaria para poblar de datos las bases cartográficas y sistemas de información geográfica a los que multitud de usuarios pretenden acceder y algunos organismos, entre ellos el SGE, tienen la responsabilidad de crearlos y satisfacer las demandas de aquéllos.

Las necesidades de medios y de esfuerzo humano para acometer sistemas tan complejos parecen interminables y, efectivamente, lo son.

Nuestra misión se centra, por tanto, en rentabilizar al máximo los medios de que disponemos y obtener realizaciones, objetivamente posibles, proporcionales a los mismos.

El proyecto SINFO-GEO es ambicioso, pero es bueno fijarse, a largo plazo, una meta que paulatinamente se puede poner tan lejos como se quiera.

La Base de Datos Cartográfica es una realidad, no obstante, sólo se ha empezado a recorrer su camino.

La necesidad de normalizar la in-

formación geográfica es evidente.

Nos hubiera gustado descender al detalle de algunas cuestiones pero hubiéramos perdido generalidad.

La cartografía clásica del SGE

La Cartografía Militar Española se rige por el Decreto 2992/1968, de 21 de noviembre (DO núm. 276), y el Real Decreto 1830/1978, de 26 de junio (DO núm. 176).

Dicha cartografía se construye en proyección UTM y comprende los siguientes mapas:

a) Mapas generales, en las escalas y con los indicadores de serie siguientes:

- 1:800.000 8C
- 1:400.000 4C
- 1:200.000 2C
- 1:100.000 C
- 1: 50.000 L
- 1: 25.000 5V

b) Mapas locales:

- 1: 10.000 2V
- 1: 5.000 V

c) Mapas especiales.

Como características propias de estas series podemos destacar:

- El empleo de un método de distribución y designación de las hojas que permite acceder fácilmente a la numeración de hojas de escalas superiores e inferiores comprendidas por o integradas en la hoja en cuestión.

- El empleo de diferentes cuadrí-

Plano del Servicio Geográfico del Ejército, E. 1:50.000.



culas: CUTM o básica, geográfica, UTM propia, UTM solapada, secundaria o anticuada.

- Equidistancias sucesivas de: 400, 200, 100, 40, 20 y 10 metros de los mapas generales.

- Resalte gráfico de las vías de comunicación.

- El área representada por una hoja de la serie básica, L, coincide con la de su correspondiente en el Mapa Topográfico Nacional a la misma escala.

- Realce del terreno mediante el uso de tintas hipsométricas a partir de la serie 2C y series de escala inferior y de sombreado orográfico de las series 4C y 8C.

Toda esta información y la procedente de nuevas series probablemente conformará los tres niveles de densidad de información que requiere una base de datos cartográfica integrada:

L SAN SEBASTIÁN 24-4 : 24-5
901, 901



1ª Etapa: IMPLANTACION

1ª Fase (1989):	Definición de objetivos. Concurso.
2ª Fase (1990):	Implantación. Prueba de aceptación. Iniciación de la carga.
3ª Fase (1991):	Consolidación del Sistema. Inicio del desarrollo de aplicaciones.
4ª Fase (1992):	Producción en régimen estable. Desarrollo de las comunicaciones.

2ª Etapa: EXPANSIÓN

A desarrollar en el cuatrienio 1993-1996

1. Escalas 1:50.000 y 1:100.000.
2. Escalas 1:250.000 e inferiores.
3. Escalas 1:1.000.000 e inferiores.

Numerización de la serie L

Publicadas todas las Series de cobertura nacional y al compás de la tecnología se acometió la tarea de numerizar la cartografía básica del Mapa Militar a escala 1:50.000.

Para ello se tuvieron en cuenta dos premisas:

- La urgencia de disponer de datos numéricos del terreno.
- La necesidad de conservar la precisión de cartografía de procedencia.

El procedimiento seguido es ya conocido. Se utilizan restituidores analógicos como vectorizadores de reducciones fotográficas de los fotolitos de publicación de la cartografía fuente.

Aun hoy, se ha elegido este método como el más eficaz para numerizar la planimetría. La vectorización automática de este tipo de información, al menos en nuestro caso, es un campo abierto a la investigación.

Disponer en primer lugar de la altimetría permite generar los modelos del terreno necesarios para asignar cota a la planimetría que por numerizarse a partir de cartografía ya existente no dispone de ella.

El proyecto SINFO-GEO

El 27 de abril de 1989 se redactó el Proyecto SINFO-GEO que persigue, basándose en la tecnología actual, crear un Sistema de Información Geográfica que permita almacenar, tratar y recuperar en la forma que se

precise, la información disponible numérica, gráfica y descriptiva relacionada con el entorno geográfico que se determine dentro del territorio nacional.

El proyecto se fundamenta legalmente en el Real Decreto 1/1987, de 1 de enero, por el que se determina la Estructura Orgánica Básica del Ministerio de Defensa y en la Orden 52/1987, de 24 de septiembre, por la que se desarrolla el citado RD, en materia de informática.

El Real Decreto 1/1987 especifica en su Artículo 13, apartado Uno, que corresponde a la Secretaría General Técnica del Ministerio, la preparación, planeamiento y desarrollo de la política del Departamento de los servicios técnicos, entre otras materias, así como la supervisión y dirección de su ejecución, pasando a depender funcionalmente de esta Dirección General los órganos competentes en las citadas materias de los tres Ejércitos y Organismos Autónomos. Concretamente le corresponden (apartado dos, punto cuatro) las funciones de dirigir la planificación y supervisar la ejecución o, en su caso, ejecutar las actuaciones relativas a informática y cartografía.

La orden 52/1987 dispone en su artículo 1º, apartado C, que corresponde a la Secretaría General Técnica aprobar y coordinar, o en su caso elaborar, los Planes Informáticos a medio y largo plazo.

Por otra parte, el Servicio Geográfico del Ejército como órgano cartográfico del Ministerio de Defensa proporciona la capacidad técnica y productiva en la que tal proyecto se asienta, al menos en su primera fase, y la terminación de la publicación de

la Serie L en 1987 la información básica de partida sobre la que se pretende desarrollar un Sistema de Información Geográfica de interés para la Defensa.

Para utilizar tal sistema, se necesita disponer de los medios necesarios para:

1) Adquirir en forma digital los datos cartográficos básicos a partir de mapas existentes, métodos topográficos y fotogramétricos, fotografía de satélites, documentación, etc.

2) Procesar estos datos y organizarlos de forma estructurada en una Base de Datos Cartográfica.

3) Explotar dicha Base de Datos a partir de los datos almacenados directamente, o bien de los que procedan de las aplicaciones y cálculos que se requieran, y además, si se precisa, obtener las salidas gráficas oportunas de los resultados.

4) Enlazar la citada Base de Datos con otras bases de datos generales para incorporar información geográfica descriptiva y ampliar el número de usuarios.

5) Explotar el Sistema de Información Geográfica así formado mediante el desarrollo de las aplicaciones que se necesiten basadas o no en la propia Base de Datos Cartográfica.

La realización de estas funciones permitirá, en su día, que coexistan dos sistemas de distribución y utilización de la información geográfica, uno, el actual, basado en la cartografía y documentación relacionada y otro que opere solamente, si se desea, en el entorno de los sistemas informáticos. Para ello, con paso corto y vista larga, se ha comenzado, a finales de 1990, la carga masiva de toda la información que, simultáneamente, se continúa digitalizando, cumplimentando el calendario que el Proyecto fija y que, esquemáticamente se relaciona a continuación:

La base de datos cartográfica

Nos centramos, a continuación, en describir el contenido inicial de la Base de Datos Cartográfica (BDC) y los procesos que se siguen para su almacenamiento y explotación.

Contenido de la BDC

La información básica procede, como se trató en el apartado "Numerización de la Serie L", excluyendo únicamente la división administrativa y los cultivos. Para estos elementos se ha preferido partir de los datos oficiales proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), en el caso de los límites municipales, y desarrollar un proceso independiente para los usos del suelo. Además se dispone de datos estadísticos, nomenclátor geográfico y fuentes documentales que completarán la información gráfica procedente de la numerización. Se asume, pues, el grado de actualización de la Serie existente y la ordenación informática conseguida ahora redundará en beneficio de los procesos de puesta al día necesarios.

Resumimos el contenido inicial de la BDC dividido en tres grupos que corresponden a las tres fases en que se organiza la toma de datos e inicio de la carga:

- 1) Altimetría:
 - Representación del relieve de la Serie L.
 - Archivos geodésicos.
- 2) Planimetría:
 - Procedente de la Serie L.
- 3) Procesos independientes:
 - Límites administrativos.
 - Vegetación.
 - Toponimia.
 - Datos estadísticos.
 - Documentación diversa.

Todo ello se organiza en forma jerárquica con arreglo al esquema y número de entidades geográficas que se indican:

Industria y Energía	32
Construcciones	63
Transporte	42
Hidrografía	60
Relieve	20
Vegetación	13
División	8
General	13

Veamos a continuación el método seguido a partir de la toma de datos.

Altimetría

Una vez vectorizadas las curvas de nivel e incorporados los ficheros de vértices se siguen los siguientes procesos:

Validación geométrica

El propósito de esta validación es detectar:

- Curvas interrumpidas.
- Curvas que no alcanzan la retícula geográfica (marco de la hoja).
- Curvas que sobrepasan la retícula geográfica.
- Elementos no capturados.

Se trata de un proceso interactivo con edición en cola de errores que asegura estadísticamente la eliminación de los mismos. No obstante, la edición de nuevos elementos puede introducir inconsistencias de Z que se eliminan en el paso siguiente.

Validación geométrica del modelo

Se persigue obtener curvas de nivel limpias y con Z correcta que se incorporan a la base de datos como una entidad geográfica más. Se opera ya en tres dimensiones para:

- Eliminar elementos de longitud nula o impurezas del fichero.
- Detectar las inconsistencias de Z.
- Detectar los cruces de líneas.

Una revisión final auxiliada por vistas laterales y frontales del modelo asegura la limpieza interna de los datos y que sus líneas finalizan exactamente en los meridianos y paralelos que se generan de forma discreta mediante 2 puntos por cada 5 minutos de arco.

Ajuste de bordes

Es un proceso en su mayor parte automático que da continuidad al modelo que se genere.

Creación y archivo del MDT

El modelo inicial es de la forma TIN y se mejora con los siguientes procedimientos:

- Adición de entidades hidrográficas.
- Edición o generación de elementos inferidos tales como líneas de cambio de pendiente y densificación de la red irregular.

- Nueva generación del modelo.

La obtención de un modelo mallaado es arbitraria y en muchos casos dependiente de la aplicación, aunque a efectos de normalización e intercambio parece aconsejable utilizar coordenadas geográficas, que independizan de la proyección con una densidad equivalente a 1 segundo de arco.

Planimetría

La toma de datos de la planimetría ha comenzado, según se comentó en "Numerización de la Serie L", a partir de transparencias reducidas y métricamente correctas de fotolitos de publicación.

Se utilizan, como en el caso de las curvas de nivel, las esquinas como puntos de apoyo. Se corrigen interactivamente, se genera una topología selectiva (hidrografía y vías de comunicación) que facilita operaciones posteriores y se revisan por superposición con el original.

La incorporación a la base de datos se llevará a cabo, salvo pequeños retoques aún en estudio, de la siguiente manera, forzosamente esquemática.

Edición de la geometría

Se realizan las siguientes operaciones en dos fases:

1ª Fase:

- Generación del marco geográfico.
- Validación geométrica.
- Ajuste de bordes.

Con esta fase se consiguen resultados similares a los tratados en "Altimetría" para todas las entidades geográficas lineales y puntuales.

2ª Fase:

- Cierre de áreas.
- Generación de núcleos urbanos

a partir de las entidades "calle".

- Construcciones de entidades superficiales.

Se completa así, la validación geométrica general incorporando las entidades superficiales.

Edición de atributos

Existen atributos implícitos, como los códigos y los que establecen relaciones jerárquicas de una misma entidad geográfica que se expanden automáticamente.

Otros, en cambio, se editarán manualmente.

Validación topológica

Una vez finalizadas todas las operaciones de edición que puedan afectar a la geometría y a la topología de las entidades simples se está en condiciones de generar las entidades compuestas.

Explotación

Para la aplicación propia del Servicio Geográfico del Ejército (producción de cartografía) se pueden utilizar formatos internos:

- Formato inmediato: es directamente un espacio objeto. Permite mantener las relaciones topológicas durante las actualizaciones y realizar todas las operaciones de análisis.

- Formato de mantenimiento: en este caso de la BDC es accedida desde una base de datos relacional.

Se pretende desarrollar, en breve, la carga y descarga entre ambos y la utilización de índices geográficos que permitan acceder a la BDC por criterios de selectividad geográfica y/o temática.

Hablábamos en la introducción de base de datos cartográfica integrada y en "Contenido de la BDC", de contenido inicial de la BDC. Pues bien, se

trata, con fines de explotación, de acceder sucesivamente al detalle que la aplicación necesite a través de índices geográficos (criterio de selectividad geográfica) que genéricamente son los niveles de densidad de información. Es decir, se accedería a un área geográfica determinada aplicando el criterio en un nivel de densidad inferior y se descendería al nivel de densidad superior que se requiera. Ello exige extraer de nivel 1 (1:50.000) la información que se defina para los niveles 2 y 3 a través de la generalización, automática en lo posible y en todo caso, ampliando la toma de datos y el contenido inicial de la BDC a partir de otras fuentes.

Si consideramos la BDC verdaderamente integrada debe contem-



Sala de restitución.

Edición de la simbología

Siguiendo las normas cartográficas de la Serie L se define la simbología mediante los atributos que hacen corresponder las entidades geográficas, en sus diferentes jerarquías, con los grafismos de los que proceden.

Asignación de cota

Se realiza, como ya se mencionó en "Creación y archivo del MDT", proyectando en primer lugar las entidades hidrográficas, que se incluyen en el modelo para mejorarlo. En la segunda fase, se proyectan el resto de las entidades.



Observaciones
cartográficas.

plar otras estructuras de datos diferentes a la vectorial (teselar, imágenes, etc.).

Para servir a los fines del proyecto SINFO-GEO se debe aplicar, el criterio de selectividad temática que se concreta en extraer de la BDC los conjuntos de datos o selección de entidades mínimas que cada aplicación y nivel requieran.

Homologación de la información geográfica digital

El Servicio Geográfico del Ejército tienen que atender a diferentes compromisos:

- El servicio a sus usuarios directos.
- La normativa del Consejo Superior Geográfico.
- Las normativas internacionales.

El primero de ellos se puede atender mediante el uso de una Norma propia, asequible para el que recibe la información, que, como mínimo, debe contemplar:

- Las estructuras de datos soportados.
- El formato.
- Un esquema de codificación de entidades y atributos.
- El soporte.

- Los procedimientos administrativos.

En cuanto al Consejo Superior Geográfico, se siguen los trabajos de sus comisiones que recomiendan:

- El uso de una codificación y definición conceptual uniforme.
- La adopción de una NORMA. Para ello se siguen de cerca los trabajos de CERCO.

En nuestro caso, nos limitaremos a dar a conocer el estado actual de la Norma DIGEST (Digital Geographic Information Exchange Standards).

El borrador final de octubre de 1989 se ha reestructurado y hoy contempla, en cuanto al modelo de datos se refiere, las siguientes estructuras:

- Vectorial topológica:

Conserva la solución orientada a objetos como la más apropiada para los organismos productores.

Se aprobará, en breve, una implementación relacional basada en el proyecto cuatripartito (RU, EEUU, AUS, CA) DCW (Digital Chart of the World), para atender las necesidades de los usuarios.

El prototipo 4 de este proyecto se encuentra en el SGE para evaluación, cuyos resultados merecen un estudio aparte.

En principio diremos que se trata de un producto digital procedente de

la serie ONC a escala 1:1.000.000 y como tal producto no sólo contiene información geográfica sino también su propia base de datos y herramientas lógicas para manejarlo.

- Spaghetti/Cadena-Nodo:

Estructuras que permiten la descripción de la información y su referencia espacial suficiente, creemos, para la mayoría de los casos.

- Matricial:

Está desarrollada en una norma separada, vigente desde los años 80, para el caso de la información escalar de alturas del terreno.

- Teselar (raster):

La norma es abierta a cualquier información de este tipo y existen, en anexos, especificaciones concretas para las réplicas digitales de cartografía.

- Se ha implementado recientemente un registro para la Toponimia como primitiva cartográfica.

El apéndice principal del documento es el Catálogo de Códigos de entidades y atributos (FACC).

En sendos anexos se encuentra el formato implementado con arreglo a dos normas:

- ISO 8211.
- ISO 8824 (asn.1)

La norma se publicará en mayo de 1991.