

Cómo se crea..... un mapa topográfico

Todo el mundo ha tenido, alguna vez, un mapa en sus manos, ya haya sido de carreteras, callejero, turístico o el plano de una vivienda. Este artículo explicará cómo se obtiene la información que aparece en un mapa topográfico, que es la representación gráfica de una serie de elementos geográficos que hay sobre la superficie terrestre. Además, se ilustrarán las fases indispensables de su elaboración para poder completarlo.

■ Autores: ADOLFO PÉREZ HERAS / JOSÉ ALFONSO DE TOMÁS GARGANTILLA

Un mapa

es un documento **métrico**, es decir, el tamaño de lo cartografiado se corresponde exactamente con sus dimensiones reales. Como la Tierra es muy grande y la carta debe tener un tamaño manejable, es imprescindible dibujar los objetos representados a una determinada **escala**. Este parámetro es justamente la relación matemática entre la distancia medida en el mapa y su correspondiente medida en el mundo real. La escala determina, con rigor geométrico, la resolución de

los datos que van a ser representados. Así un mapa a escala 1:25.000 indica que cada milímetro medido en la carta equivale a 25.000 milímetros de terreno, o sea a 25 metros de la realidad. En un mapa de estas características un campo de fútbol cuyas dimensiones fueran 100 metros x 50 metros, quedaría representado por un rectángulo exacto de 4 mm x 2mm. El **Instituto Geográfico Nacional** tiene asignada, por ley, la misión de actualizar el **Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000** de toda España

(MTN25). Con esta serie cartográfica son necesarias 4.100 hojas para cubrir completamente la península, los archipiélagos balear y canario y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, en definitiva, para tener cartografiado todo el territorio nacional. Por otro lado, la superficie terrestre es una **realidad cambiante** sometida a numerosas acciones que la modifican, ya sea por causas naturales o, sobre todo, por actuaciones humanas. Se construyen urbanizaciones, se trazan nuevas vías de comunicación, se modifican parcelas con cultivos





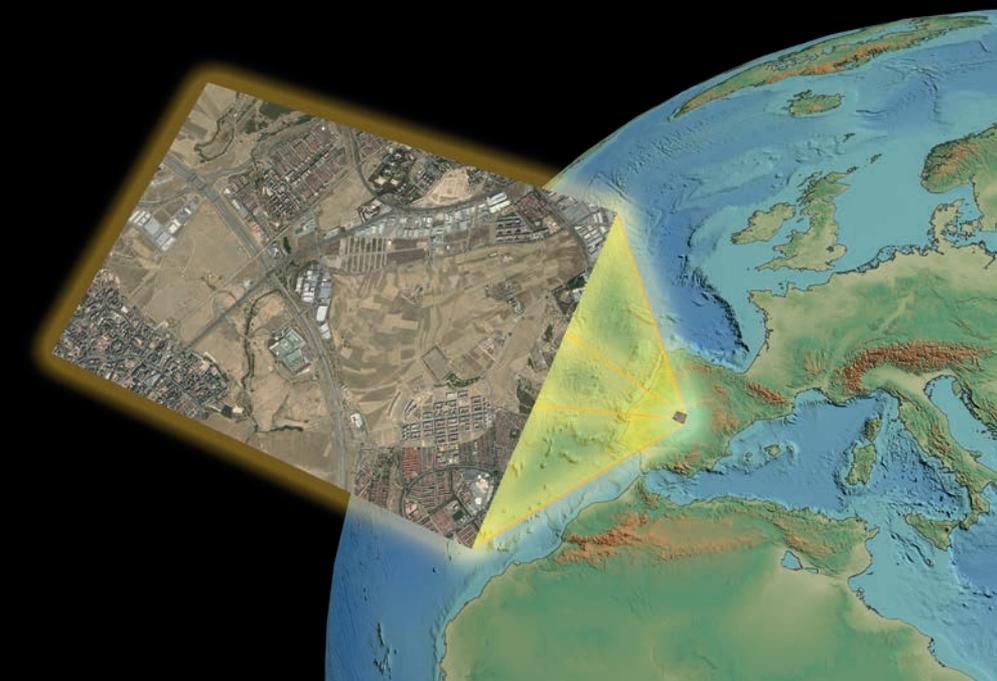
Toma de vistas en un vuelo fotogramétrico.

diferentes, se queman bosques, se erigen nuevas edificaciones o se abren cortafuegos en el monte. Todas estas alteraciones deben ser registradas de modo continuo y reflejadas en los mapas, para que estos no pierdan **actualidad**. Una manera muy eficiente de observar estos cambios es hacerlo a través de **fotografías aéreas**. Existen aviones fotogramétricos dotados de unas cámaras digitales de gran formato instaladas en su cabina. Las aeronaves sobrevuelan la zona que se quiere cartografiar, disparando fotografías con una

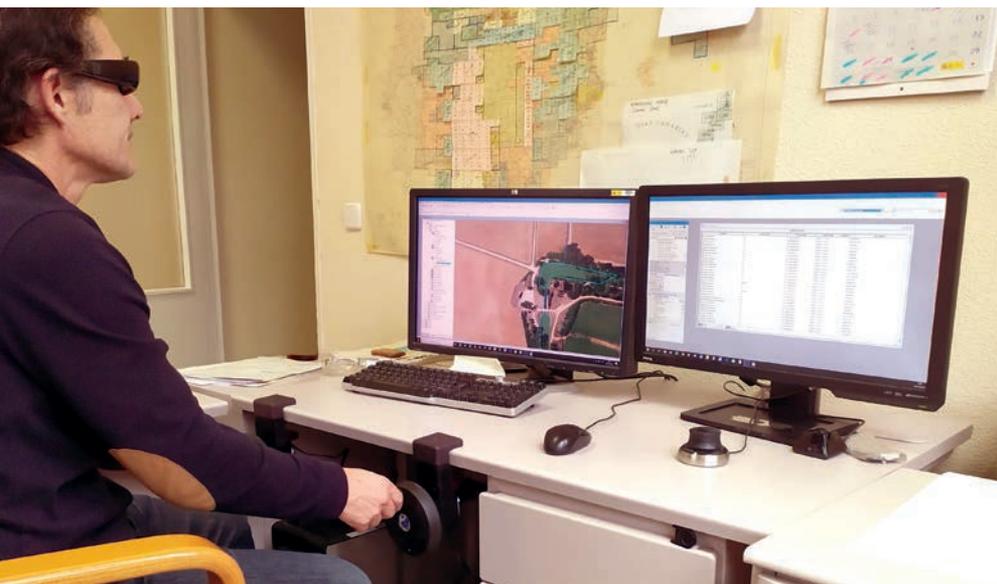
cadencia determinada según su velocidad, siguiendo la ruta impuesta por un riguroso plan de vuelo, que señala al piloto no solo por encima de dónde deben pasar, sino también a que altura sobre el terreno hacerlo en cada momento. De tal manera que se consiga fotografiar cada palmo del suelo, sin dejar ningún hueco de la zona descubierto. Desde un punto de vista métrico, podría pensarse que una foto tomada desde un avión es igual que un mapa, pero por desgracia no es así. La foto es una proyección perspectiva del terreno, que tiene

imperfecciones geométricas debido tanto a la fidelidad del propio sensor como al relieve de la superficie terrestre, mientras que el mapa es una proyección ortogonal sin deformaciones. Para corregir esas distorsiones se emplea el proceso de **ortoproyección** que transforma, píxel a píxel, la imagen aérea consiguiendo que su proyección resultante sea ortogonal, por eso a la foto rectificada se la llama **ortofoto**, que es la base en 2D para obtener, visualizar y actualizar información geográfica. Por otro lado, para ubicar en coordenadas la posición exacta de la





Ortofoto georreferenciada.



Restitución 3D con modelos estereoscópicos.



Curvas de nivel cada 10 metros sobre El Yelmo (La Pedriza).

foto aérea en el planeta, se utilizan los datos **GPS** –sistema de posicionamiento mundial– registrados por el avión en el preciso momento que la cámara obtuvo la imagen. Estos valores se complementan con las coordenadas terrestres, que se obtienen con trabajos topográficos *in situ*, de puntos identificados en la fotografía aérea y en el terreno después de efectuado el vuelo, son los llamados **puntos de apoyo**. A

partir de estos datos, mediante un complejo cálculo de geometría analítica tridimensional, se efectúa la **aerotriangulación**, cuyo resultado permite el conocimiento preciso de las coordenadas de cualquier punto –píxel– visible en la fotografía, es decir, se obtiene la **imagen georreferenciada**.

En este momento ya se pueden **capturar** todas las geometrías de los **objetos geográficos**, que estando en la foto, se quiere que figuren en el mapa. Se debe seguir su traza con un índice, sobre el modelo estereoscópico 3D, construido en la zona de solape de dos fotos consecutivas de la zona a cartografiar. Se va recorriendo con ese índice, sobre la pantalla uno a uno, todos los elementos a representar, mientras el ordenador va anotando simultáneamente las coordenadas 3D del índice trazador. En eso consiste la **restitución**, que debe registrar, en síntesis, tres **tipos de geometrías**, de las que estas son algunos ejemplos:

- **Puntuales:** pozo, depósito de agua, faro, piscina, etc.
- **Lineales:** puente, río, vías de comunicación, línea eléctrica, gasoducto, curva de nivel, etc.
- **Superficiales:** áreas ocupadas por viñas, bosques, olivares, edificios, etc.

Además, a estos elementos geométricos se les dota de **atributos semánticos** propios.

Temas que componen MTN25



01



02



03



05



06



07

OROGRAFÍA

La morfología del relieve y los valores de altitud se definen mediante las **curvas de nivel**, que consisten en la intersección del terreno con planos paralelos al nivel del mar. Estas líneas son de color siena. También se sitúan puntos con su cota en cimas montañosas y collados. Para ayudar al usuario a interpretar mejor las ondulaciones del terreno, se incorpora un **sombreado digital** que ilumina el mapa desde un foco teórico situado al noroeste del mismo.

HIDROGRAFÍA

Compuesta por la red hidrográfica, es decir, ríos, arroyos, lagos, canales, embalses, etc. Se representan con tonos azules, de distintos grosores según su importancia y cuando existen lá-

minas de agua que se extienden superficialmente, se rellenan con un fondo azul.

COMUNICACIONES

Es la red de transporte constituida por carreteras, ferrocarriles, tendidos aéreos, tuberías, calles, caminos, etc. Constituye el eje vertebrador del territorio. Para poder mostrar las diferentes categorías en las que se subdivide este tipo de información, se usan múltiples colores que facilitan la clasificación visual de estos elementos, que pueden abarcar desde autopistas hasta carriles-bici.

CONSTRUCCIONES

Recoge las edificaciones ya sean urbanas, industriales, históricas o religiosas, así como el resto de obras humanas, puentes, túneles, acueductos, murallas, pasarelas,

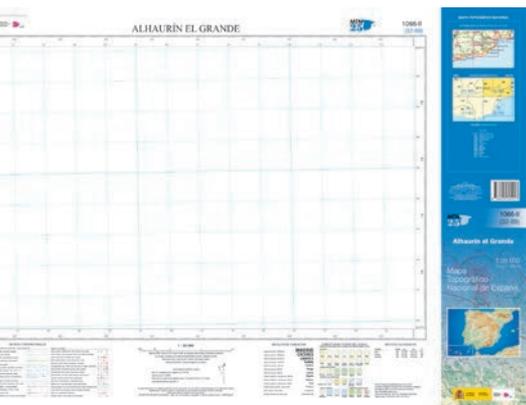
etc. En este tema predominan los tonos rojizos, a diferencia de la tendencia europea que lo suele representar con colores grises virando a negros.

USOS DEL SUELO

La información se recoge de **SIOSE**, el **Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España**, cuyo objetivo es generar una base de datos de Ocupación del Suelo para toda España a escala 1:25.000, integrando la información disponible de las Comunidades Autónomas y la Administración General del Estado. El resultado es una exhaustiva clasificación donde se distinguen **áreas** de bosques, matorrales, cultivos agrícolas, pastizales, zonas sin vegetación, etc. En este apartado los colores predominantes son verdes y amarillos.



01. Orografía de MTN25.
02. Hidrografía de MTN25.
03. Comunicaciones de MTN25.
04. Construcciones de MTN25.
05. Usos del suelo de MTN25.
06. Toponimia y Lines límite administrativas de MTN25.
07. Exteriores de MTN25
08. Detalle del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25)



Hay otros conjuntos de datos que no son **tangibles** sobre el terreno, pero que son representados en los mapas topográficos por ser muy relevantes:

LÍNEAS LÍMITE ADMINISTRATIVAS

Son las líneas que delimitan municipios, provincias, comunidades y naciones limítrofes. Obedecen a geometrías acordadas entre municipios y provincias que son registradas de manera oficial en la base de datos SIGLIM. En el mapa se representan por líneas jerarquizadas de color negro o gris.

TOPONIMIA

Casi todos los accidentes geográficos tienen nombre propio, es una información recogida en encuestas de campo a lo largo del tiempo y que ha sido volcada

en el Nomenclátor Geográfico. Cada **topónimo** está asociado a la posición que ocupa sobre la superficie terrestre y goza de atributos tales como la **tipografía** o el **color** de la letra, que dependerá del tema al que pertenece. El **cuerpo** del texto será tanto más grande, cuanto más destacado sea el elemento cartográfico al que nombra. En definitiva, los **rótulos** que figuran en un mapa con su variabilidad de tipos de letra, colores y tamaños, se comportan como signos convencionales que dan una idea muy aproximada de la importancia del elemento geográfico al que nombran, ya sean ciudades, ríos, parajes, embalses, sierras, picos, etc.

EXTERIORES

Cualquier mapa topográfico necesita incorporar, además del con-

tenido, una cantidad enorme de **metadatos** que deben ponerse en los exteriores del propio mapa.

- Marco con coordenadas geográficas y cuadrícula de la proyección cartográfica.
- Portada con el logotipo de la serie cartográfica, el nombre y número de la hoja.
- Contraportada con una lista y un gráfico de los municipios incluidos y otro croquis con la ubicación de la hoja en España y la distribución de sus hojas colindantes.
- Sistema de referencia geodésico y proyección cartográfica, además del origen de altitudes.
- Tabla de signos convencionales de los elementos susceptibles de ser representados.
- Escala numérica y gráfica.
- Año de edición.