

Tecnología

■ Texto: GEMA MARTÍN-ASÍN, GONZALO MORENO VERGARA, LORENZO CAMÓN SOTERES.
 Área de Bases de Datos Topográficas de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía.

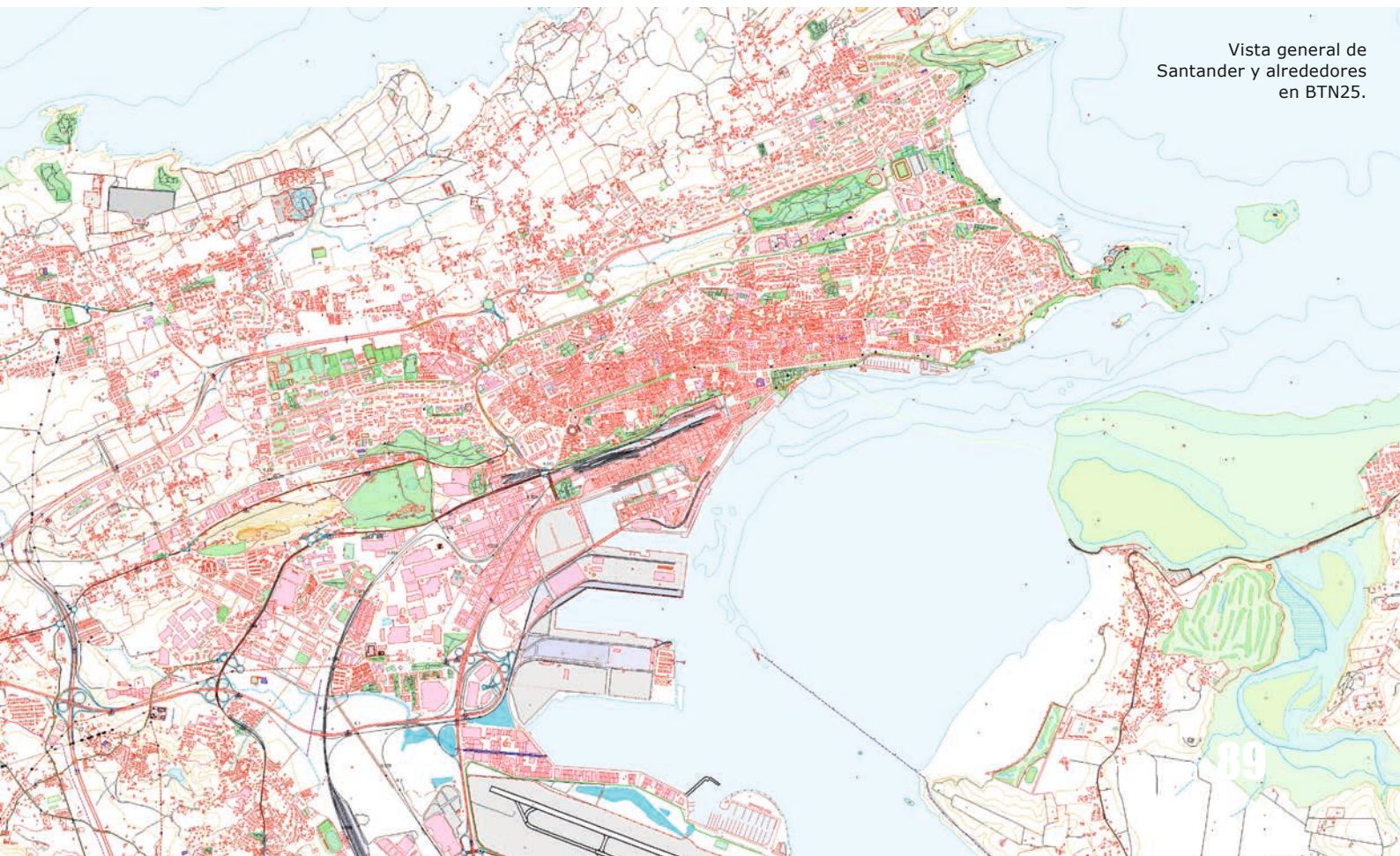


Valor añadido a través de las nuevas tecnologías

La transformación digital en las bases de datos topográficas

La implantación cada vez más generalizada del uso de bases de datos con componente geográfica, así como la paulatina impregnación de la cultura de la geolocalización, está suponiendo una transformación en el almacenamiento, gestión y explotación de la información geoespacial. Los elementos del mundo real pasan de modelarse como meras representaciones geométricas, cuyo único fin es cartográfico, a ser objetos geográficos con entidad propia. A estos se les asignan identificadores únicos y gestión de ciclo de vida, lo que permite la interacción de objetos de diferentes bases de datos y la multiplicación, por tanto, de las posibilidades de explotación; en definitiva, se facilita la transformación digital.

Vista general de Santander y alrededores en BTN25.



Introducción

Una base topográfica es una abstracción y modelización digital del territorio que recoge diversos elementos físicos como el relieve, las comunicaciones, la hidrografía, las entidades de población, etc., mediante estructuras de datos vectoriales (sucesión de coordenadas geográficas) que almacenan geometría bidimensional o tridimensional de tipo punto, línea y polígono. Las bases topográficas están especialmente diseñadas para la gestión y análisis de información geográfica mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), pero también permiten la derivación de multitud de productos cartográficos, así como la exportación a otros formatos de datos, por ejemplo, a los utilizados habitualmente por las ingenierías.

Así, la Base Topográfica Nacional (BTN25) constituye el Sistema de Información Geográfica de mayor resolución, tridimensional (es decir, incluyendo la altitud), que cubre de manera consistente y homogénea todo el ámbito del Estado con información topográfica de carácter general.

En un primer momento, es fruto de las evoluciones aplicadas a la información digital del Mapa Topográfico Nacional 1:25 000 (MTN25), las cuales tienen dos hitos principales:

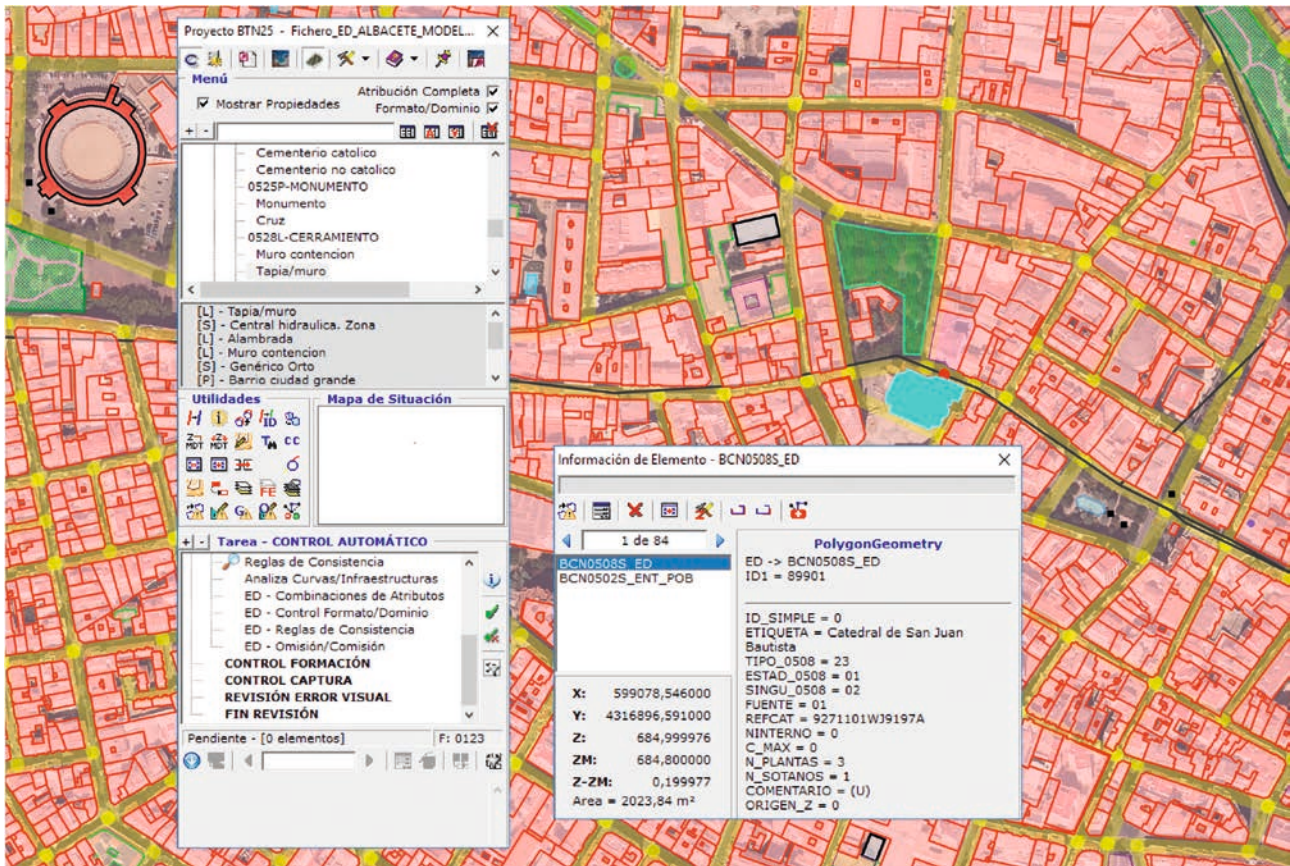
- La Base Cartográfica Numérica 1:25 000 (BCN25), base de datos geográfica que toma las geometrías del MTN25 y codifica sus elementos para su explotación mediante procesos informáticos. Carecía de tercera dimensión y heredaba la redacción cartográfica aplicada sobre el MTN25, por lo que parte de los elementos no estaban siempre en posición verdadera y, por tanto, complicaba mucho la explotación no orientada a la propia producción de cartografía.
- La creación de la BTN25, en 2005, tomando como base los ficheros de restitución fotogramétrica (captura de datos desde pares estereoscópicos de fotografías aéreas), de escala aproximada 1:12 000, sobre los que no se han aplicado procesos de redacción cartográfica, lo que permite conseguir una base de datos

de mayor resolución y con información tridimensional. Además, se asegura la continuidad topológica y semántica (continuidad analítica en coordenadas y de relaciones espaciales así como de sus atributos) de las entidades geográficas a lo largo de toda su extensión, y se va dotando cada vez de más información y de identificadores que permiten una explotación más inteligente y versátil.

Recientemente, se han abordado los trabajos para redefinir el modelo y la estructura de tablas de la Base Topográfica Nacional. El objetivo ha sido buscar una mayor coherencia con los modelos definidos, por un lado, por la Comisión Especializada de Normas Geográficas del Consejo Superior Geográfico (CSG), en la denominada Base Topográfica Armonizada (BTA), y, por otro lado, con las guías de implementación del Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica de España (Codiige), órgano también del CSG. A su vez, se ha buscado una organización más lógica para la actualización y explotación como base de datos.



Detalle en perspectiva de la información tridimensional de la BTN25.



Entorno de trabajo de la BTN25.

Este nuevo modelo empieza a utilizarse en 2020 con la puesta en marcha de la Base de Datos de Información Geográfica (BDIG), que supone un cambio de paradigma en la forma de actualización de la información.

Modo de actualización de la BTN25

Desde que se consolida la primera versión de la BTN25, se abandona la captura mediante restitución fotogramétrica por otras fuentes de datos preexistentes, lo que permite abaratar costes de producción, al no requerir ningún *hardware* especializado ni operadores particularmente cualificados.

Además, se facilita la realización de los trabajos únicamente mediante *software* de SIG, lo que posibilita actualizar directamente sobre un modelo de base de datos e introducir un conjunto de reglas topológico-semánticas para formalizar el denominado «conocimiento tácito» en «conocimiento explícito», a semejanza de otros proyectos internacionales como el MGCP (Multinational Geospatial Cooperative Program) de la OTAN. En efecto, muchos de los controles de calidad que se realizaban manualmente pasan a hacerse en términos de análisis espacial, por ejemplo, una carretera no puede pasar por encima de un edificio, salvo que esté sobre un puente o en túnel. En definitiva, esto permitió

asegurar la integridad y coherencia espacial de la BTN25 de manera automática.

- Fuentes principales de datos

Descartada la restitución esteoscópica para la captura, el soporte geométrico y de compleción de elementos topográficos presentes en el territorio son las ortofotografías aéreas (imágenes tratadas para que se pueda medir directamente sobre ellas) y los modelos digitales de elevaciones generados a través del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), productos clave para realizar las actualizaciones, que garantizan una calidad métrica más que suficiente para los propósitos de la BTN25.

PNOA se enmarca, a su vez, dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT), que integra diversos productos y servicios en el ámbito de la Fotogrametría, la Teledetección y la Ocupación del Suelo. Tiene como objetivo la obtención de coberturas periódicas de todo el territorio nacional con vuelos fotogramétricos, logrando modelos digitales del terreno y ortofotos digitales en color. También se encuentra dentro de este plan el proyecto PNOA-LiDAR, cuyo objetivo es cubrir todo el territorio con nubes de puntos con coordenadas *x*, *y*, *z* obtenidas mediante sensores LiDAR aerotransportados, con una densidad mínima de 0,5 puntos por metro cuadrado. Estos datos constituyen una de las fuentes principales del proyecto.

Además, PNOT incluye otros planes nacionales: el Plan Nacional de Teledetección (PNT), que se ocupa de la obtención y el tratamiento de imágenes de satélite sobre el territorio nacional de alta, media y baja resolución, y el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (Siose), que consta de una base de datos vectorial sobre ocupación del suelo.

A su vez, la BTN25 utiliza otras muchas fuentes de datos para dotar a sus objetos geográficos de la información semántica requerida (atributos) y para garantizar su compleción. Entre ellas, cabe mencionar el Nomenclátor Geográfico Básico de España (NGBE), base de datos de topónimos producida en el IGN; los itinerarios (camino, vías verdes, pistas forestales etc.) que se recopilan en el visualizador Naturaleza, Cultura y Ocio (NCO), también del IGN; así como fuentes proporciona-

das por otras AA. PP. como los Espacios Naturales Protegidos en España; el Inventario de Presas y Embalses; las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR); la Guía de playas; el Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica; el Registro de Bienes de Interés Cultural; el Registro de Ayuntamientos; el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT); el Registro Estatal de Centros Docentes no Universitarios (RCD); el Catálogo Nacional de Hospitales; edificios y construcciones de los catastros nacionales, y un largo etcétera.

Así, en su protocolo de trabajo, la BTN25 explicita toda la serie de tareas con indicación de las fuentes de información que se han de consultar y los procesos a realizar para asegurar la correcta ejecución de los trabajos.

• Estrategia de actualización

En cuanto a la estrategia para abordar las actualizaciones, hasta no hace mucho se continuaba con la realización de las tareas por hojas o por bloques de hojas del MTN25 (por ejemplo, las que componen una provincia) hasta conseguir cobertura completa de toda España; metodología que ha demostrado ser muy productiva para la ejecución de tareas masivas en todo el territorio. Sin embargo, una vez que se tiene un producto con un grado alto de actualización, el trabajo por bloques deja de ser tan ventajoso, ya que se pueden haber producido cambios importantes en una zona del territorio mientras se está trabajando en otra. Surge aquí la necesidad de cambiar de estrategia y pasar a un modo de actualización por cambios.

Actualización orientada a cambios

Así pues, se debe utilizar otra aproximación que aproveche todo el ecosistema digital existente para deducir cambios sobre el territorio de la forma más continua posible sin limitaciones de tiempos de apertura y cierre de otros proyectos. Se puede decir que el objetivo es que «el reloj de la base de datos esté lo más próximo posible al reloj del territorio». Para ello se crea en 2017 el programa BDIG, articulado en tres proyectos:

- Detección de cambios
- Gestión de órdenes de trabajo.
- Entorno de actualización BDIG.

Es decir, lo primero que hay que saber es qué cambios se producen en el territorio. Aquí se abre un amplio abanico de posibilidades y entran en juego los denominados motores generadores de cambios, entre los que se pueden señalar los siguientes:

- *Motor de detección de redes sociales.* Es más que notorio que si se construye, por ejemplo, una carretera, existe un anteproyecto, una mínima información pública ofrecida en un canal RSS oficial, un anuncio en un boletín oficial, un grupo de interés que puede estar en desacuerdo o de acuerdo con el proyecto, etc. Esto se denomina "rastreo digital" y a este respecto se están desarrollando, junto con la Universidad Politécnica de Madrid, una serie de pequeños programas informáticos que efectúan automáticamente tareas repetitivas (*bots*) para rastrear multitud de fuentes en Internet para después filtrar y clasificar qué ha cam-

biado, qué está cambiando, qué cambiará y dónde.

- *Motor de detección de cambios en imágenes.* La detección de cambios entre imágenes sucesivas en el tiempo de una misma área (por ejemplo, del PNOA o de las imágenes de satélite del PNT) era un gran reto que únicamente ha podido resolverse con garantías empleando inteligencia artificial. En una primera prueba realizada en 2017 se consiguió una fiabilidad de un 96 % en la detección de cambios en construcciones y comunicaciones.

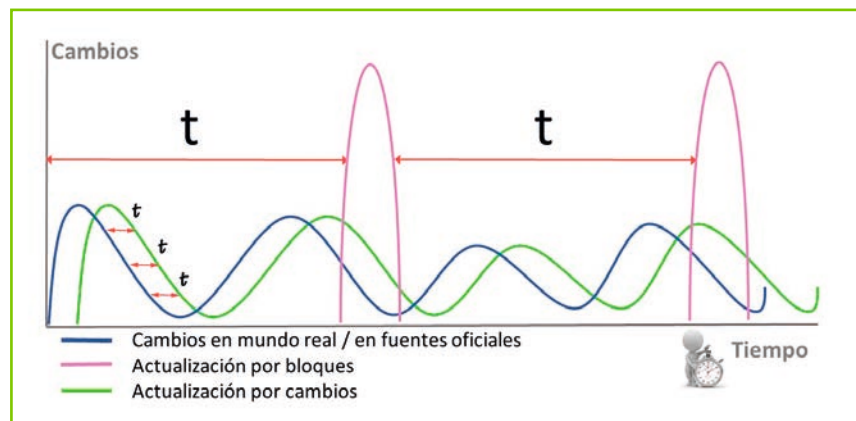
- *Motor de detección de cambios entre información geográfica existente.* La enorme disponibilidad de datos, tanto públicos como privados, hace posible determinar cambios respecto a los datos existentes en nuestras bases topográficas. Es un claro ejemplo de lo que supone el término transformación digital, especialmente cuando la información gestionada por las distintas organizaciones se encuentra debidamente organizada en bases de datos, utiliza identificadores únicos para sus elementos, incorpora información sobre su ciclo de vida y es accesible mediante protocolos estandarizados, ya que permite relacionar objetos geográficos de unas bases de datos con los de otra, y determinar cuándo se producen altas, bajas y modificaciones.

No obstante, cada uno de estos abordajes requiere trabajos considerables de investigación y desarrollo hasta su implantación de forma productiva.

La segunda pieza clave en la actualización orientada a cambios es la gestión de órdenes de trabajo. Cuando las actualizaciones se hacen por hojas o por

bloques de hojas, las unidades de trabajo son relativamente grandes y están ya predefinidas, por lo que su organización es bastante sencilla. Sin embargo, los cambios en la realidad suceden de forma más o menos aleatoria y afectan a porciones del territorio variables, por lo que es necesario empaquetar las actualizaciones en órdenes de trabajo, así como gestionar de forma ágil y controlada la asignación, ejecución, recepción, validación y distribución de estos paquetes de trabajo. Por último, la tercera parte del programa BDIG, el entorno de actualización BDIG, viene motivada por la importancia de trabajar sobre un entorno controlado que permita actuali-

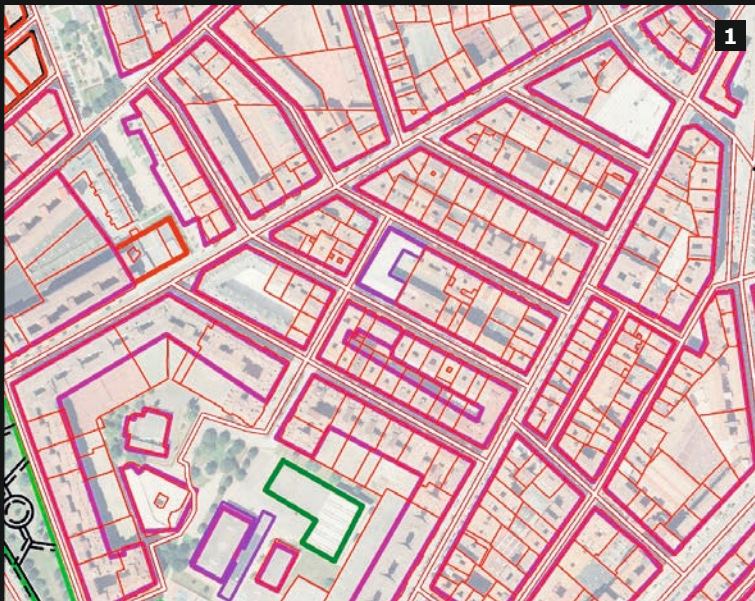
zar de forma conjunta todas las temáticas abarcadas por la BTN y también por determinadas IGR (Información Geográfica de Referencia). Si bien determinadas temáticas presentan un mayor dinamismo de cambios, como pueden ser los transportes y las edificaciones, en la mayoría de las ocasiones afectan a objetos de otros ámbitos. Por ejemplo, la construcción de una variante o de una urbanización a buen seguro afectará a vías de transportes, edificaciones, hidrografía, relieve, etc. La estrategia, entonces, pasa por aprovechar el mayor dinamismo e impacto que producen determinados objetos geográficos para desencadenar la actualización en el resto de las temáticas.



Actualización por cambios vs bloques.



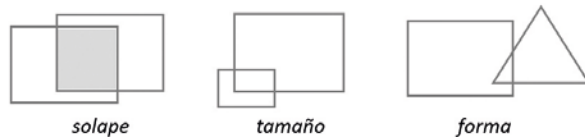
Detección de cambios por múltiples vías.



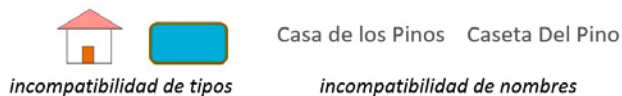
1

• Criterios de confluencia geométricos

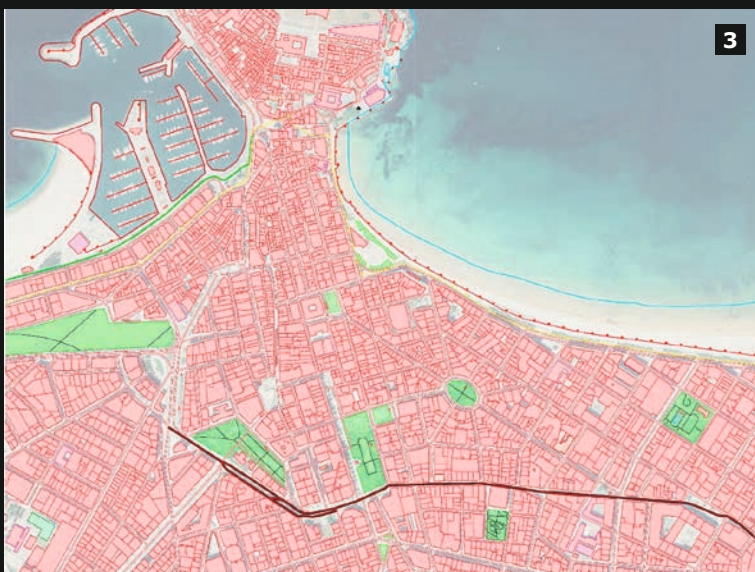
2



• Criterios de confluencia semánticos



• Criterios de relación



3

1. BTN25 versión inicial (rosa) vs Catastro (rojo).
2. Criterios de confluencia en la primera fase.
3. Detalle del núcleo urbano de Gijón en la BTN25 tras la primera fase.

Además, la actualización conjunta permite asegurar la integridad entre las bases de datos de información geoespacial del IGN. Esta coherencia entre diferentes temáticas cobra especial relevancia en la generación automática del Mapa Topográfico Nacional (aspecto que se desarrolla en otro artículo de esta publicación), que continúa siendo el principal referente del IGN.

Procesos ya existentes en la BTN25

Paralelamente al desarrollo del programa BDIG, en la BTN25 se han realizado importantes avances para la puesta en práctica del tercer motor de cambios señalado en el apartado anterior, es decir, apoyándose en otra información geográfica. Aquí es clave tanto el conocimiento de la información oficial de referencia existente en las AA.PP. (previamente identificada, clasificada y jerarquizada) como el de otros conjuntos de fuentes no oficiales que también resultan muy útiles. Basándose en estas fuentes de información, se han implementado procesos que permiten la detección y, en ocasiones, la automatización en la actualización, algunos de los cuales se muestran a continuación.

• Conexión con la información catastral: la BTN25 y el Catastro conectados

El objetivo es conectar la información topográfica y catastral del Estado y reutilizar los esfuerzos que se realizan en la actualización de un conjunto de datos para aprovecharlos en el otro. El proceso se ha dividido en dos fases, una primera (de 2016 a

2019) en la que se prepara la información de edificaciones y construcciones de la BTN25 y se establece la conexión con el Catastro a través de la referencia catastral, y una segunda en la que se aprovecha el ciclo de vida definido en los objetos de la base de datos del Catastro para actuar sobre los elementos relacionados en la BTN25. Se debe tener en cuenta que las edificaciones y construcciones producidas por la Dirección General del Catastro (DGC) cubren todo el territorio nacional a excepción de Navarra y el País Vasco, que cuentan con sistemas propios para la gestión catastral, con los que se están abordando trabajos de integración similares.

En la primera fase, tras el análisis de los datos catastrales de la DGC y la adaptación del modelo de la BTN25, se diseñó un conjunto de procesos mediante herramientas ETL (Extract, Transform and Load) que permiten la identificación de objetos geográficos comunes entre los datos catastrales y la BTN25.

En esa primera integración, las dos fuentes de entrada son conceptualmente diferentes: los elementos procedentes de la BTN25 son agrupaciones de edificios o manzanas, mientras que los del Catastro están divididos por referencia catastral, formando edificios individuales, aunque adyacentes.

Así, las reglas de la confluencia (identificación de objetos geográficos homólogos de diferentes fuentes de datos) juegan con relaciones basadas en superficies de solape, formas y semejanza de áreas, relaciones de multiplicidad (1:1, 1:n) y compatibilidad de tipos, conformando una matriz de parámetros de decisión. El proceso asigna auto-

máticamente una geometría y un conjunto de atributos. En el caso de no cumplirse unos valores mínimos en la matriz de parámetros de decisión, se devuelve un conflicto que debe revisar un operador basándose en ortofoto PNOA, siendo el porcentaje de éxito en la asignación automática del orden del 70 %.

Como complemento a todo este proceso, se realizó una revisión exhaustiva del territorio con ortofoto PNOA para corregir omisiones, comisiones, problemas de clasificación y errores posicionales. Todos los conflictos encontrados, del orden de tres millones, se reportaron al Catastro para que los integrara en su sistema de gestión de incidencias.

El resultado en esta primera fase del proyecto permitió conseguir los siguientes objetivos estratégicos:

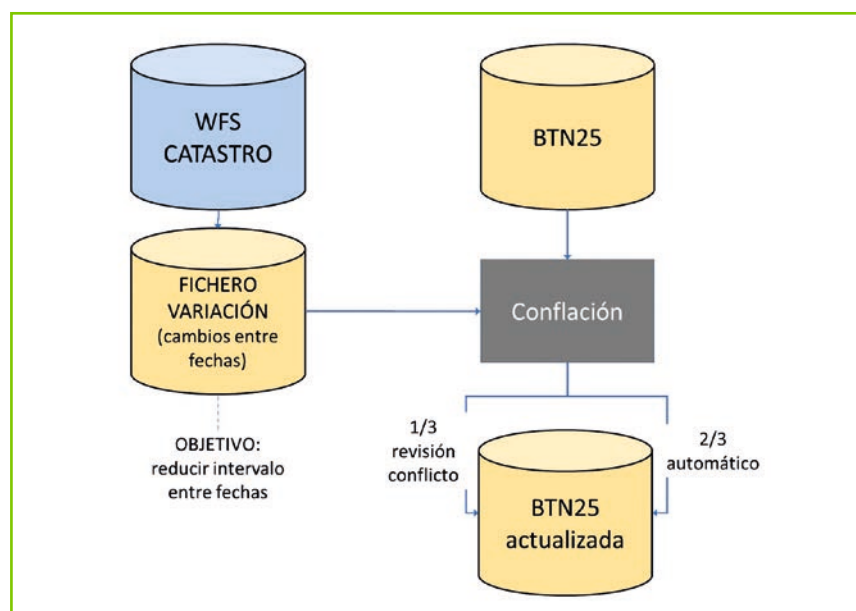
- La actualización semiautomática de las edificaciones de la BTN25, obteniendo como resultado la geometría catastral

junto con la semántica (atribución) de la BTN25.

- La vinculación analítica de los objetos definidos en los dos conjuntos de datos, a través de la referencia catastral.
- El establecimiento de un marco de interoperabilidad y cooperación entre el IGN y la DGC.

En la segunda fase, que consiste en el establecimiento de los mecanismos para la actualización incremental de edificaciones y construcciones de la BTN25, el flujo general de trabajo es el siguiente:

- A partir del servicio WFS (Web Feature Service) del Catastro, se obtienen las variaciones de edificaciones ocurridas desde la última actualización (aprovechando el ciclo de vida que define el Catastro).
- Estas variaciones entre dos fechas se someten a un nuevo proceso de confluencia con nuevos criterios basados en la traslación, la segregación y



Esquema general de la segunda fase.



Funcionalidad para la resolución de conflictos de las variaciones de Catastro.

la agrupación de edificios (las geometrías de los dos conjuntos de entrada son ya conceptualmente iguales después de la primera fase).

- Revisión visual, con ortofoto PNOA, de los casos conflictivos en los que no se consigue una asignación automática. Actualmente se deben revisar del orden de 1/3 de las variaciones, para lo cual se ha integrado en el entorno de trabajo una funcionalidad específica que facilita el análisis y la resolución de los conflictos.

El resultado de esta segunda fase del proyecto permite conseguir los siguientes objetivos estratégicos:

- La reutilización de datos oficiales de la Administración servidos a través de servicios estándar de la IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España).
- El aprovechamiento del alto grado de actualización de los datos catastrales para mejorar

de modo continuo e incremental las edificaciones de la BTN25 minimizando la intervención humana.

- La retroalimentación para el Catastro, aportando una fuente continua de verificación de la geometría catastral.

Así pues, este proyecto es un ejemplo claro de colaboración entre organismos públicos que sin duda fortalece la necesaria cooperación entre administraciones con el objetivo de servicio al interés general, cumpliendo así con lo establecido en el artículo 143, de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

• Procesos de geolocalización de servicios e instalaciones

Los procesos de geolocalización desarrollados permiten extraer la ubicación de servicios o instalaciones a partir de listados

de direcciones proporcionadas por fuentes oficiales y asignarlos a objetos geográficos de la BTN25, dotándolos de los atributos más significativos como pueden ser el nombre, el código (con el identificador original del servicio o la instalación) y el tipo.

Los pasos del proceso se pueden resumir en:

- Descarga de los listados de direcciones de las fuentes oficiales, componiendo a continuación la dirección correcta y corrigiendo faltas de ortografía.
- Uso de diferentes geocodificadores (Cartociudad, WFS Adresses de Catastro, etc.) para así obtener puntos por cada geocodificador y dirección.
- Determinación del uso mayoritario al que se destinan las edificaciones. Este uso se extrae de la información alfanumérica del Catastro (formato CAT) y se asigna a los edificios de la BTN25 a través de la referencia catastral.



Ilustración del proceso de geolocalización.

- Cruce de estos puntos obtenidos de los geocodificadores con los edificios de la BTN25.

En este cruce hay definidos unos parámetros y prioridades en función del geocodificador utilizado, distancia de los puntos a los edificios, concurrencia de varios puntos, uso mayoritario del edificio (esto da robustez al proceso, por ejemplo, impide asignar de forma automática un ayuntamiento a un edificio de uso residencial), etc. Se obtiene un valor indicativo de la seguridad de asignar el servicio o la instalación al edificio y en función de este valor, se realiza una asignación automática o se envía a una lista de revisión para que un operador resuelva el conflicto. Actualmente, se están aplicando estos procesos para actualizar

ayuntamientos, hospitales y centros educativos universitarios y no universitarios de la BTN25.

Conclusiones

Las Bases de Datos Topográficas del IGN albergan información del territorio del Estado de forma continua, íntegra y consistente de manera que pueden ser utilizadas tanto para realizar cualquier tipo de análisis temático y espacial a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como para generar productos cartográficos o de ingeniería. No en vano, la BTN25 se distribuye en formatos ampliamente utilizados en el mundo de la Información Geográfica y la Ingeniería, como el SHP, DWG y KMZ. Las ventajas de la utilización de bases de datos para almacenar, gestionar y explotar la información geográfica son innumerables. Este hecho no es nuevo y se pone de manifiesto con los ejemplos que se han mostrado en este artículo, pero aún hoy, conviene remarcarlo por las confusiones que a veces se producen entre los términos cartografía, bases de datos con información geográfica y visualizadores de estos datos. Los elementos de la base de datos no son meras geometrías de dibujo, sino abstracciones de elementos del mundo real que pueden ser explotadas y expresadas por múltiples vías. Por ejem-

plo, cabe reseñar las posibilidades de generación de cartografía automática gracias a la versatilidad de poder explotar las relaciones espaciales entre elementos para explicitar (y automatizar) los criterios de selección, agregación, simplificación, desplazamiento, etc., que tradicionalmente ha aplicado el cartógrafo de manera tácita para conseguir una representación concreta y expresiva de la realidad. De esta forma se ha desarrollado el proceso de generación automática del Mapa Topográfico Nacional.

En cuanto a la utilización de fuentes de datos externas, se ha de destacar la disparidad existente en la forma de acceder a las mismas. Por ejemplo, en unos casos existen esas bases de datos con identificadores únicos, gestión de ciclo de vida y con acceso mediante protocolo estandarizado. Pero en otros casos lo que se proporcionan son visualizadores web que no permiten acceso automatizado; listados alfanuméricos de elementos, o mapas en formato imagen que solo se pueden explotar de forma visual. Así pues, se deben continuar realizando avances en todas las organizaciones para permitir una explotación más inteligente de la información y, en definitiva, seguir ahondando en la transformación digital. ■



Flujo general del proceso geolocalización.