Nueva Base Topográfica Nacional 1:100.000 (BTN100)

Ejemplo de producción colaborativa entre administraciones

MERINO MARTÍN, Jose Antonio; GULLÓN MUÑOZ-REPISO, Tania; RUIZ RAMÍREZ, Ángela del Carmen; SIERRA REQUENA, Rafael; SÁNCHEZ QUILIS, Francisco.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) firmaron el 25 de noviembre de 2010 un convenio de colaboración para la producción armonizada de una base topográfica común que permita la producción de las series cartográficas oficiales y otro productos digitales que ambas instituciones elaboran a escalas 1:100.000 e inferiores.

Por tanto, la Base Topográfica Nacional 1:100.000, BTN100, es la base común a ambas organizaciones. Se trata de un producto de datos geográficos que sirven como soporte para la realización de consultas geográficas, la implantación de servicios geográficos y la obtención de productos geográficos y cartográficos. Todo ello de acuerdo a la legislación vigente en materia de información geográfica.

El diseño del modelo de datos, su desarrollo, mantenimiento y explotación se ha hecho de acuerdo a las *Especificaciones de producto* desarrolladas al efecto (acordes a ISO 19131)

Por su parte, el *Desarrollo y Ejecución* del producto requirió de una serie de fases claramente diferenciadas; una primera de "Armonización de datos" (con su correspondiente adecuación y generalización al provenir los datos iniciales de distintas fuentes y escalas), la posterior "Actualización de datos" (acorde a la metodología desarrollada al efecto), la validación de las distintas unidades de producción (provincias) según el "Control de Calidad" (diseñado cumpliendo la norma ISO 19113) y finalmente la "Carga y transformación a un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD)" con la intención de generar un producto continuo en todo el territorio nacional que pudiera ser explotado y mantenido en un entorno de multiproducción.

En lo que se refiere al *Mantenimiento* de la BTN100, éste abarca desde el entorno necesario para una multiproducción, hasta la detección de los cambios a lo largo de la vida del producto, pasando por la gestión de incidencias o las copias de seguridad.

Finalmente se presenta el uso de la BTN100, mediante su *Explotación*. Dado el carácter multipropósito del producto, este va a ser explotado tanto para la producción de series cartográficas, como por visualizadores (Iberpix, IDE), o bien Sistemas de Información Geográfica (SIGNA) o Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEE). Asimismo los datos están disponibles a través del Centro de Descargas del CNIG (IGN).

PALABRAS CLAVE

BTN100, BCN200, SIG, IDEE, producción cartográfica, IGN, CEGET.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) firmaron el 25 de noviembre de 2010 el convenio de colaboración para el desarrollo y mantenimiento común de una base topográfica que permitiera la producción armonizada de las series cartográficas oficiales que ambas instituciones elaboran a escalas 1:100.000 e inferiores.

Esta nueva base, la Base Topográfica Nacional a escala 1:100.000, BTN100, ha supuesto un nuevo e importante hito en la tradicional colaboración entre el IGN y el CEGET, y un magnífico ejemplo de la aplicación de la Directiva Europea INSPIRE (transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante la Ley 14/2010, LISIGE) y del vigente Sistema Cartográfico Nacional que, desde su aprobación en 2007, establece un marco de colaboración entre las administraciones públicas para la generación de productos y servicios de información geográfica.

La BTN100 es un producto de datos geográficos que sirve de soporte para un sistema de información geográfica (SIG) multipropósito, y alberga información geográfica y temática a escala 1:100.000. Es decir, contiene datos topográficos y atributos temáticos que sirven como soporte para la realización de consultas geográficas, la implantación de servicios geográficos y la obtención de productos geográficos y cartográficos.

Se trata de una base de datos geográfica continua a una escala 1:100.000. (resolución = 20m) cuya información se encuentra almacenada en coordenadas geográficas. Su Sistema Geodésico de Referencia (SGR) es el ETRS89. Integra de información geográfica de diversas fuentes oficiales.

A partir de la BTN100, mediante tareas de generalización y de detección y resolución de conflictos cartográficos se está obteniendo la Nueva Base Cartográfica Nacional 1:200.000 (BCN200) de utilidad esencialmente cartográfica, que permita obtener productos cartográficos derivados de forma semiautomática.

La BTN100 constituye el origen de productos de cartografía digital e impresa como la Serie C del CEGET, y de otras bases de datos de escalas menores como la Base Cartográfica Nacional 1:200.000 (BCN200) y, a través de ésta, la serie del Mapa Provincial 1:200.000 y Mapa Autonómico (1:300.000-1:400.000) del IGN, y la serie OTAN 1501 del CEGET (1:250.000).

También permite proporcionar servicios de análisis del territorio a través del Sistema de Información Geográfica Nacional (SIGNA) que gestiona el Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG (IGN).

Asimismo constituye información de base de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), y satisface los requerimientos para constituir el soporte de planes de infraestructuras y para facilitar la información geográfica que sobre España se requiere en diversos proyectos y organismos europeos como EuroRegionalMap -ERM- y EuroGlobalMap -EGM-.

ANTECEDENTES

A lo largo de su historia, tanto el IGN como el CEGET han venido desarrollando sus respectivas series cartográficas a distintas escalas:

El CEGET publica la serie L (escala 1:50.000), Serie C (1:100.000), Serie OTAN 1501 (1:250.000), Serie OTAN 1404 (1:500.000), el Mapa de España 1:1.000.000 y 1:1.500.000, así como diferentes series de “Campos de maniobra y tiro” y “Zonas de operaciones” a distintas escalas.

Por su parte el IGN produce sus series Mapa Topográfico Nacional MTN25 (1:25.000), Mapa Topográfico Nacional MTN50 (1:50.000), Mapa provincial MP200 (1:200.000), Mapa Autonómico (1:300.000-1:400.000), el Mapa de España ME500 (1:500.000) y el Mapa de Península Ibérica, Baleares y Canarias a 1:1.250.000.

Del estudio de las diferentes escalas con las que ambas instituciones trabajaban, se desprende, que en el caso del IGN existía un salto significativo entre la escala 1:50.000 y la escalas 1:200.000. La escala 1:100.000 era una "asignatura pendiente" en sus más de 140 años de historia. Ese vacío queda en mayor evidencia una vez se ha generalizado el uso de los SIG e IDE ya que estos son capaces de mostrar en un mismo entorno tanto imágenes como series cartográficas rasterizadas en función del rango de visualización. Otro motivo importante fue la idoneidad de la propia escala en lo que se refiere a la viabilidad del proyecto de producción colaborativa en un periodo de tiempo a medio plazo (entre dos y tres años). Por todo ello IGN y CEGET definieron esa escala 1:100.000 como la escala básica del entorno colaborativo para la producción de SIG, IDE y cartografía impresa a escalas pequeñas.

A partir de esta premisa, y partiendo de los modelos de datos del CEGET (Serie C) y del IGN (antigua BCN200), se estableció un modelo de datos que permitiera realizar una actualización conjunta, mediante tecnología SIG, de los datos necesarios para ambas instituciones.

MARCO LEGAL

El ***Real decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional*** establece en su preámbulo que *"se ha determinado la necesidad de establecer un Sistema Cartográfico Nacional que, con respeto a lo dispuesto en la Ley y a la Sentencia 76/1984, de 29 de junio, del Tribunal Constitucional, suponga un* ***sistema racional y operativo, dentro de un marco de colaboración y eficiencia****, que favorezca el ejercicio de la actividad cartográfica, base común del desarrollo económico y social que propugnan todas las Administraciones públicas españolas para los ciudadanos y sus respectivos territorios."*

El mantenimiento y actualización colaborativos de la BTN100 ya figuran explícitamente en el proyecto de Plan Cartográfico Nacional 2013-16, actualmente en desarrollo, instrumento imprescindible precisamente para la aplicación del Sistema Cartográfico Nacional.

Por otro lado, el Parlamento Europeo y el Consejo aprobaron la ***Directiva 2007/2/CE, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire)*** que, conforme a su artículo 25, entró en vigor a los veinte días de su publicación, el 25 de abril de 2007, en el Diario Oficial de la Unión Europea. La Directiva fue transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante la ***LEY 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España*** que establece asimismo en su preámbulo "*promueve una mejor organización de los servicios públicos de información geográfica y cartografía, sobre los* ***principios básicos de cooperación entre Administraciones*** *y de coordinación en el ejercicio de sus respectivos cometidos en este ámbito, configurándose de esta manera el Sistema Cartográfico Nacional, que se instituye con carácter legal y sin que sea precisa la derogación total o parcial de la referida Ley de Ordenación de la Cartografía."*

Por tanto, la BTN100 ejemplifica plenamente con los principios de ***"sistema racional y operativo, dentro de un marco de colaboración y eficiencia"***, y de ***"principios básicos de cooperación entre Administraciones"*** que el actual marco legal establece.

ESPECIFICACIONES

Una vez fueron recogidos todos los requerimientos necesarios para satisfacer las necesidades tanto del CEGET como de IGN en todos los proyectos de su competencia, así como de otros órganos ajenos a estas instituciones como el Consejo Superior Geográfico (para dotar de información a la IDEE) se llevó a cabo al definición de las especificaciones del producto BTN100 de acuerdo a la normativa vigente al efecto, más concretamente acordes a la ISO 19131.

Nos centraremos en este artículo únicamente en aquellos apartados de las especificaciones con un contenido especialmente relevante para ser destacados. Otros, como el control de calidad, mantenimiento o distribución de los datos serán abordados más adelante al mostrar la aplicación práctica que se hizo o se está haciendo de las especificaciones en las fases sucesivas.

ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LOS DATOS

Modelo de aplicación

El modelo de aplicación, como define la norma *ISO19109: 2005 Información Geográfica – Reglas para modelos de aplicación*, define el contenido y la estructura de los datos de forma legible para la máquina (estructura lógica) y las operaciones para la manipulación y procesado de datos de una aplicación. Esto hace posible la aplicación de mecanismos automáticos para la gestión de los datos y la recuperación sin ambigüedad de la información de los datos.

Para la descripción de los atributos espaciales de los fenómenos de BTN100 se utiliza el modelo espacial descrito en la norma *ISO19137: 2007, Información Geográfica - Perfil esencial del esquema espacial*.

Para este modelo de aplicación se utilizan las primitivas geométricas GM_Point, GM_LineString, GM_Polygon así como la multiprimitiva GM_MultiSurface.

La definición del modelo de BTN100 implica la existencia de una tabla por tipo de fenómeno. Para cada una ellas existirán una serie de atributos que definen unívocamente los elementos y aportan la información temática. Dentro de cada una de estas tablas se encuentran los registros que se corresponden con los elementos de BTN100 que se definen como segmentos de fenómeno con atributos invariables.

Además de los fenómenos y sus atributos, en el modelo de aplicación se representan las reglas de consistencia geométrica entre fenómenos, y las reglas de consistencia semántica del conjunto de datos.

Por último, el modelo refleja también las listas de valores posibles de algunos atributos, con su codificación.

Catálogo de fenómenos

De acuerdo a la *ISO19110: 2005 Información Geográfica – Metodología para catálogo de fenómenos*, se desarrolló tanto el catálogo de fenómenos cómo el diccionario de datos que presentaban las descripciones a nivel de:

- Fenómenos
- Atributos
- Asociaciones entre fenómenos
- Listas restringidas de valores de atributos

En total se recogen 56 clases de fenómenos distintas recogidas en las siguientes 7 categorías acordes a uno o varios temas especificados en los anexos de INSPIRE-LISIGE:

- Delimitaciones territoriales y administrativas y lugares protegidos (Medio Ambiente)
- Datos altimétricos
- Hidrografía
- Ocupación del suelo
- Entidades de población y lugares protegidos (Patrimonio histórico-cultural)
- Instalaciones, redes e infraestructuras del transporte
- Infraestructuras y servicios
- Sistemas de referencia geodésicos

Mención especial requiere el denominado tema de *Nombres Geográficos* que encontramos en la BTN100 de forma transversal a lo largo de las diferentes categorías.

Las clases quedan definidas, como ya se ha comentado, a través de una serie de atributos que en su conjunto suman un total de 637. Algunos de ellos comunes a todas las clases (ID_BD, FECHA_ALTA, FECHA_BAJA, etc.) y otros específicos de cada clase. La mayoría de estos últimos son atributos que cuentan con listas controladas de valores (un total de 97).

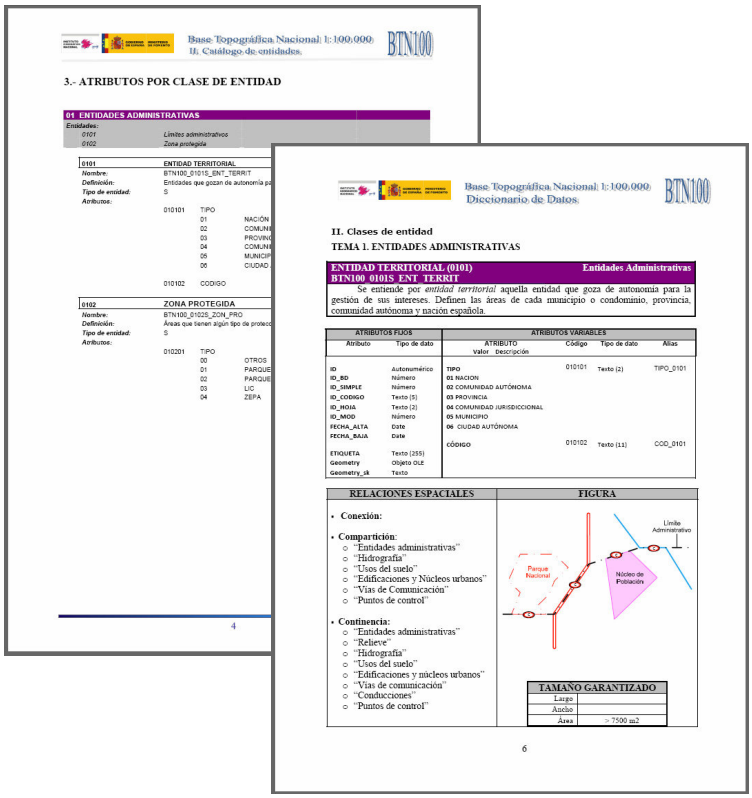

Figura 1: Ejemplo de Catálogo y Diccionario de datos.

Peculiaridades acerca de la estructura de los datos

Sin entrar a desgranar todas y cada una de las clases de fenómenos contenidas en la BTN100, merece la pena destacar la peculiaridad de alguna de ellas, ya que son las que mayor potencialidad pueden aportar al producto teniendo en cuenta que algunas de estas características se abordan por primera vez de forma continua para todo el territorio nacional.

De esta forma, los principales elementos hidrográficos (contenidos en las tablas BTN100_0301L_RIO y BTN100_0301S_RIO) presentan el atributo COD_RIO que se corresponde con el facilitado por el Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) desarrollado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Esto permite interoperar con multitud de SIG con fines cartográficos y da una idea de la vocación de cooperación interadministrativa, eficiencia y racionalidad que siempre se ha tenido en cuenta durante el desarrollo del proyecto. Y es que la propia definición de estos fenómenos en el modelo de datos implica una captura que permite la aplicación posterior de los datos tanto a fines puramente cartográfico (aguas físicas) como de SIG (red). El atributo COMPONENTE con sus posibles valores de EJE y CONEXIÓN permite dar continuidad a los elementos lineales en el interior de las masas de agua (ríos superficiales, embalses, etc.) y favorece así la posterior estructuración.

Por otro lado, todas las entidades de población (recogidas en las clases de fenómenos BTN100_0501S_NUC_POB, BTN100_0501P_NUC_POB, BTN100_0502S_DISEMINADO, BTN100_0502P_DISEMINADO) presentan el atributo CODIGO_INE que se corresponde, evidentemente, con el código facilitado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) para identificar las entidades de población que recoge en su nomenclátor. De esta forma existirá, cuando las dimensiones a la escala de resolución lo permitan, una geometría superficial (el restos serán puntuales) para cada núcleo de población o diseminado que así ha sido considerado por el INE.

En lo que se refiere a los bienes inmuebles protegidos del patrimonio histórico-cultural (edificios religiosos, singulares, conjuntos históricos-artísticos, etc.), la BTN100 da cabida a la inmensa mayoría de ellos y les asigna un atributo denominado COD_BIC que se corresponde con el reflejado en la Base de Datos de Bienes Inmuebles del Registro General de Bienes de Interés Cultural del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MCU). Existirá por tanto una ubicación geográfica puntual de estos bienes que hasta ahora no habían sido abordados de forma global para todo el territorio nacional.

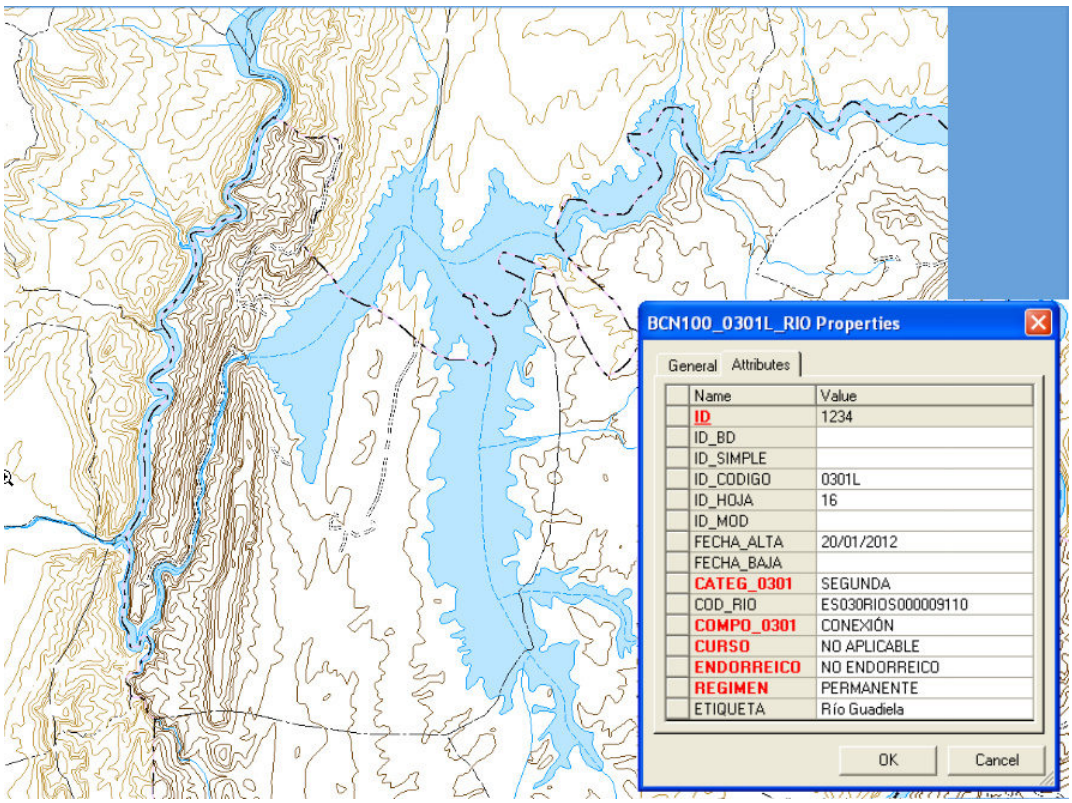

Figura 2: Hidrografía en la BTN100.

Por último destacar el tratamiento relativo a las distintas infraestructuras relacionadas con los medios de transporte (aeropuertos, puertos, estaciones de ferrocarril, etc.) que han sido pensadas de forma que estas, independientemente de su tamaño (y su posible captura o no de forma superficial acorde a la resolución establecida) siempre se capturarán de forma puntual de forma que queden incluidas (en forma de nodos) junto a las vías de comunicación (arcos) en una red de transporte que sea explotada mediante tareas de obtención de rutas u otras aplicaciones SIG. Además, cada una de las distintas clases de fenómenos (BTN100_0611P_FFCC_EST, BTN100_0613P_PUERTO, BTN100_0615P_AEROPUERTO, etc.) contarán con una serie de atributos característicos: los códigos COD_ICAO, COD_IATA en el caso de los aeropuertos, UN_LOCODE en el caso de los puertos, COD_EST dado por ADIF en el caso de las estaciones de ferrocarril, así como la agencia o entidad competente (atributo COMPE) en todos los casos. Todos estos atributos permitirán una posterior interoperabilidad con otros SIG específicos en cada ámbito del transporte.

SISTEMA DE REFERENCIA

La información geográfica almacenada en la BTN100 se encuentra en el Sistema de Referencial Espacial *European Terrestrial Refernce System* - **ETRS89** (ITRF89 época 89,0). Por tanto, su elipsoide de referencia es el *Geodetic Reference System 1980* (**GRS80**).

Por su parte, el Sistema de Coordenadas asociado es el de **Coordenadas Geodésicas** (Longitud, Latitud).

CAPTURA DE LOS DATOS

Fuentes de información

Materializando los principios de la Directiva Inspire, la BTN100 ha incorporado contenidos monográficos de referencia mantenidos por diferentes unidades tanto dentro del IGN y CEGET como de otras instituciones externas. Las fuentes de información empleadas para el desarrollo y ejecución de la BTN100 se pueden clasificar en:

Básicas: Son las fuentes fundamentales que o bien facilitan su geometría (sin generalizar o actualizar) o sirven de soporte para que estas puedan ser capturadas o actualizadas. Fueron empleadas las siguientes fuentes básicas;

- Plan Nacional de Observación del Territorio, PNOT. (Coordinado por el IGN)
    - Ortoimágenes SPOT5 del Plan Nacional de Teledetección, PNT.
    - Ortofotos de máxima resolución del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, PNOA.
- SERIE L 1:50.000 (CEGET)
- SERIE C 1:100.000 (CEGET)
- Antigua BCN200 1:1000.000 y 1:200.000 (IGN)
- Base de Datos de Líneas Límite (SIGLIM)

Complementarias: Facilitan fundamentalmente información temática especializada. Entre otras se pueden destacar;

- Sistema Integrado de Inf. del Agua, SIA (MAGRAMA)
- Inventario de Presas y Embalses, SNCZI (MAGRAMA)
- Base de Datos Entidades de Población, BDEP (IGN)
- Bienes de Interés Cultural, BIC (MECD)
- Mapa Oficial de Carreteras, MOCI (MFOM)
- Red de Carreteras de C.A o Diputación
- Red de Ferrocarriles y Estaciones (ADIF)
- Aeropuertos de AENA (MFOM)
- Mapa Topográfica Nacional 25K, MTN25 (IGN)
- Mapa Provincial 200K, MP200 (IGN)
- Mapa de España 500K, ME500 (IGN)
- Nomenclátor Geográfico Mun. Ent. Pob., NGMEP (IGN)
- Nomenclátor Básico del INE (INE)
- Corine Land Cover, CLC (IGN)
- EuroRegionalMap, ERM (IGN)
- Espacios Naturales Protegidos, ENP (MAGRAMA)
- Servidor de datos Geodésicos, SERDAG (IGN)
- Amigos del Camino de Santiago
- Asociación Nacional de Balnearios
- LICS y ZEPAS (Red Natura 2000)
- Cartografía Red Eléctrica Española (REE)
- Catastro Minero (MINETUR)
- Código UN/LOCODE (ONU)
- Estaciones Invernales (ATUDEM)
- Estaciones de Servicio (MINETUR)
- Federación Española de Camping (FEDCAMP)

- Paradores Nacionales (IGN)
- Patrimonio Mundial (MCED)
- Plan de Catedrales (MECD)
- Puertos del Estado (MFOM)
- Red Española de Albergues Juveniles (REAJ)
- Red Transeuropea de Transporte (MFOM)
- Refugios de Montaña (FEDME)
- SITGA (XdG)
- Nomenclátor Gallego (XdG)

Todas las fuentes de información fueron gestionadas a través del Servidor de Información Geográfica de Referencia (SEIG) del Área de Cartografía del IGN. Se trata de un servidor de información geográfica interno para producción. Está estructurado de acuerdo a;

- *Catálogo*: Donde se pueden realizar búsquedas y se presentan tanto las características fundamentales (descripción, SGR, resolución, etc.) de la fuente como los parámetros de conexión o acceso a la información
- *Conexión*: Desde donde pueden realizarse conexiones vía SGBD.
- *Directorio*: En el que se accede directamente a la información en el formato facilitado por el organismo competente; SHO, MDB, etc.

Procesos de producción

Con el fin de homogeneizar las capturas y armonizaciones de los datos se establecieron una serie de *parámetros comunes* para la captura de todos los elementos, independientemente del fenómeno que representaran;

- Escala de visualización: 1:25.000 a 1:50.000
- Unidad de captura: segmento de fenómeno con atributos invariables
- Existencia:
  - Longitud mínima: 20m
  - Superficie mínima: 7500m^2
- Exactitud posicional: 20m
- Trazado:
  - Distancia mínima entre dos vértices consecutivos: 12m
  - Ángulo mínimo entre dos alineaciones consecutivas: 10º

Por otro lado, se redactaron una serie de fichas, una por clase de fenómeno, en la que se especificaba tanto las fuentes básicas y complementarias que se deberían emplear para ella, como las particularidades de captura específicas del fenómeno y de su relación con el resto de fenómenos, caso de que existieran relaciones topológicas. Ej.: *Las presas deben coincidir totalmente con el borde de embalse* o *Las presas deberán ir siempre comunicadas con alguna carretera o pista, y coincidir sus geometrías, o al menos estar conectadas.*

DESARROLLO Y EJECUCIÓN

La BTN100 ha sido obtenida de acuerdo a las normas, parámetros y fuentes establecidas que se han señalado previamente. Tanto la captura, como la actualización y la armonización de los elementos deben adecuarse a la resolución final acorde a la escala 1/100.000, ajustándose en todo momento al modelo de datos en lo relativo a geometrías, atributos y cantidad de información. Siempre debe primar el favorecer la homogeneidad, precisión y rapidez en la toma de datos.

La unidad de producción ha sido la provincia, si bien al final de esta fase de desarrollo y ejecución se han fusionado todas las provincias obteniendo la BTN100 continua para la totalidad del territorio nacional en cada una de sus clases de fenómenos.

El desarrollo y ejecución del proyecto ha requerido de tres fases fundamentales:

ARMONIZACIÓN

Teniendo en cuenta que se partía de una serie de fuentes básicas (Serie C, Serie L, antigua BCN200, etc.) que se encontraban tanto en diferentes formatos (algunas provenían de modelos estructurados acorde a los CAD, otros en SIG) como en distintas escalas (1:50.000, 1:100.000, etc.) era necesario proceder a una armonización tanto en la estructura de los datos (para que estuvieran todos acordes a la plantilla establecida según el modelo de datos de la BTN100) cómo en su resolución (1:100.000).

Por tanto, para poder usar esta información como datos de partida para su actualización ha sido necesario realizar tanto la adecuación de los datos, como la generalización de parte de ellos.

Adecuación

En primer lugar, fue necesario un **cambio de modelo** de cada conjunto de datos de partida al modelo de datos de la BTN100. Este se realizó con el módulo Schema Remodeler de GeoMedia. Básicamente consiste en un *mapeo* o en establecer las correspondencias entre los modelos de partida y el de la BTN100.

Además, en el caso de las series L y C del CEGET fue necesaria una **adecuación geométrica**. Hay que tener en cuenta que dichas series contienen su información almacenadas por hoja y fue necesario fusionar hojas y cortar con el límite de provincia para adoptarlas como datos de partida. Todo ello se llevó a cabo con herramientas de tratamiento de información geográfica (Extraction Tranformation and Load – ETL) tales como FME, que permiten recortar elementos, unir diferentes tramos, enganchar elementos en el vértice más cercano, etc.

Generalización

En los casos en los que se ha tomado información de partida a escala mayor que la escala de trabajo, ha sido necesario realizar una **generalización** de la información. Esta generalización se llevó a cabo tanto a nivel conceptual como geométrico. Es el caso, por ejemplo, de las curvas de nivel provenientes de la serie L del CEGET (a escala 1/50.000) donde en primer lugar se hizo una selección de las curvas cada 40m (generalización conceptual de acuerdo a las normas establecidas), y posteriormente se intersectaron con la hidrografía para finalmente simplificarlas y suavizarlas (generalización geométrica). Como control geométrico y topológico se comprobó que no quedasen puntos acotados fuera de curvado. Todo ello se llevó a cabo con el software FME.

Como resultado del proceso de armonización se obtuvieron diferentes bases de datos (almacenes MDB de GeoMedia Access Warehouse), una para cada provincia. Dichas bases de datos contienen los datos de partida para cada provincia con la estructura de datos del modelo la BTN100 y listos para proceder a su actualización.

ACTUALIZACIÓN

A partir de los datos ya armonizados se ha realizado una actualización de las geometrías de acuerdo a la imagen SPOT, a excepción de determinados fenómenos sobre todo puntuales (lugares de interés, etc.) en los que se empleó PNOA. Para la actualización de la información temática se emplearon las fuentes de captura asociadas a cada clase de entidad, teniendo en cuenta que la geometría debe ser acorde a la resolución 100.000 y que se deben de respetar las relaciones topológicas establecidas. Además, debe existir una coherencia en la captura de elementos para cada clase de entidad, teniendo en cuenta que aunque se trabaje por provincia, se debe dar la homogeneidad entre las diferentes provincias con vistas a una información geográfica continua y homogénea para toda España.

La metodología de actualización se ha ejecutado en tres fases:

La primera fase se ha realizado con ámbito de trabajo a nivel provincial y en ella se han actualizado los principales fenómenos que se estructuran en redes (red hidrográfica principal, red viaria principal, red de ferrocarriles y red de líneas eléctricas). Se han tenido en cuenta su existencia, su geometría a resolución adecuada, la continuidad de la red y su coherencia.

En una segunda fase se ha centrado el ámbito de trabajo a nivel municipal, ya que los principales fenómenos a actualizar en esta fase han sido las entidades de población, y el procesamiento y tratamiento de los datos provenientes de las fuentes que facilitaban su información temática (Nomenclátor Geográfico Municipios y Entidades de Población del IGN y Nomenclátor Básico del INE) así lo requerían. En esta misma fase se actualizaron así mismo la mayoría de fenómenos. Zonas de uso, lugares de interés, infraestructuras del transporte (aeropuertos, pistas de aterrizaje, puertos, estaciones de ferrocarril, puentes, pasos a nivel, presas, esclusas, etc.), otras vías de comunicación de orden inferior (pistas, calles, vías verdes, etc.) o el resto de infraestructuras (centrales eléctricas, depósitos de combustible, estaciones depuradoras, etc.) son algunas de ellas. Las relaciones topológicas deben ser comprobadas, respetando bien la conectividad bien la adyacencia entre las vías de comunicación y los núcleos de población, así como con zonas de uso, lugares de interés, infraestructuras, etc. Además se deben crear las calles que estructuren los núcleos de población.

En una tercera fase se ha procedido a la actualización de los fenómenos restantes, como los espacios naturales protegidos, los vértices geodésicos y estaciones GNSS y las denominadas "entidades virtuales". Estos últimos se corresponde con aquellos fenómenos que no pueden ser representados por una geometría, al no estar claramente delimitada. Es el caso de los accidentes marítimos y orográficos. Para estos casos más que una geometría representable lo que se captura será la base del topónimo (con un punto o una línea). Servirá de origen o base para el etiquetado, sin que la línea llegue nunca a representarse.

Como consecuencia de la fase de *Desarrollo y Ejecución*, se obtuvieron tantos almacenes en formato GeoMedia Access Warehouse como provincias. Con información adecuada al modelo de datos y actualizada.

CONTROL DE CALIDAD

Para asegurar la calidad de la base de datos geoespacial respecto a los requerimientos técnicos se ha implementado un proceso exahustivo de control de calidad, en el que se tomó especial interés en establecer una uniformidad a la hora de reportar errores.

En el año 2009 se publicó la norma ISO 19113 que establece los principios a considerar para la descripción de la calidad de los datos geográficos. La metodología del control de calidad de la BTN100 se ha establecido estructurada según dicha norma y buscando una automatización que permitiera una homogeneidad y un rigor en la validación de los datos.

La metodología aplicada en este proyecto comprende un **control de calidad a priori** impuesto por el diseño del modelo, así como un exhaustivo **control de calidad a posteriori** estructurado según los distintos elementos de la calidad descritos en la norma ISO 19113: compleción, consistencia lógica, exactitud posicional y exactitud temática. Este control a posteriori se ha automatizado, utilizando el software de GeoMedia Professional y Fussion, que integra las fuentes externas utilizadas en la captura de información, de manera que se comparan dichas fuentes con el producto final mediante consultas SIG y se detectan errores de la forma más automatizada posible.

Control de calidad a priori

El control de calidad semántico a priori hace referencia a las restricciones que se imponen en el modelo de datos para que tablas, atributos y valores se adecuen al mismo y cumplan las condiciones de calidad definidas en las especificaciones técnicas de la BTN100. Se han establecido diez tipos de controles semánticos a priori. Los más importantes son la restricción de entidades, atributos y dominios mediante tablas complementarias, listas desplegables y relaciones entre tablas con integridad referencial. Por otro lado se restringen las combinaciones de valores de los atributos, se establecen permisos de usuario que limiten el acceso a la edición de datos según el perfil, se automatizan determinados atributos (P.ej. FECHA_ALTA, ID_CODIGO, etc.), se emplean valores por defecto en la medida de lo posible y se controla e impide la existencia de campos vacíos.

El control de calidad geométrico a priori hace referencia a la adecuación de la geometría al modelo según las especificaciones técnicas definidas mediante controles previos a la captura. Algunos de

estos controles son el uso de geometrías simples en vez de compuestas, el establecimiento de parámetros restrictivos para la captura de elementos lineales en modo continuo (distancia mínima entre nodos consecutivos y flecha mínima), la creación de librerías de estilos para controlar la geometría según grosores y la restricción del rango de visualización de las imágenes a digitalizar para controlar la adecuación a la escala de representación.

Todos estos controles geométricos y semánticos a priori permiten mejorar la calidad de la BTN100 de una forma semiautomatizada, garantizando por adelantado el cumplimiento de las especificaciones técnicas y al mismo tiempo disminuyendo el control de calidad a posteriori.

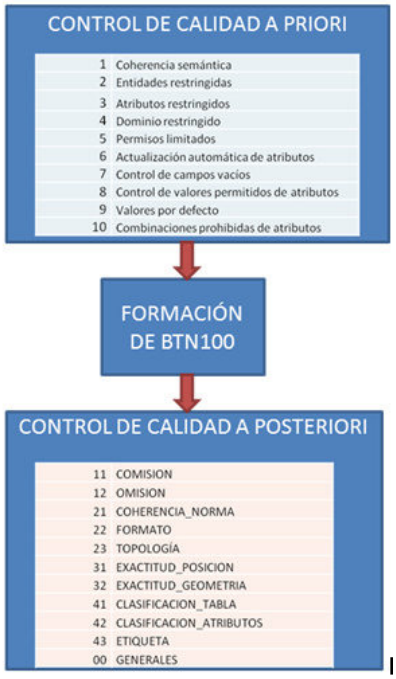

Figura 3. Procesos de control de calidad seguido en la BTN100

Control de calidad a posteriori

El control de calidad a posteriori es el que garantiza que la BTN100 cumple con las especificaciones técnicas del proyecto. Para la revisión de errores se ha diseñado un espacio de trabajo en GeoMedia Professional en el que se integra la BTN100 con las fuentes externas utilizadas en la captura de datos. Mediante consultas SIG se han automatizado un gran número de controles, de forma que el revisor simplemente tendrá que pasar el resultado de esos controles directamente a la base de datos de errores. Hay controles que detectan elementos erróneos que no son tales (falsos positivos). Estos controles los categorizamos como “Revisables” ya que es necesaria la revisión individualizada de la consulta para evitar marcar errores que no existen.

Para cada clase de entidad de la base de datos se han diseñado controles que garanticen cada uno de los aspectos que define el Pliego de Prescripciones Técnicas para esa clase de entidad. Algunos de estos controles están basados en la comparación de la clase de entidad en cuestión con las fuentes auxiliares utilizadas en su captura y actualización. Por ejemplo, se comprobará que los códigos INE de los núcleos de población de la BTN100 se corresponden con los códigos que indica el INE (Instituto Nacional de Estadística) y que el nombre de las poblaciones es coincidente en BTN100 con el nombre establecido en el Nomenclátor Geográfico Nacional y Toponimia Oficial. Otros controles simplemente se basan en las reglas semánticas del modelo, es decir, en las relaciones entre cada elemento con los demás. Por ejemplo, existe una regla por la que todo embalse deba ser adyacente a una presa.

Utilizando consultas SIG es posible, por ejemplo, detectar de forma automática en cada municipio los núcleos de población que faltan o sobran (omisión-comisión), los que tienen mal el código INE (Figura 4), aquellos en los que el código INE no se corresponde con el nombre, errores de posición, etc. Así se garantiza de una forma rápida que la BTN100 cumple con unos criterios mínimos de calidad.

Figura 4. Detección de error en el CODIGO_INE

Las consultas establecidas para el control de calidad han sido divididas por temas y están numeradas utilizando el ID_CODIGO de la clase de entidad, el tipo de error (que se define en el siguiente apartado) y el número de consulta, ya que a veces se encadenan consultas para llegar a una consulta final que detectará el error. Las consultas que dan el error final acaban todas en 99, de forma que sea fácil extraer las consultas finales que coinciden con los subelementos de calidad para cada clase de entidad.

Como resultado final de las operaciones de control de calidad se genera una base de datos con una única clase de entidad de geometría compuesta en la que cada elemento representa un error encontrado. Estos errores identifican el elemento al que se refieren de forma unívoca mediante el ID_CODIGO y el ID del elemento original. Y al mismo tiempo muestran el tipo de error y una descripción del error que permite precisar el tipo de error. Es decir, si el error es de clasificación de atributos, en la descripción del error se detalla qué atributo es el que presenta el error y cuál sería el valor correcto para el mismo.

Diseño normalizado de los controles

Para el diseño de los procesos de control de calidad a posteriori se ha tenido en cuenta la normativa existente. La norma internacional ISO 19113 establece los principios para describir la calidad de los datos geográficos y especifica los componentes de información de calidad para la presentación de informes. También proporciona un enfoque de la organización de la información sobre la calidad de los datos.

Según esta norma se pueden diferenciar 4 elementos de la calidad: compleción, consistencia lógica, exactitud posicional y exactitud temática. De estos se han seleccionado para este proyecto los subelementos que se detallan en la Figura 5 ya que describen el grado de adecuación del conjunto de datos a los criterios establecidos en la especificación del producto BTN100.

El sistema de control de calidad a posteriori para la BTN100 se ha diseñado adaptando los elementos que propone la ISO 19113 al proyecto. Así, se estructuran 11 tipos de error. Es decir, al detectar un error, el atributo TIPO_ERROR puede contener los valores que se muestran en la columna de la derecha figura.

Figura 5. Cuadro comparativo entre normativa ISO 19113 y controles de BTN100

El último tipo de error llamado "errores generales" se usa para identificar errores que se cometen en más del 80% de los elementos de una clase de entidad y que, por ser genéricos, no se pueden clasificar en ninguno de los tipos anteriores. La comisión de este tipo de errores en muchos casos supondrá directamente la no aceptación de esos datos. Se consideran errores críticos que deben ser subsanados en el 100% de los casos.

Según estos 11 tipos de error se han diseñado unos procedimientos de control para evaluar la calidad de los datos y para difundir los resultados. Se ha automatizado el proceso lo máximo posible pero dependiendo del tipo de error hay revisiones de errores visuales, semiautomáticos y automáticos.

Según el control que se trate será necesario verificar la calidad con la propia base de datos o con fuentes externas en algunos casos. La disponibilidad de fuentes externas en formato vectorial permite hacer consultas de atributos, espaciales y mixtas, y automatizar la detección de errores. Esta automatización permitirá un ahorro considerable de tiempo de revisión y validación de datos.

Reporte de errores normalizado

Después de pasar el control de calidad se genera un MDB con una tabla de errores. Esta tabla es una tabla de GeoMedia con geometría y atributos. Tiene geometría compuesta. Además del campo de geometría tiene 6 atributos: ID_ERROR, ID, ID_CODIGO, TIPO_ERROR, DESCRIPCION_ERROR y COMENTARIOS.

- ID_ERROR: Autonumérico. Clave primaria de la tabla.
- ID: Se corresponde con el ID del elemento que presenta el error.
- ID_CODIGO: Se corresponde con la tabla del elemento que presenta el error.
- TIPO_ERROR: Tipo de error.
- DESCRIPCION_ERROR: descripción detallada y normalizada del error.
- COMENTARIOS: comentarios si son imprescindibles

VALIDACIÓN Y CARGA

Como ya hemos venido comentando, la BTN100 es una base topográfica continua y homogénea para todo el territorio nacional. Dado que la unidad de producción ha sido la provincia, se hacía necesario un proceso de fusión de todas las provincias en una única base de datos. Esta fase se llevó a cabo en una serie de tareas claramente diferenciadas.

Volcado

Se procedió al volcado de la totalidad de las 50 provincias y dos ciudades autónomas que se encontraban en bases de datos individuales sobre base de datos con plantilla acorde al modelo de datos BTN100 y las restricciones establecidas en el control de calidad. Se llevó a cabo con el software FME, y se obtuvo el almacén de Geomedia Access Warehouse (MDB) BTN100_España.

Generación de "elementos únicos"

Dado que la unidad de producción fue la provincia, todos los fenómenos que posean alguna relación espacial de pertenencia (total o parcial), adyacencia o conexión con el límite provincia van a requerir de una edición, dado que en la base de datos la BTN100_España encontraremos fenómenos repetidos (aquellos que eran coincidentes con un límite fueron capturados en ambas provincias) y segmentos de fenómenos con atributos iguales (algo contrario al modelo) como consecuencia que se encontraban a ambos lados del límite. Un ejemplo para el primero de los casos sería el de un río coincidente con el límite, y para el segundo caso un embalse. Por tanto, será necesario eliminar uno de los elementos (caso de los ríos repetidos), o fusionar (mergear) los segmentos con atributos similares (caso de los embalses). Este último sería también el mismo caso de las vías de comunicación, elementos hidrográficos, y en general cualquier fenómeno con representación lineal que se cortaba al llegar al límite de provincia y que una vez volcado a un único almacén carece de sentido el estar segmentado, puesto que el cambio de provincia no implica cambio en ninguna de los atributos temáticos. Estas operaciones se llevaron a cabo mediante FME.

Transformación a SGBD

Obtenida ya la base topográfica final única, homogénea y continua, habiendo sido actualizada y validada sólo era necesario ponerla en situación para su mantenimiento y explotación. Puesto que hasta este punto primaba la producción el formato que se había mantenido era el del almacén de GeoMedia Access Warehouse (MDB) que se consideraba más adecuado para el intercambio continuo de información en las distintas fases que se habían venido desarrollando; *Armonización, Actualización, Control de Calidad…*

Sin embargo, las próximas fases de *Mantenimiento y Explotación* requieren de una adecuado Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) que optimice su funcionamiento. Los objetivos fundamentales que se buscaban con este cambio fueron:

- Gestión y mantenimiento conjunto: multiproducción
- Mejorar el rendimiento
- Asegurar la coherencia de los datos;
    - Con restricciones de atributos y valores
    - Con combinaciones de atributos no permitidas
- Estandarización
- Validación geométrica
- Integridad de los datos
- Independencia del software

En base a estos objetivos, se decidió optar por el SGBD de PostGreSQL y su extensión espacial PostGIS.

MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento de la base datos se utilizan procesos que agilizan el acceso a los datos almacenados así como la realización de copias de seguridad de los mismos.

En el mantenimiento de la base de datos se realizan operaciones de indexación de datos espaciales así como para la gestión de la memoria de almacenamiento física de los datos. Esto nos permite poder acceder a los datos espaciales con mayor agilidad.

Entre las distintas facetas del mantenimiento de la BTN100 tendremos:

ENTORNO MULTIPRODUCCIÓN.

El SGBD de PostgreSQL junto a su extensión espacial PostGIS permite almacenar los datos y gestionar todas las operaciones que realizan los usuarios en la BTN100.

Una de las ventajas que proporciona este sistema es el acceso de los datos espaciales a diferentes usuarios y poder ver los cambios realizados en los datos en tiempo real. Por tanto los usuarios trabajan en un mismo entorno y acceden o modifican los mismos datos almacenados. Esto nos permite trabajar con unos datos continuos de toda España y gestionarlos conjuntamente sin tener que dividir los datos en diferentes ficheros o particiones de producto.

Dentro de estas ventajas se encuentra la posibilidad de que diferentes perfiles de usuarios y diferentes departamentos trabajen con los mismos datos bien sea para su edición, análisis o consulta.

De esta forma, distintos proyectos o servicios del IGN, como SIGNA o BTN100-BCN200 trabajan directamente contra la misma base de datos.

Figura 6. Esquema de tareas de mantenimiento de la BTN100

GESTIÓN DE INCIDENCIAS.

El IGN cuenta con una aplicación de desarrollo propio que permite gestionar las distintas incidencias que desde los diferentes servicios y proyectos se van detectando en cualquiera de los productos que se producen en la institución.

La aplicación presenta dos perfiles de usuario: el de registro y el de consulta, en función de las credenciales dadas a cada usuario

El **registro** de incidencias requiere de parámetros tales como la localización (producto, unidad de producción, coordenadas), la descripción del error (categoría, tipificación del error, nuevas coordenadas propuestas) y posibles comentarios.

Por su parte, la **consulta** de incidencias permite mostrar las distintas incidencias almacenadas filtrándolas por producto, origen de la incidencia, o la unidad. Y en un filtro a parte, se pueden ver las incidencias resueltas, las no resueltas o la totalidad de ellas. El identificador (ID), el origen , la categoría, el tipo de incidencia, la fecha de alta, la fecha de baja o el producto son los atributos que podremos visualizar para de cada una de las incidencias listadas.

DEPURACIÓN

El entorno de producción en un SGBD nos permite aplicar unas reglas de consistencia a todo el conjunto de datos. Esto significa que la calidad de los datos viene asegurada por la BD mediante diferentes restricciones en atributos y valores de los datos. De esta forma se asegura la calidad semántica del producto en tiempo de ejecución sin necesidad de realizar tareas de análisis y depuración en postproceso.

COPIAS DE SEGURIDAD

Las copias de seguridad automáticas (*backup*) se realizan mediante un script que se ejecuta todos los días (diario) durante el tiempo de menor actividad del servidor que es cuando nuestros usuarios no están accediendo a nuestros datos.

De todos estos *backup* se guarda a principio de cada mes (mensual) una copia que se utilizará como histórico. Además cada vez que se realice un cambio de modelo de datos (modificaciones) en la BD o se introduzcan nuevas tablas o procesos se realizará un backup de la BD para disponer de un histórico de cambios de la BD.

- *Backup* diario: guardan datos para revertir o detectar cambios o errores puntuales.
- *Backup* mensual: almacenamiento Histórico y detección de cambios
- *Backup* modificaciones: almacenamiento para cambios de modelo o procesos en BD.

DETECCIÓN DE CAMBIOS

Se dispone de un proceso de detección de cambios que permite utilizar *backup* anteriores para detectar cambios en intervalos de tiempos espaciados según las necesidades del análisis a realizar.

Por otro lado existen unas tablas de almacenamiento de cambios (versionado o histórico) automático donde se almacenan los registros de los datos en los que se producen cambios (inserción, modificación o eliminación) y que ayuda en tareas de control de la edición.

Todo ello permite la gestión tanto de modificaciones como de usuarios, fechas, horas, etc…

EXPLOTACIÓN

Dado el carácter multipropósito de la BTN100 las distintas posibilidades de explotación son muy variadas, desde la producción cartográfica en papel hasta servir de soporte de base para una Infraestructura de Datos Espaciales. Entre los distintos usos que ya se están rentabilizando o se está en puertas de ello destacamos los siguientes:

PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA

La Serie C del CEGET es un ejemplo de la aplicación práctica de la BTN100 como base para la producción de cartografía. Esta Serie C es la empleada por los helicópteros del Ejército de Tierra español en sus maniobras. Por ello se están publicando las hojas que comprenden las bases aéreas e inmediaciones de los helipuertos militares desde donde parten estos helicópteros. Hasta la fecha de publicación de este artículo se han publicado aproximadamente 20 hojas.

Partiendo de la BTN100, el Departamento de Cartografía del CEGET realiza una serie de operaciones de tratamiento de la información tales como el recorte de la hoja, la simbolización, inserción de la toponimia, etc. que permiten obtener el producto final.

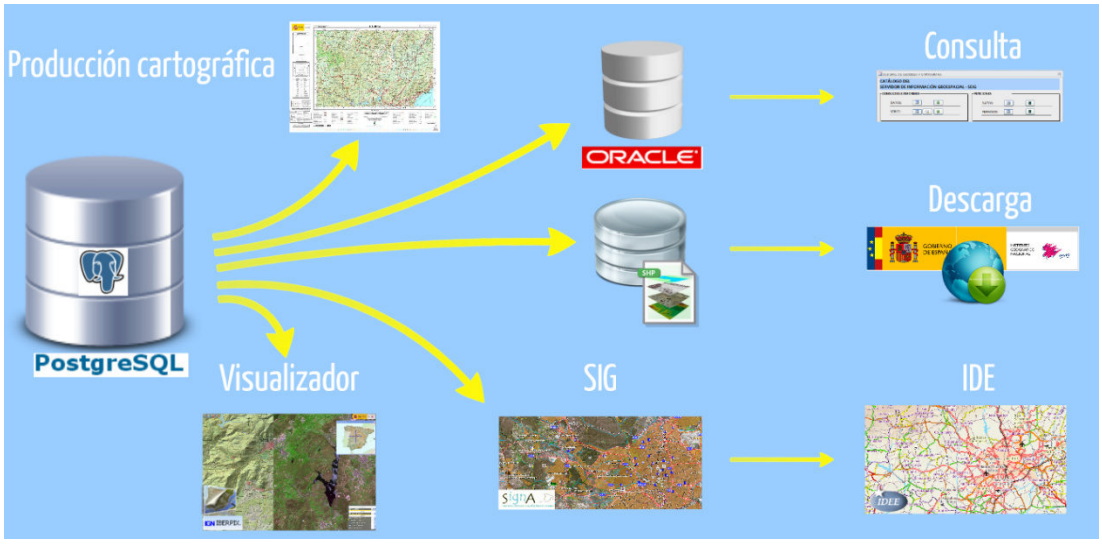

Figura 6. Esquema de explotación de la BTN100

CONSULTAS

La BTN100 puede ser consultada para uso interno dentro del IGN y el CNIG a través del ya anteriormente mencionado Servidor de Información Geográfica de Referencia (SEIG). Mediante su catálogo puede consultarse tanto los parámetros de conexión mediante SGBD de Oracle, como la ubicación para su descarga en formato SHP.

El mantenimiento de la BTN100 mediante SGBD de Oracle permite que el producto esté permanentemente mantenido en dos plataformas distintas, una en entorno abierto (la PostgreSQL para multiproducción) y otra en entorno propietario (la Oracle de consultas). Esto da una idea de la filosofía en lo que se refiere al mantenimiento de BTN100 para diversificar los entornos y no decantarse por ninguna línea de trabajo concreta que pudiera, llegado el caso y según las circunstancias (presupuestarias, de desarrollo, etc.), comprometer o poner en peligro la producción continua de la BTN100 a lo largo del tiempo.

DESCARGAS

Desde el pasado mes de Julio, la BTN100 está disponible en el Centro de Descargas del CNIG (www.ign.es). Se presenta en formato shapefile, continuo para toda España y también dividida por

provincias mostrándose la información por capas temáticas organizadas por categorías; Delimitaciones territoriales y administrativas, Datos altimétricos, Hidrografía, Ocupación del suelo, Entidades de población y lugares protegidos, Redes e infraestructuras del transporte, Servicios y Sistemas de referencia geodésicos

Como ya se comentó, el Sistema Geodésico de Referencia es el ETRS89 y las coordenadas son geográficas longitud y latitud (sin proyección cartográfica).

VISUALIZADOR

Dado el carácter de producto digital de datos geográficos, la BTN100 es fácil de implementar en distintos visualizadores de información geográfica. A día de hoy se están realizando los desarrollos necesarios para mostrar distintas capas de información de la BTN100 en dos visualizadores:

- Capa ráster y localización de lugares del interés en Iberpix, desarrollado por el IGN.
- Como mapa base (servicio WMS) del visualizador de la IDEE, del Consejo Superior Geográfico.

SIG

La BTN100 ha sido desde sus inicios diseñada para su posterior utilización en diferentes SIG. Ya ha día de hoy la BCN200 forma parte del SIGNA del IGN, y en las próximas fechas está prevista la incorporación de BTN100.

IDE

Además del mencionado mapa base de la IDEE, ésta también facilitará acceso a la BTN100 a través de su "Catálogo de datos y servicios" y su relación de "Centros de descarga". Está en estudio el desarrollo de un WFS con los datos de BTN100.

REFERENCIAS

[1] Norma ISO 19109. Geographic information - Rules for application schema, (2005)

[2] Norma ISO 19110. Geographic information - Methodology for feature cataloguing, (2005)

[3] Norma ISO 19113. Geographic information - Quality principles, (2002)

[4] Norma ISO 19131. Geographic information - Data product specifications, (2007)

[5] Norma ISO 19137. Geographic information - Core profile of the spatial schema, (2007)

[6] Ley de Infraestructuras y Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE), (2010)

[7] Directiva INSPIRE, (2010/02/CE)

[8] González, A., Rubio, J.M., Velasco, A., González, J.: Especificaciones del Producto CartoCiudad v 10.1 (2013), http://www.cartociudad.es/recursos/Documentacion_tecnica/CARTOCIUDAD_Especificaciones.pdf

AUTORES

Jose Antonio MERINO MARTÍN
jamerino@fomento.es
Instituto Geográfico Nacional
BTN100-BCN200

Tania GULLÓN MUÑOZ-REPISO
tgullon@fomento.es
Instituto Geográfico Nacional
BTN100-BCN200

Ángela del C. RUIZ RAMÍREZ
acruiz@fomento.es
Instituto Geográfico Nacional
BTN100-BCN200

Rafael SIERRA REQUENA
rsierra@fomento.es
Instituto Geográfico Nacional
BTN100-BCN200

Francisco SANCHEZ QUILIS
fsquilis@fomento.es
Instituto Geográfico Nacional
BTN100-BCN200