

# Redes

■ Texto: ALICIA GONZÁLEZ, CRISTINA CALVO, PABLO DE LA PRESA, RAQUEL FERNÁNDEZ; JORGE VICENTE, DANIEL ROLANIA, ÁNGEL EXPOSITO. Área de Mapa Topográfico Nacional y Red de Transportes. Subdirección General de Geodesia y Cartografía.



## Componentes de la calidad de los datos geográficos (ISO)

- **Completión:** presencia/ ausencia de fenómenos, sus atributos y relaciones.
- **Consistencia lógica:** adherencia a las reglas del modelo de datos, a los valores especificados con atributo, formato, corrección de las características topológicas codificadas explícitamente
- **Exactitud posicional**
- **Exactitud temática:** corrección de la clasificación, corrección de los atributos no cuantitativos y atributos cuantitativos.
- **Usabilidad:** cumplimiento de unos requisitos...

Aspectos que se revisan sobre el 100% de los elementos

- Formato y sistema de referencia
- Presencia de todos los elementos, con sus atributos correspondientes
- Atributos rellenados con valores permitidos
- Verificación de semántica y reglas cruzadas de atributos
- Integridad referencial entre tablas.
- Control geométrico (posiciones relativas entre objetos).
- Control topológico.



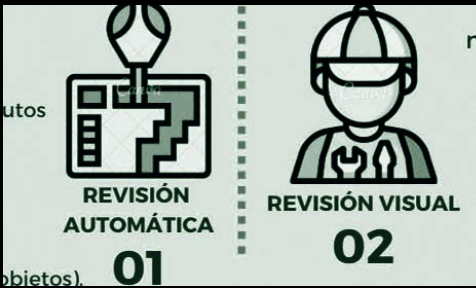
REVISIÓN AUTOMÁTICA 01



REVISIÓN VISUAL 02

Aspectos que muestra aleatoriamente

- Omisión de elementos
- Presencia de elementos inexistentes.
- Exactitud posicional (distancia entre seleccionados por ubicación sobre



Soporte espacial para los sistemas de información del Mitma

# La información geográfica de redes de transporte

**La Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte (IGR-RT) que integra el Instituto Geográfico Nacional (IGN) es un conjunto de datos georreferenciados relativos a las infraestructuras de los distintos modos de transportes, de acuerdo a un modelo de datos multimodal en continua evolución para adaptarse a los requisitos de un número de usuarios cada vez más numeroso. Las aportaciones de organismos, principalmente del ámbito del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Mitma), que gestionan estas infraestructuras, han permitido mejorar la calidad de los datos, posibilitando una colaboración bidireccional (los organismos proveedores de información comienzan a ser también usuarios de la IGR-RT) que ha cristalizado en diferentes casos de uso.**

## La información geográfica de referencia de redes de transporte

La Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte<sup>1</sup> (IGR-RT) que produce, en el ámbito de sus competencias, el IGN, se mantiene en colaboración con otros organismos públicos, y es una red tridimen-

1. Especificaciones del producto IGR-RT <http://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-redes-transporte>.

sional de cobertura nacional, definida y publicada de conformidad con la Directiva Inspire<sup>2</sup> (Infrastructure for Spatial Information in Europe), que contempla cinco modos de transporte: red viaria, raíl, vías navegables, aéreo y cable, y sus respectivas conexiones intermodales. Se trata de un conjunto de datos geográficos georreferen-

2. Directiva europea 2007/2/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:ES:PDF>)

ciado en el Sistema de Referencia Terrestre Europeo de 1989 (ETRS89, *European Terrestrial Reference System 1989*) y con las relaciones espaciales entre vectores (puntos, polilíneas y polígonos) conectados o adyacentes en un SIG asegurado para conformarse en forma de red (topología de red), lo que facilita su explotación y análisis según los requisitos del Mitma. Cada modo de transporte está caracterizado por múltiples atributos, y parte de la complejidad de su mantenimiento y actualización reside en la necesidad

de garantizar la coherencia de la información que incorpora (nomenclaturas, codificaciones, titularidades, etc.) con la facilitada por los titulares de las infraestructuras y otras fuentes de información oficiales (INE, DGT, Catastro, etc.).

## Origen

Las infraestructuras asociadas a los transportes son un importante elemento vertebrador del espacio, con un fuerte impacto en la vida de los ciudadanos y en las condiciones competitivas de las empresas, lo que les confiere un papel fundamental en las políticas de los organismos públicos con competencias en la organización económica y gestión del territorio. La implantación de redes de transporte produce cambios

directos sobre la morfología del territorio, y desencadena otras actividades que también contribuyen a su modificación. Por ello, las variaciones de las redes de transporte alertan sobre cambios (pasados o futuros) en otras componentes espaciales del territorio. Por ejemplo, el desarrollo de zonas residenciales o industriales cercanas a nuevas vías de comunicación, o el despoblamiento rural por falta de accesibilidad desde núcleos urbanos.

En el ámbito de las funciones que el Instituto Geográfico Nacional (IGN) tiene encomendadas para la representación topográfica de todo el territorio, las redes de transportes han sido tradicionalmente uno de los contenidos fundamentales, especialmente en su serie

cartográfica de mayor detalle: el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25).

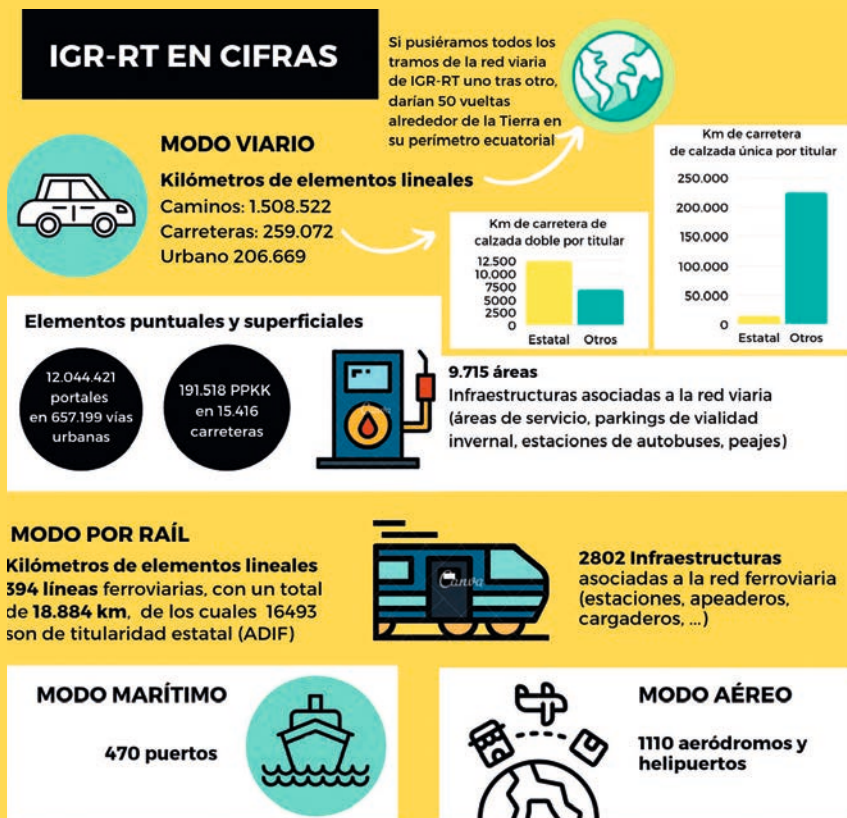
Inicialmente, las redes de transporte se capturaban para ser visualizadas en el MTN25. Conforme las tecnologías aplicadas a la producción cartográfica fueron evolucionando, los elementos recogidos en el MTN25 (tanto los relativos a transporte como los de otras temáticas) pasaron a actualizarse y mantenerse mediante bases de datos espaciales, que permitían no solo visualizar los datos sino también realizar análisis sobre ellos.

En la actualidad, el MTN25 se actualiza a partir de la información recogida en la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25). Los elementos de ésta que hacen referencia a la red de transportes se actualizan y gestionan en la base de datos de IGR-RT, de donde se nutren tanto la BTN25, como otros productos del IGN que precisan de esta temática.

## Marco legal

La Directiva Inspire tiene por objetivo el establecimiento de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) abiertos en el ámbito europeo, sobre la cual monitorizar las políticas de la Unión Europea. Esta IDE posibilita el acceso de los ciudadanos a multitud de datos producidos en el ámbito de administraciones públicas, fomentando así la reutilización de información geográfica para múltiples fines distintos del propósito original.

La Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España (Lisige), que incorpora la directiva Inspire al ordenamiento jurídico español, define la IGR como:



La Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte (IGR-RT) en cifras.

Abajo, componentes de la calidad de los datos geográficos (ISO-19157). A la derecha, representación de los datos de la IGR-RT disponibles a descarga.

### Componentes de la calidad de los datos geográficos (ISO-19157)



- **Compleción:** presencia/ ausencia de fenómenos, sus atributos y relaciones.
- **Consistencia lógica:** adherencia a las reglas del modelo de datos, a los valores especificados como válidos para cada atributo, formato, corrección de las características topológicas codificadas explícitamente
- **Exactitud posicional**
- **Exactitud temática:** corrección de la clasificación, corrección de los atributos no cuantitativos y exactitud de los atributos cuantitativos.
- **Usabilidad:** cumplimiento de unos requisitos...

Aspectos que se revisan sobre el 100% de los elementos

- Formato y sistema de referencia
- Presencia de todos los elementos, con sus atributos correspondientes
- Atributos rellenados con valores permitidos
- Verificación de semántica y reglas cruzadas de atributos
- Integridad referencial entre tablas
- Control geométrico (posiciones relativas entre objetos)
- Control topológico.



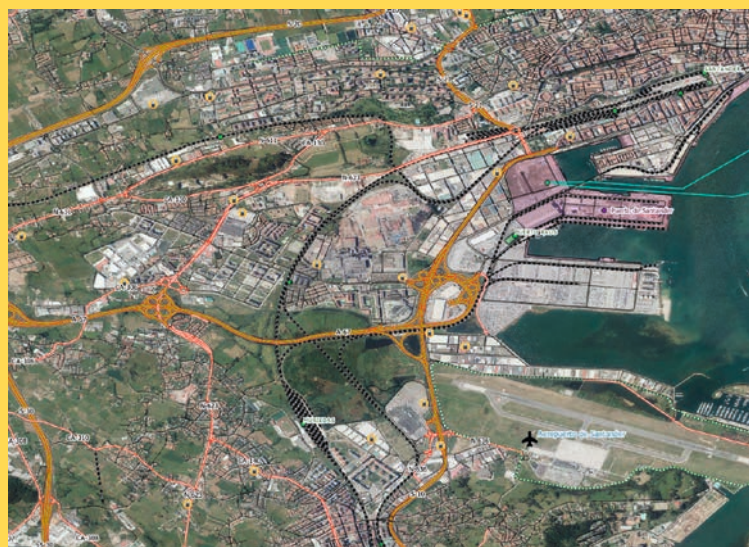
REVISIÓN AUTOMÁTICA  
01



REVISIÓN VISUAL  
02

Aspectos que se revisan sobre una muestra aleatoria y representativa de los elementos

- Omisión de elementos existentes
- Presencia de elementos que ya no existen.
- Exactitud posicional: se comprobará la distancia entre los puntos seleccionados por muestreo y su ubicación sobre ortofoto.



“Información geográfica necesaria para que cualquier usuario y aplicación pueda referenciar sus datos. Proporciona una localización precisa para la información, permite cruzar datos de distintas fuentes y sirve para interpretar datos situándolos en un ámbito geográfico.”

La Directivas Inspire y la Lisige establecían, entre otros aspectos, la obligatoriedad de poner a disposición del público los datos de una red de transportes continua y multimodal mediante diversos servicios web (descarga, visualización y localización) antes de noviembre de 2017. Para asegurar el cumplimiento de la Directiva, en 2014 el IGN llevó a cabo un cambio en la estrategia de producción de esta temática, que consistía en generar una base de datos que concentrase todos los esfuerzos de mantenimiento y actualización de la IGR-RT. Este conjunto de datos, con cobertura nacional y lo más actualizado y completo posible, en adelante sería la fuente de datos para otros productos del IGN que precisasen

incorporar información de esta temática.

En marzo de 2017 culminó la producción de la primera versión de la IGR-RT, a partir de la integración y armonización de productos existentes del IGN (fundamentalmente de la BTN25 y CartoCiudad) y de datos de otras fuentes oficiales.

### Actualización de datos y verificación de su calidad: un reto big data

El acceso a información geográfica *online* facilitada por empresas o por plataformas de información geográfica voluntaria (Google Maps, OpenStreetMap) ha contribuido a que la sociedad demande una frecuencia de actualización cada vez mayor, especialmente en temas que, como los medios de transporte, repercuten directamente en diversos ámbitos de interés general. Sin embargo, tanto la frecuencia de actualización

como los procesos de control de calidad de los datos de IGR-RT vienen condicionados por la gran diversidad de la información que contiene, el amplio ámbito territorial que cubre y la resolución a la que lo hace.

### Fuentes

La actualización de la IGR-RT se realiza fundamentalmente a partir de la integración de datos oficiales, facilitados por los titulares de las infraestructuras, completados con la ayuda de las imágenes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de máxima actualidad.

Para que dicha integración sea viable, es fundamental:

- Mantener la trazabilidad con las distintas versiones de datos facilitados por los organismos oficiales, para lo cual es necesario identificar los elementos del mismo modo en que lo hacen ellos (es decir, conservando el nombre oficial o código con el que cada organismo denomina a la infraestructura en cuestión).
- Desarrollar capacidades y metodologías que permitan

estar al tanto de las actualizaciones de los datos. La comunicación con los titulares de las infraestructuras es esencial; en este sentido, cabe destacar la comunicación bidireccional directa con la Dirección General de Carreteras del Mitma, que nos permite conocer de forma inmediata los cambios de la Red de Carreteras del Estado (RCE): cesiones, inauguraciones, etc. Otros organismos (comunidades autónomas, diputaciones, etc.) publican información puntual o periódicamente en sus páginas web; en este caso, es preciso rastrear esas publicaciones y descargar la información para trasladarla a la IGR-RT, adaptando la metodología de integración en función de los distintos formatos y estructura de los datos que se han de importar.

### Calidad

La calidad de los resultados de cualquier aplicación que utilice los datos de la IGR-RT depende en primera instancia de la calidad de estos últimos. La evaluación de la calidad de la IGR-RT se realiza con base en la norma ISO-19157, mediante procesos automáticos desarrollados con herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica), y revisiones visuales sobre muestras representativas de los elementos que componen la base de datos.

### Metodología de actualización

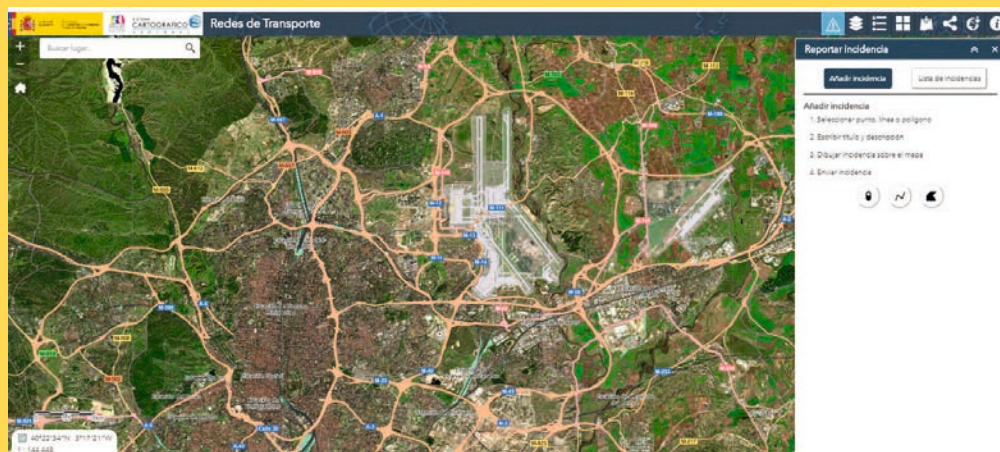
Desde la publicación de la primera versión de la IGR-RT en 2017, los trabajos de actualización se han centrado en la integración de los datos facilitados por los distintos organismos ofi-

ciales, en la actualización masiva de la IGR-RT a partir de esos datos y de las imágenes aéreas de PNOA, y en la incorporación de mecanismos que permitiesen lograr una trazabilidad con las distintas versiones de las fuentes de datos. Esta actualización se ha hecho por modos de transporte y por provincias, para todo el ámbito nacional. En algunos casos, como el de la Comunidad Valenciana y el del País Vasco, los organismos cartográficos autonómicos han asumido la actualización total o parcial de la IGR-RT en sus respectivos ámbitos territoriales. Una vez alcanzado un nivel que refleja con razonable completitud y exactitud la realidad de las infraestructuras existentes, se está trabajando en el desarrollo de metodologías que permitan agilizar la actualización de los datos, para que tanto la captura de los cambios asociados a infraestructuras como la puesta a disposición del público de los mismos sea mucho más rápida. Para ello, se encuentra ya en fase de pruebas un nuevo entorno de producción, la Base de Datos de Información Geoespacial (BDIG), que agrupa tanto

la información de transportes como la del resto de temáticas incluidas en la BTN25. Este entorno pretende, por un lado, realizar el seguimiento del flujo de trabajo que se desencadena cada vez que se comunica una incidencia que hace necesario un cambio en los datos; y por otro, facilitar la edición de los datos, para llevar a cabo los cambios necesarios y el control de calidad posterior en el menor tiempo posible.

Por otra parte, se están desarrollando técnicas de detección selectiva y automatizada de cambios, que, en su aplicación a los transportes, afecten a las infraestructuras físicas, ya sea a la geometría del elemento (por ejemplo, un puerto nuevo o un cambio de trazado) o a otras de sus características (por ejemplo, el cambio de una autopista de peaje a vía de acceso libre). Estas técnicas son principalmente tres:

- Implementación de procesos automáticos de comparación entre versiones de las fuentes de referencia y aplicación de las variaciones sobre los datos de la IGR-RT. Estos procesos se desarrollan



Visor de IGR-RT.

fundamentalmente respecto a fuentes oficiales (Catastro, INE, catálogos de carreteras, etc.), pero también respecto a otras fuentes relevantes por su completitud geométrica y grado de actualización (por ejemplo, plataformas como OpenStreetMap). En estos casos, no se incorporan los datos directamente, sino que se utilizan para detectar potenciales zonas de cambio que posteriormente se analizan respecto de las fuentes oficiales correspondientes.

- Bots: desarrollo de programas informáticos automáticos para tareas repetitivas, como por ejemplo el rastreo y estructuración de información en Internet, ejecutados sobre páginas web y redes sociales susceptibles de publicar información de referencia en materia de redes de transporte.
- *Deep learning*: basado en técnicas de inteligencia artificial, para la identificación automática de zonas de imágenes (ortofotos o satelitales) en las que aparezcan vías de comunicaciones (carreteras y caminos fundamentalmente).

## Difusión de los datos: acceso libre y gratuito

A medida que se realizan revisiones de subconjuntos de los datos (por ejemplo, la red viaria interurbana de una provincia o los portales de un municipio) y periódicamente (cada dos meses aproximadamente o antes si el volumen de cambios realizado es significativo), se publica la última versión de los datos para que esté disponible gratuitamente a través del Centro de Descargas del CNIG

(formato *shapefile*), junto con los metadatos que describen las últimas actualizaciones realizadas.

La información se distribuye por unidades territoriales (mediante ficheros que contienen la información de los cinco modos de transporte para cada provincia) y por modos de transporte (capas de cobertura nacional). En relación con este último formato de distribución hay que matizar que, dado el gran volumen de datos que supone la red viaria completa en todo el territorio, la capa viaria de cobertura nacional se limita a la red de carreteras y puntos kilométricos junto con sus infraestructuras asociadas. De manera complementaria, también se publica el Catálogo de Carreteras de la IGR-RT, generado y actualizado a partir de la información oficial que publican los distintos titulares de las vías y que, dentro del proyecto, es el elemento que garantiza la descripción alfanumérica (literal) oficial de las carreteras catalogadas.

Además, dado que la IGR-RT es conforme a la Directiva Inspire, los datos también son accesibles a través de servicios web de visualización WMS (incorporados también en el servicio tesselado de cartografía base del IGN) y de descarga WFS, donde se pueden realizar peticiones específicas a objetos geográficos concretos.

Por último, existe un visor específico a través del cual se puede consultar la información de la IGR-RT. En él se ha habilitado una funcionalidad que permite la comunicación directa con los usuarios que quieran notificar incidencias en los datos, señalando gráficamente la zona afectada e incorporando la in-

formación complementaria que consideren de interés.

## Aplicaciones de IGR-RT en casos de uso del MITMA

El Grupo Mitma es uno de los principales proveedores de datos de la IGR-RT, sobre todo en lo relativo a la Red de Interés General del Estado en todos los modos de transporte, y a las Redes Transeuropeas de Transporte.

Al mismo tiempo, la IGR-RT, por la forma en que aborda la información relativa a transportes (desde un punto de vista de red, intermodal, incorporando información de otros titulares de transportes y conservando los identificadores oficiales de las infraestructuras), genera información de interés para el Mitma. Así, a medida que la calidad de los datos ha ido mejorando, el Mitma ha pasado de ser proveedor de datos para la IGR-RT a ser también usuario de los mismos. Esta colaboración bidireccional e iterativa proveedor-usuario se ha materializado en diferentes casos de uso y ha redundado en una mejora de la calidad de los datos de las dos partes.

### Proyecto Hermes

Uno de los cometidos principales del Mitma es la propuesta y ejecución de las políticas del Gobierno en materia de infraestructuras de transporte terrestre, aéreo y marítimo de competencia estatal, con el fin de garantizar una movilidad justa y sostenible. Para todo ello, precisa nutrirse de la información reportada por las distintas unidades funcionales



**BIG DATA**  
Volumen de datos  
Velocidad de acceso a los datos y análisis  
Variedad de formatos



**REDUCCIÓN DE PLAZOS**  
Integración de información  
Control de calidad  
Puesta a disposición del público



**FOCO EN USUARIO**  
Valor añadido  
Usabilidad de los datos



A la izquierda, en azul, tramos de carretera disponibles en IGR-RT para una zona determinada; a la derecha, en rojo, generalización para Hermes.

Retos tecnológicos para la IGR-RT.

y organismos que forman parte del grupo.

En lo que se refiere a las redes de transporte, gran parte de esta información procede de bases de datos no espaciales, hojas de cálculo e informes que, por lo tanto, no está georreferenciada. En otros casos sí lo está, pero reside en sistemas de información descentralizados y no conectados entre sí. Por ello, el Mitma resolvió disponer de una plataforma tecnológica que permitiese la gestión conjunta de estos datos. Esta plataforma, denominada sistema Hermes en la iniciativa "Desarrollo de un Modelo Nacional de Transportes multimodal para viajeros y mercancías", dentro del Eje Estratégico 3 "Rutas Inteligentes" del Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2018-2020, busca dar soporte a un modelo de información corporativo

Desde el IGN se ha conseguido dotar de geometría lineal al Catálogo de Carreteras alfanúmerico que el Mitma publica anualmente

(Grupo Mitma), multimodal y transversal en relación con la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T), y en el marco de la Red de Transporte de Interés General de España (RIGE), que integre la información de manera completa, actualizada y accesible.

Hermes necesitaba una base geoespacial que sirviese de referencia geográfica a la información de los distintos modos de transporte y para ello se decidió utilizar la IGR-RT.

Tras evaluar la adecuación de los datos de la IGR-RT a las necesidades de Hermes, se llegó a la conclusión de que, mientras en los modos aéreo, marítimo y ferroviario no había dificultades para enlazar los datos suministrados por los distintos organismos a los datos geoespaciales de la IGR-RT, la red de carreteras requeriría un procesamiento previo de generalización para la adecuación de los datos a los requisitos definidos.

Esta generalización persiguió la obtención de un conjunto de geometrías sobre las que poder georreferenciar dinámicamente los parámetros y atributos que el Ministerio precisa para la gestión de información de las infraestructuras, mediante técnicas de segmentación dinámica. Para cumplir con los requisitos del Ministerio fue necesario simplificar el trazado, reduciéndolo a un eje por calzada y obteniendo geome-

trías lo más continuas posibles (únicamente interrumpidas en las intersecciones a nivel entre carreteras), así como desprover a las geometrías de los atributos que en la IGR-RT generan cortes e incrementan su segmentación.

El IGN comenzó a desarrollar los procesos que permitieran obtener una salida de datos conforme los requisitos de Hermes en 2018 y los aplicó sobre la IGR-RT para que esta fuera utilizada como el soporte espacial sobre el que georreferenciar los datos específicos de la Subdirección General de Planificación, Red Transeuropea y Logística.

Los datos proporcionados por los distintos departamentos de la Dirección General de Carreteras del Mitma (puntos kilométricos e información de enlaces y ramales, Inventario y Catálogo de la Red de Carreteras del Estado, y comunicaciones de cesiones entre titulares) han resultado de gran valor, facilitando el análisis de los datos de la Red de Carreteras del Estado (RCE) existentes en la IGR-RT y su posterior depuración.

Actualmente, existen varias líneas de colaboración con el objetivo de completar y mejorar en la medida de lo posible la componente espacial de los datos de la Dirección General de Carreteras a partir de las geometrías de la IGR-RT.

En concreto, se está colaborando con la Subdirección General de Explotación para que las próximas versiones del Mapa de Tráfico se generen empleando la IGR-RT como soporte espacial sobre el que referir los datos de tráfico, garantizando que las denominaciones y titularidades de las secciones de las carreteras se correspondan con los valores oficiales facilitados por dicha subdirección.

Durante el desarrollo de esta colaboración, desde el Instituto Geográfico Nacional se ha conseguido dotar de geometría lineal al Catálogo de Carreteras alfanumérico que el Mitma publica anualmente, avanzando así hacia el objetivo de que toda la información geoespacial que precise la Dirección General de Carreteras sea facilitada por la IGR-RT del IGN. Por último, más recientemente han comenzado a realizarse pruebas para dotar de geometría lineal a la información puntual de enlaces, ramales y rotondas que gestiona la Subdirección General de Conservación.

Con referencia a otras colaboraciones, además de estos trabajos, la aportación del IGN en materia de información geográfica vinculada a los datos de transportes se orienta hacia los nuevos objetivos del Mitma. Así, se contribuyó al documento inicial de propuestas de líneas de innovación en materia de movilidad inteligente que el Ministerio debe promover dentro de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada, eje 5: Movilidad inteligente y nuevas pautas de movilidad, y a través del grupo de trabajo interministerial para la coordinación de las acciones en materia de movilidad inteligente.

Igualmente, el IGN sigue con mucho detenimiento los avances que se realizan sobre el Vehículo Autónomo y Conectado (CAD), contribuyendo en la medida en que el Ministerio precisa, en el ámbito de los sistemas de posicionamiento en tiempo real a través de sus redes geodésicas, y en el de la cartografía para la provisión de datos geográficos, consciente de que la voluminosa información capturada por los múltiples sensores que conlleva esta tecnología podría emplearse para mejorar la calidad de los servicios y la cartografía del IGN y que, a su vez, el Ministerio utilizaría en otros muchos proyectos.

### Futuras líneas de trabajo. Nuevos retos tecnológicos

En la actualidad, el mayor reto al que se enfrenta la IGR-RT reside en la gestión de grandes conjuntos de datos (*Big Data*). Este reto hace referencia, en primer lugar, a la capacidad de absorber las numerosas fuentes de datos existentes (imágenes de satélite, información desestructurada procedente de redes sociales, catálogos y listados de datos desprovistos de componente geométrica, etc.) manteniendo los niveles de calidad definidos previamente, aplicando análisis que permitan una mejora continua de los datos y estableciendo criterios que, ante información contradictoria (por ejemplo, fuentes de datos que describan una misma vía urbana con dos nombres distintos), sean capaces de identificar el dato más fidedigno.

## El mayor reto al que se enfrenta la IGR-RT reside en la gestión de grandes conjuntos de datos (*Big Data*) para identificar el dato más fidedigno

Esta integración debe realizarse con la suficiente rapidez como para resultar útil a los usuarios y a las administraciones públicas. Dado el gran volumen y homogeneidad de datos que se manejan, para conseguirlo será fundamental:

- sustituir las formas de procesamiento tradicional por metodologías *Big Data*, que permitan así acelerar los análisis y consultas sobre bases de datos que (como en el caso de la IGR-RT) implican el acceso a millones de registros.
- prestar atención a los usuarios, para centrar los esfuerzos de actualización y adaptación del modelo de datos en función de los requisitos que más valor añadido puedan aportar para las aplicaciones de terceros y del propio IGN.

Finalmente, en los últimos años se ha visto la necesidad de almacenar información no solo alfanumérica y espacial, sino también de otros tipos (imágenes, documentos, etc.), que complete los datos tradicionales y contribuya a mejorar su calidad y facilitar su mantenimiento, así como a abrir el abanico de aplicaciones para las que pueda utilizarse. ■