

**Publicación de datos LiDAR
mediante servicios web estándar**

C. Soteres¹, A.F. Rodríguez¹, J. Martínez², J.C. Ojeda², E. Romero¹, P. Abad¹
A. Sánchez¹, C. González¹, M. Juanatey¹, C. Ruiz¹, V. Ramos¹, L. Hernández¹

¹ Centro Nacional de Información Geográfica

csoteres@fomento.es, afrodriguez@fomento.es, elromero@fomento.es,
pabad@fomento.es, asmaganto@fomento.es, gonzalezc@fomento.es,
mjuanatey@fomento.es, cruiz@fomento.es, vramos@fomento.es,
lhuiros@fomento.es

² Instituto Geográfico Nacional
imluceno@fomento.es, jcojeda@fomento.es

Resumen

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) dirige y coordina el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), un proyecto colaborativo y cofinanciado entre la Administración General del Estado y las distintas Comunidades Autónomas, cuyo objetivo es obtener una cobertura completa de ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 y 50 cm por píxel, así como Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) de alta precisión de todo el territorio español, con un período de actualización de 2 a 3 años, según las zonas. El producto final es de propiedad compartida entre el IGN y las CC. AA.

Este planteamiento de producción descentralizada y cooperativa entre las distintas administraciones es acorde con el espíritu de la directiva europea INSPIRE para el establecimiento de una infraestructura de datos geográficos en Europa, cuya intención es que la información geográfica se capture una sola vez, que se mantenga donde sea más efectivo y que se comparta abiertamente entre los distintos actores que tengan necesidad de ella.

Las ortofotografías del PNOA se publican en Internet como servicio WMS (*Web Map Service*) desde el año 2008. Se trata de uno de los servicios web del IGN con más demanda y recibe al mes más de 25 millones de peticiones.

Desde el año 2009 el proyecto PNOA incluye la adquisición de datos LiDAR, con una densidad de medio punto por metro cuadrado, a partir de los cuales se está calculando una nueva versión de los MDE con paso de malla de 5 m que sustituye a la obtenida por correlación.

Recientemente el IGN ha iniciado una línea de trabajo para poner en producción un servicio web estándar y una serie de aplicaciones que permiten la visualización y el análisis de parte de esos datos LiDAR a través de Internet. Está previsto que en una primera fase se publiquen los datos LiDAR correspondientes al 40% del territorio nacional.



En concreto, se trata de un servicio web estándar de visualización de mapas, conforme a la especificación WMS de OGC, que muestra la nube original de puntos LiDAR según diferentes estilos en función de su altura, su intensidad o de acuerdo a una clasificación predefinida por la “*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) [1]*” (suelo, vegetación baja, media o alta, edificios, ruido...). Este servicio también permite consultar la información asociada a cada punto (altura elipsoidal, intensidad, número de retorno, número de pasada, clasificación, tiempo GPS, etc.) a través de la operación *GetFeatureInfo*.

Por otro lado, el servicio permite el análisis de los datos LiDAR a través de una aplicación en línea, que calcula perfiles o secciones entre dos puntos dados, para que el usuario pueda efectuar mediciones, y además incorpora la posibilidad de visualizar en tres dimensiones la nube de puntos LiDAR.

En esta comunicación se presentan las características de este nuevo servicio, que representa una interesante línea de trabajo, basada en la publicación libre y abierta de la cobertura de datos LiDAR del PNOA capturados hasta la fecha, mediante servicios web estándar, ofreciendo una descripción rica y detallada del territorio español para toda clase de usuarios y aplicaciones.

Palabras clave: LiDAR, MDE, servicio de visualización, WMS, PNOA.

1 Introducción

El Instituto Geográfico Nacional (IGN), como Dirección General del Ministerio de Fomento tiene encomendadas, entre otras funciones [2] *la dirección y el desarrollo de planes nacionales de observación del territorio con aplicación geográfica y cartográfica, así como el aprovechamiento de sistemas de fotogrametría y teledetección, y la producción, actualización y explotación de modelos digitales del terreno a partir de imágenes aeroespaciales.*

Para poder dar cumplimiento a sus competencias, el IGN promovió la creación del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) que se estructura en 3 Planes Nacionales: el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), el Plan Nacional de Teledetección (PNT) y el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE).

2 Proyecto PNOA

El proyecto PNOA, en el que están involucrados tanto la Administración General del Estado (AGE) como las Comunidades Autónomas (CCAA), se inicia en el año 2004 con el objetivo de coordinar la captura de imágenes aéreas del territorio español, que hasta ese momento se realizaba de forma aislada por diversos Ministerios y prácticamente todas las CCAA, con la consiguiente duplicidad de esfuerzos y costes que eso suponía.

Por tanto, el modelo de producción que plantea el PNOA, descentralizada y cooperativa entre las distintas administraciones públicas, es acorde con el espíritu de la Directiva Europea INSPIRE [3] que persigue el establecimiento de una infraestructura de datos geográficos en Europa, en la que la información geográfica sea recogida sólo una vez y mantenida en el nivel en el que se logre la máxima efectividad. Tanto los recubrimientos de ortoimágenes como los Modelos Digitales de Elevaciones, que se obtienen en el PNOA, forman parte de los "datos básicos de referencia" recogidos en dicha Directiva.

La finalidad del PNOA es la captura periódica, cada 2 o 3 años, según la zona, de imágenes aéreas, a partir de las cuales se obtienen, entre otros productos, **Modelos Digitales de Elevaciones** (MDE) con un paso de malla de 5 metros y **ortofotografías** con un tamaño de píxel de 25 o 50 cm, en función del tamaño del píxel del vuelo. Los detalles técnicos del proyecto pueden consultarse a través de la página web del proyecto PNOA [4], y se resumen en la figura 1.

	GSD Vuelo (cm)	GSD Ortofoto (cm)	Precisión altimétrica del Modelo Digital de Elevaciones	Paso de malla	Precisión planimétrica de la ortofoto
PNOA 50cm	45	50	RMSE z \leq 2,00 m	5m x 5m	RMSE _{x,y} \leq 1,00 m
PNOA 25cm	22	25	RMSE z \leq 1,00 m	5m x 5m	RMSE _{x,y} \leq 0,50 m
PNOA 10cm	9	10	RMSE z \leq 0,20 m (con LIDAR)	1m x 1m	RMSE _{x,y} \leq 0,20 m
LIDAR			RMSE z \leq 0,15m	1.41 x 1.41m	-

Figura 1. Resumen de características técnicas del PNOA

Estos productos se están utilizando como información básica en numerosos proyectos, tanto de las distintas administraciones públicas como de iniciativas privadas, y en concreto las ortofotografías producidas en PNOA están a disposición del público a través de varios servicios:

- Servicios de visualización, conforme al estándar *Web Map Service* de OGC, en dos modalidades: PNOA-MA (Máxima Actualidad) que muestra un conjunto de mosaicos por hojas del MTN50 hechos a partir de las ortofotos más recientes disponibles en cada momento; y PNOA-MR (Máxima Resolución) basado en mosaicos también por hoja del MTN50 tomando las ortofotos de mayor resolución posible. Tanto la fecha de vuelo en cada caso y la resolución, se indican con una leyenda de colores en sendas capas auxiliares.

- Servicios de descarga, que permiten la descarga de ambos productos (PNOA-MA y PNOA-MR) en formato *ecw*, acompañados de sus metadatos y bajo la política de datos definida en la Orden Ministerial FOM/956/2008 [5], que permite todo tipo de usos y aplicaciones siempre que se reconozca la autoría del IGN y las CC. AA., que no se obtenga un beneficio económico directo y que, en caso de volver a difundir los datos, se haga bajo las mismas condiciones.
- Visualización en Iberpix [6], un visualizador moderno, ágil y rápido, que en breve será conforme a los estándares OGC.

Como complemento a la captura de imágenes, pronto se hizo evidente que podría resultar muy adecuado tomar datos LiDAR en el mismo vuelo PNOA, ampliando la información recogida con un incremento de costes muy limitado.

3 Tecnología LiDAR [7]

El LiDAR aerotransportado es un sistema activo basado en un dispositivo láser, que emite un haz de luz (pulsos) hacia la superficie terrestre. Un espejo o un prisma rotatorio desvía el haz y permite barrer el terreno transversalmente. El sensor LiDAR mide el tiempo que tardan los pulsos en reflejarse en los objetos situados sobre la superficie terrestre y volver, lo que se traduce en una medida de la distancia entre el punto de la toma y el terreno.

Las coordenadas de los puntos se obtienen a partir de: la posición y orientación del sensor LiDAR instalado en el avión, la distancia medida entre éste y el punto del terreno, y el ángulo de salida del rayo láser.

La posición (X,Y,Z) del sensor LiDAR se obtiene mediante un receptor GPS/GNSS instalado en el avión empleando métodos cinemáticos, y su orientación mediante una unidad de navegación inercial (IMU/INS). La precisión de las coordenadas de la nube de puntos LiDAR, dependerá de la precisión con la que se obtengan en cada momento, la posición y orientación del sensor, por lo que en el proyecto PNOA la distancia entre el receptor GPS/GNSS instalado en el avión y la estación de referencia GPS colocada en tierra, tiene que ser menor de 40 km.

3.1 Cobertura LiDAR en España

En el año 2009 el proyecto PNOA inicia la cobertura con datos LiDAR de todo el territorio nacional, empleando para ello sensores LiDAR aerotransportados de última generación.

La nube de puntos obtenida mediante estos sensores tienen las siguientes características:

- Distancia media entre puntos de 1,41 metros
- Densidad media de 0,5 pulsos / m²
- Precisión altimétrica mejor de 20 centímetros
- Coordenadas referidas al sistema de referencia ETRS89 en Península, Baleares, Ceuta y Melilla; y al REGCAN95 en Canarias; proyección utilizada la "Universal Transversal Mercator (UTM)" en el huso correspondiente a cada zona.
- Las altitudes obtenidas son elipsoidales, referidas al elipsoide SGR80. En la mayoría de los proyectos en la que se emplean es necesario su transformación a alturas ortométricas mediante el modelo de Geoide EGM2008-REDNAP.
- Datos almacenados en el formato estándar LAS 1.1 [8] aprobado por el ISPRS (*International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*).

Mediante el procesamiento de estas nubes de datos LiDAR, los puntos se clasifican, se depuran y se filtran para obtener los MDE de alta precisión, con un paso de malla de 5 metros, que sustituirán a los actuales, obtenidos mediante técnicas de correlación automática a partir de fotografías aéreas.

Tanto la captura como el procesamiento de los datos LiDAR están basados en especificaciones técnicas que establecen procedimientos para garantizar su calidad.

Actualmente, la cobertura LiDAR en España es de más del 70% de la superficie de todo el territorio, y las CCAA en las que se han capturado datos son Galicia, parte de Castilla y León, La Rioja, Aragón, Cataluña, Extremadura, Madrid, Castilla La Mancha, Comunidad Valenciana, Murcia y Canarias, tal y como se muestra en la figura 2.

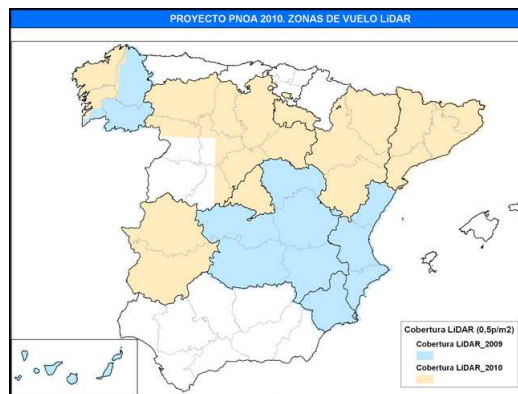


Figura 2. Cobertura LiDAR en España (situación actual)

4 Servicios LiDAR

Entre las funciones del IGN, descritas en el Real Decreto 638/2010, de 14 de mayo [2], se incluye *la planificación y desarrollo de servicios de valor añadido y de nuevos sistemas y aplicaciones en materia de información geográfica*, y en este sentido, el IGN a través del CNIG, ha apostado por la puesta en marcha de servicios web que permitan la visualización, análisis y distribución, a través de Internet, de los datos LiDAR disponibles en este momento, correspondientes a la Región de Murcia, Comunidad Valenciana, Galicia, Canarias y Comunidad de Castilla-la Mancha.

La tecnología que va a emplearse en la implementación de estos servicios se denomina *Diemo Server Technology*, y se basa en tres componentes:

- El primero se encarga de realizar la conversión de la nube original de puntos LiDAR a un nuevo formato optimizado para el manejo de grandes volúmenes de datos en Internet.
- Un segundo componente gestiona la creación del servicio de visualización de datos conforme al estándar WMS (*Web Map Service*) de OGC.
- El tercer integrante crea servicios web para la descarga de datos LiDAR originales bajo demanda por región o perfil, preparando al vuelo los ficheros solicitados.

En la figura 3 se muestra el esquema de funcionamiento de la tecnología descrita.

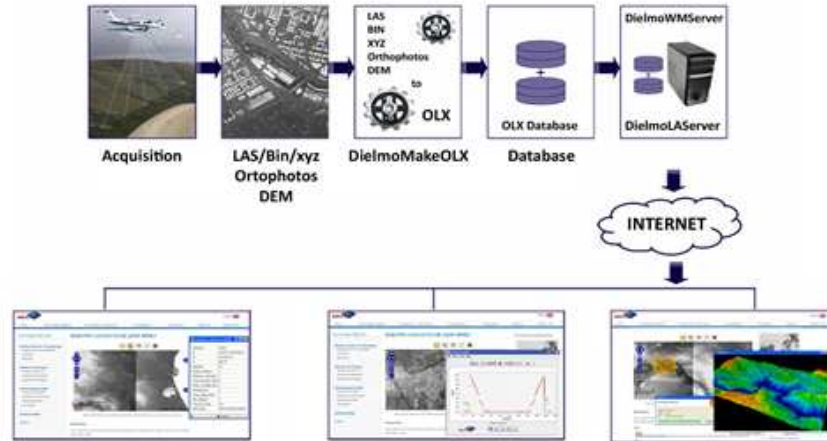


Figura 3. Dielmo Server Technology

Se describen a continuación cada uno de los servicios web que van a configurarse en los servidores del CNIG:

- Servicio WMS
- Servicio de descarga
- Aplicación de cálculo de perfiles

4.1 Servicio WMS

Los datos LiDAR se representarán de forma gráfica a través de Internet mediante un servicio web de visualización de mapas conforme a los estándares WMS 1.1.1 y 1.3.0 de OGC.

En una primera fase se realiza el análisis de los datos LiDAR originales con el objetivo de comprobar que no existen ficheros dañados ni zonas en las que falte información.

Posteriormente, para optimizar la publicación de este servicio WMS, que va a manejar grandes volúmenes de datos, es preciso organizar la información en un formato que posibilite la realización de búsquedas rápidas en la nube de puntos LiDAR.

Además se almacenan imágenes precalculadas de los datos LiDAR de todas las zonas a diferentes escalas, hasta una resolución máxima de 1m, a partir de la cual las imágenes que se sirvan mediante el servicio WMS se generan a partir de la nube de puntos original.

Con el objetivo de mejorar el rendimiento del servicio se va a preparar una caché de teselas que almacene las imágenes más demandadas.

Este servicio WMS ofrece la posibilidad de visualizar los datos LiDAR según distintos estilos, en función de la altitud de cada punto, en función de la intensidad o, en caso de que se haya realizado una clasificación previa de los datos LiDAR, según esta clasificación. En la figura 4 puede verse un ejemplo de cada uno de estos estilos de visualización, para una zona de Valencia.

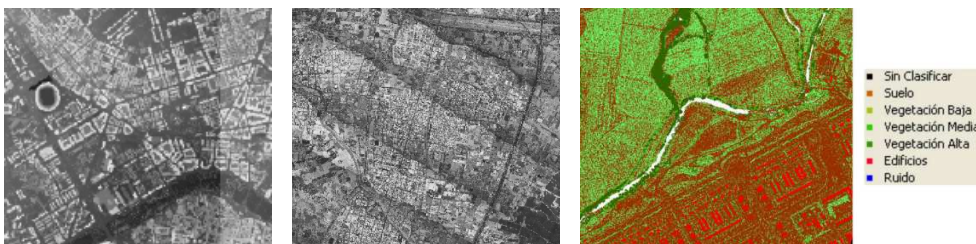


Figura 4. Ejemplos de los estilos de visualización del servicio WMS en función de la altitud, de la intensidad y de la clasificación realizada

En el caso de representar los datos en función de su altitud o de su intensidad, cada vez que se haga una petición al servidor, el servicio realiza un cálculo estadístico de los valores que toman estas dos variables en la zona solicitada, realizando un ajuste del histograma para conseguir una adecuada visualización en cada momento [9].

El servicio WMS implementa la operación *GetFeatureInfo* permitiendo conocer la información asociada a cada punto tal y como se muestra en la figura 5.

Atributo	Valor
Z	555.07
Edge_of_Flight_Line	1
Scan_Angle_Rank	94
Scan_Direction_Flag	0
Number_of_Returns	1
Intensity	21
User_Bit_Field	112
File_Marker	112
Return_Number	1
GPS_Time	581147.234453
Y	4746735.67
Classification	3
X	524486.36

Figura 5. Consulta de información asociada a cada punto

Por último, cabe destacar que el servicio WMS soporta la transformación de coordenadas al vuelo entre ED50, ETRS89, coordenadas UTM y geográficas. El Sistema Geodésico de Referencia en el que se ofrecen los datos es ETRS89, para la Península y Baleares, y REGCAN95 para Canarias, en la proyección UTM.

4.2 Servicio de descarga

Otra de las funcionalidades que se incluyen en la tecnología que va a implementar el IGN permite la descarga de datos LiDAR en el formato original LAS, BIN o XYZ a través del Centro de Descargas del CNIG.

Mediante una petición HTTP, en la que el usuario indica la región de interés y el sistema de coordenadas, este servicio web se encarga de generar al vuelo un fichero con los puntos LiDAR de la región seleccionada. Este fichero se ofrece al usuario como un enlace desde el cual descargar los datos, los cuales se ofrecen en el formato comprimido ZIP para optimizar el proceso.

El código de este servicio es abierto y está disponible para facilitar su integración en cualquier cliente, ya sea un navegador web o cualquier aplicación GIS.

Técnicamente esta solución no entraña especial dificultad en principio, el problema radica en disponer de los recursos necesarios para gestionar adecuadamente un volumen de datos tan considerable, que puede estimarse en conjunto en torno a los 15 Terabytes.

4.3 Aplicación de cálculo de perfiles

Por último, otro de los servicios que ofrecerá la plataforma que está poniendo en marcha el IGN consiste en una aplicación que permite el cálculo de perfiles a partir de los datos LiDAR disponibles.

Se trata de un ejemplo de uso del servidor de datos LiDAR, desarrollado como software libre, con licencia GNU GPL [10], que permite llevar a cabo un completo análisis de los datos LiDAR a través de Internet, haciendo uso de herramientas de exportación, edición y medición, que facilitan el manejo de la información LiDAR a usuarios no expertos.

Para su puesta en funcionamiento el usuario deberá seleccionar sobre el mapa los dos puntos entre los cuales quiere calcular el perfil, y mediante una llamada HTTP se abrirá una nueva ventana con el cliente de perfiles, en la que se habrán descargado los datos LiDAR para su análisis y manipulación.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de corte transversal en la zona del campo de fútbol del Mestalla en Valencia. Se ha realizado una clasificación de los puntos LiDAR, empleando el color marrón para los puntos clasificados como suelo, el color verde para los clasificados como vegetación y el color rojo para los clasificados como edificios.

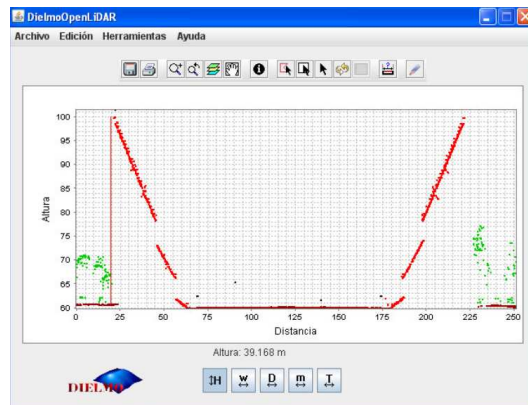


Figura 6. Aplicación de cálculo de perfiles

Esta aplicación incluye un grupo de herramientas de edición que permiten al usuario gestionar estas clasificaciones para asignarle a cada punto la clase deseada, así como borrar los puntos que no sean de su interés.

Por otro lado también ofrece una serie de herramientas de medición que permiten medir alturas, distancias (tanto en horizontal como en cualquier dirección), pendientes y taludes.

5 Conclusiones

La implementación de estos servicios web supone un notable avance en cuanto a la publicación de servicios estándar que ofrecen una descripción de la realidad basada en datos de registro, especialmente interesante por la resolución y detalle que ofrecen los datos LiDAR.

Es pronto para que la comunidad de usuarios sepan explotar adecuadamente y obtener resultados prácticos de estos datos, dado su enorme volumen pero, en cualquier caso, es una información con múltiples aplicaciones, por ejemplo en la planificación urbanística, gestión forestal, estudios de inundaciones, planificación de infraestructuras, telecomunicaciones, etc.

Referencias

- [1] <http://www.asprs.org/>

- [2] Artículo 13 del Real Decreto 638/2010, de 14 de mayo, por el que se modifica y desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Fomento.

- [3] DIRECTIVA 2007/2/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, del 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire).

- [4] Características técnicas del PNOA. Página web del proyecto PNOA
Consultada: 03/11/2011
http://www.ign.es/PNOA/caracteristicas_tecnicas.html

- [5] ORDEN FOM/956/2008, de 31 de marzo, por la que se aprueba la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

- [6] Portal IBERPIX
Consultado: 03/11/2011
<http://www.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>

- [7] El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Aplicaciones de los datos LiDAR a la Ingeniería Civil. Jorge Martínez Luceño, Juan Carlos Ojeda, Guillermo Villa, Eduardo González, Pedro Muñoz y Julián González de Rivera. Instituto Geográfico Nacional.
- [8] http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/lidar_exchange_format.html
- [9] Publicación de datos LiDAR a través de Intenernet. Dielmo 3D, S.L.
- [10] <http://www.gnu.org/licenses/licenses.es.html#GPL>