

Detección automatizada de incidencias catastrales mediante datos LiDAR

M. Gimeno-Gutiérrez¹, L. Martínez-Cebrián¹, E. López Minguez¹

¹ Fundación Aragonesa para el Desarrollo de la Observación de la Tierra (FADOT). Edificio Félix de Azara, Parque Tecnológico Walqa, 22197 – Cuarte, Huesca, España.

marcosgimeno@gmail.com, lucia.martinezcebrian@gmail.com, fundacion.fadot@aragon.es

RESUMEN: El presente trabajo muestra la metodología llevada a cabo para la detección de incidencias catastrales, con el objetivo de automatizar y facilitar el trabajo realizado por parte de la Dirección General del Catastro.

Los análisis preliminares muestran que esta innovadora metodología automatiza la detección y registro rápido de omisiones que todavía no habían sido detectadas, tanto para nuevas construcciones como para los cambios en altura de edificios que ya existían (es decir, incremento de plantas construidas). De este modo, se soluciona un problema que existía al realizar la detección mediante el método tradicional de fotointerpretación de imágenes aéreas (ortofotos) en dos dimensiones, de donde no se podía extraer información sobre la altura más allá de las sombras proyectadas.

Además, el trabajo de gabinete utilizando datos LiDAR permite disminuir el trabajo de campo de manera considerable, ya que el técnico que sea encargado de realizar la comprobación de las omisiones detectadas puede hacerse una idea de qué es lo que se va a encontrar, y dónde está localizado, cuando haga el recorrido de contraste.

En definitiva, la nueva metodología permite ir, de un modo rápido y efectivo, más allá de la detección de nuevas edificaciones, que por los medios disponibles de detección hasta la aparición de los sistemas de teledetección LiDAR no existían. Los resultados obtenidos permiten ser optimistas a la hora de considerar el uso de los datos LiDAR como una fuente de información precisa y fiable para ayudar al Catastro.

Palabras-clave: LiDAR; Catastro; detección automatizada.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging), es un método de percepción remota que utiliza la luz en forma de un láser pulsado para medir distancias a la Tierra. Registra los periodos de tiempo entre el envío de las transmisiones y la vuelta de las señales al sensor, generando información precisa en tres dimensiones (x, y, z) sobre la forma de la Tierra y sus características superficiales.

A través de esta tecnología se generan grandes conjuntos de datos, en el caso del vuelo del PNOA 2010, unos 3 millones de puntos por cada cuadrícula de 2x2 kilómetros en las que se divide, que se corresponden con una densidad de 0,5 puntos/m². A pesar del volumen de la información los datos pueden ser post-procesados para la generación de Modelos Digitales de Elevación (MDE) y Modelos Digitales del Terreno (MDT), que posibilitan el cálculo de Modelos Digitales de Objetos (MDO) muy detallados y precisos, lo cual abre una vía para la detección remota de omisiones en lo que respecta al Catastro.

1.1. Objetivos

Los principales objetivos a alcanzar en el proyecto son los siguientes:

Generación del raster con la altura real de los objetos.

Asignación de la altura real a las construcciones y solares de la base de datos catastral.

Detección de posibles incidencias, es decir, discrepancias entre la información oficial y la proporcionada por los datos LiDAR.

1.2. Zona de estudio

La zona de estudio elegida por parte de la Dirección General de Catastro, comprende el término

municipal de Tarazona y municipios colindantes, entre los que se encuentran Los Fayos, Malón, Novallas, Santa Cruz de Moncayo, Torrellas y Vierlas, situados en la provincia de Zaragoza (Aragón).

Para el estudio fue necesario utilizar un total de 103 hojas LiDAR, que suponen una superficie de 412 km²; pudiendo obtenerse, de forma directa, información sobre la altura absoluta de dicha superficie.

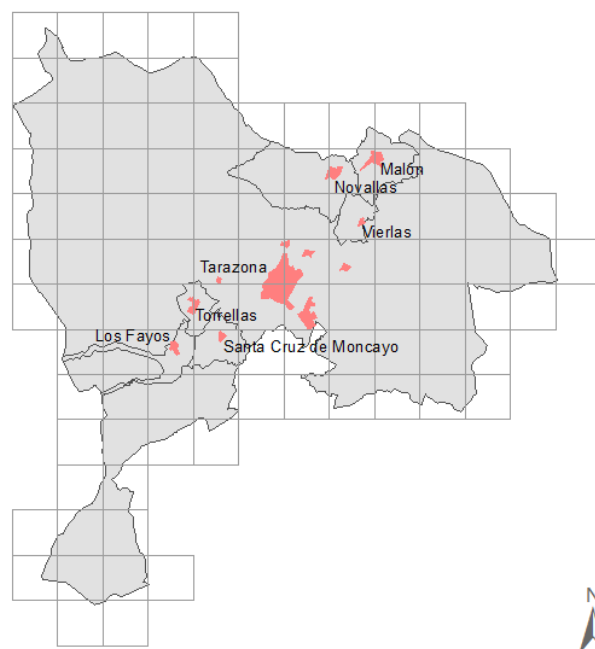


Figura 1. Cuadrícula LiDAR sobre la zona de estudio.

2. METODOLOGÍA

2.1. Datos de entrada

Los datos LiDAR utilizados se obtuvieron a través del Centro de Información Territorial de Aragón (CINTA), en formato *.laz, que es un tipo de archivo LiDAR comprimido a partir de los originales *.las para un manejo más fluido.

Tras la delimitación de la zona de estudio se constata que la imagen LiDAR original está clasificada, en 8 clases de puntos diferentes: Unassigned, Ground, Low vegetation, Medium vegetation, High vegetation, Building, Noise y Overlap.

La nube de puntos, también contiene información en color RGB correspondiente a las ortofotos de 2012 del PNOA, lo cual permite visualizar los puntos como si de una ortofoto se tratase.

Además de los datos LiDAR se han utilizado otras fuentes como datos de entrada. En primer lugar, y como fuente de información indispensable para el estudio, se pusieron a disposición de la Fundación Aragonesa para el Desarrollo de la Observación de la Tierra (FADOT) por parte de la Dirección General de Catastro-Gerencia Regional de Aragón los datos vectorizados en formato shapefile que contienen la información sobre los recintos de la zona de estudio, tanto de la parte urbana, como de la zona rústica. Estos datos vectorizados serán la base del estudio y marcarán los límites de la zona de estudio. A partir de ellos, y una vez asociadas las alturas obtenidas mediante la nube de puntos LiDAR, se generaron los ficheros que posteriormente se cargaron en el SIG específico utilizado por el Catastro.

La calidad de los datos LiDAR PNOA, al igual que la de los datos del Catastro fue fundamental a la hora de valorar los resultados obtenidos según la metodología aplicada en este trabajo. La precisión de los datos según especificaciones del IGN es la siguiente:

Precisión en Z (altura): RMSE \pm 20 cm.

Precisión en XY (horizontal): \pm 1 metro.

2.2. Procedimiento

2.1.1. Generación de ráster con la altura real de los objetos

Para generar esta capa ráster, fue necesaria la depuración de la nube de puntos, para eliminar el ruido existente que se genera en la toma de datos, de modo que no interfiriesen en el análisis.

Tras la depuración se calculó el MDS cuyo proceso de filtrado, basado en el algoritmo de Axelsson (1999) de densificación progresiva, mediante el cual se obtiene el suelo desnudo. Generado este modelo, se seleccionaron los puntos restantes, no pertenecientes a la clase suelo para generar el MDT.

La diferencia entre el suelo y las alturas calculadas en el segundo paso permitió la normalización de las alturas de los edificios, es decir, la obtención del modelo digital de objetos (MDO) (Figura 2) o, lo que es lo mismo, las alturas de cada edificio con respecto al suelo sobre la horizontal. Este primer producto ya posee valor en tanto que ya puede utilizarse en sí mismo, como por ejemplo como fuente de información para los servicios de emergencias (durante un incendio permitiría saber la altura a la que se tienen que enfrentar los servicios de bomberos, o para la policía en caso de evacuación de un edificio).

Una vez calculadas las alturas reales de los edificios ya se pueden asociar a los recintos vectorizados por parte del Catastro.



Figura 2. Modelo Digital de Objetos de la ciudad de Tarazona.

2.1.2. Asignación de la altura real a las construcciones y solares

En un principio se planteó asignar la altura a los edificios a partir de la calculada en el MDO, pero la forma en que el software de tratamiento de datos LiDAR lleva a cabo la rasterización puede incrementar el error en Z. Por lo tanto, se decidió utilizar la nube de puntos directamente para llevar a cabo la asociación de las alturas reales a cada edificio, en lugar de utilizar los datos en formato raster. Esto permitió tener un mayor control de los puntos contenidos en cada polígono digitalizado o parcela y, por tanto, sobre los resultados.

Una vez seleccionados los puntos LiDAR que corresponden a cada polígono o recinto de la capa shapefile de Catastro, ya fue posible realizar el cálculo de la altura media, máxima y mínima de cada uno de esos polígonos. Esa información se asoció a cada uno de los shapefile pertenecientes a los diferentes municipios objeto de estudio (Figura 3).

PCAT1	PCAT2	MAPA	DELEGACIO	MUNICIPIO	MASA	PARCELA	HOJA	TIPO	CONSTRU	COORX	COORY	NUMSYMBOL	AREA	FECHAALTA	FECHABAJA	Z Min	Z Max	Z Mean
5601213	XM0450	525	50	254	56012	13	XM0450	U	P	605558,16	4639951,07	15	30,18	20140310	99999999	0	11,1	3,390073
5601214	XM0450	525	50	254	56012	14	XM0450	U	P	605555,61	4639953,04	15	17,01	20140310	99999999	0	1,3031	0,107054
5401663	XM0450	525	50	254	54016	63	XM0450	U	P	605522,42	4639974,86	15	37,74	20140226	99999999	0	9,3351	2,990099
5593921	XM0359	525	50	254	55939	21	XM0359	U	I	605443,57	4639143,51	11	22,5	20140227	99999999	0	9,6	5,683374
5593921	XM0359	525	50	254	55939	21	XM0359	U	II	605448,98	4639137,28	11	5,97	20140227	99999999	4,1087	8,4461	6,870295
5593921	XM0359	525	50	254	55939	21	XM0359	U	III	605444,87	4639138,14	11	34,73	20140227	99999999	7,4874	9,5999	8,71145
5503074	XM0350	525	50	254	55030	74	XM0350	U	D	605448,47	4639143,07	15	140,85	20140227	00000000	0	8,7184	1,704570

Figura 3. Muestra de la tabla asociada a los polígonos vectorizados, cuyas alturas calculadas se sitúan en las tres últimas columnas.

Uno de los criterios que se decidió adoptar para el filtrado de los datos fue el de limitar las superficies analizadas a un mínimo de 10 m², ya que la superficie mínima regularizable son 15 m² y dada la resolución de

los datos LiDAR PNOA podrían incluirse pocos puntos que indujesen a confusión en superficies menores.

Una vez definida la unidad mínima objeto de estudios se constató que la vegetación muy alta (clase 5) jugaba un papel importante y podía acarrear una interpretación errónea a los resultados y se decidió suprimirla, teniendo en cuenta que esto también puede ocasionar algún error debido a que la clasificación de los datos LiDAR también contiene errores, clasificando puntos en categorías incorrectamente.

Otro de los problemas asociados es el desplazamiento existente entre las capas vectoriales de Catastro y los datos LiDAR, como puede comprobarse en la Figura 4.



Figura 4. Desplazamiento existente en los archivos vectoriales frente a los datos LiDAR y ortofoto de PNOA de 2012.

2.1.3. Detección de incidencias

Con las alturas reales máxima, media y mínima de cada parcela calculadas, se realizó la comparación con las alturas del Catastro. El Catastro no dispone de esta información directamente, ya que solamente dispone del número de plantas declaradas para las construcciones. De esta manera, se hizo imprescindible definir un criterio para pasar el número de plantas registradas a altura en metros y así poder hacer la comparación con las alturas LiDAR para la detección de posibles omisiones.

- **Criterios para convertir el número de plantas en el Catastro a metros:** Dada la gran variedad de categorías de edificaciones y solares no construidos se decidió hacer una agrupación por categorías en las que la “altura catastral” significase la misma altura en datos reales. Es decir, si existían varias categorías, por ejemplo, de I planta, o que a efectos prácticos significasen I planta aunque fuesen de otra categoría, se agruparon en la categoría I planta. Debajo se detallan las categorías analizadas y los elementos que las componen y los criterios adoptados para la detección de posibles incidencias:
 - **Criterio adoptado para calificar como incidencia los recintos sin construcciones:** Altura media del recinto mayor que 3 metros (altura aproximada de un edificio), teniendo en cuenta las bajas alturas medias que arrojan este tipo de superficies, que serían 0 metros si no hubiese ningún tipo de vegetación, presente en estos terrenos habitualmente.
 - SUELO incluyen las categorías de la base de datos de Catastro; Suelo, P, -I+P, -II+P, ZPAV (Tabla 1).
 - **Criterio adoptado para el cálculo de incidencias según el número de plantas:** La amplia zona de estudio arroja una casuística muy variada, la morfología de cada uno de los municipios es diferente sobre todo cuando se comparan los municipios pequeños con respecto a Tarazona. Por lo tanto, se decidió adoptar un criterio de cálculo específico para cada municipio en base a la altura media de cada tipo de edificación según las plantas registradas en Catastro, en lugar de utilizar la media obtenida de todo el conjunto; así pues, se aplica a cada una de las medias individuales calculadas más arriba un incremento de altura de 1,75 metros, suficiente para detectar un incremento de altura que pueda haber surgido en algún edificio.
 - I planta: incluye las siguientes categorías de la base de datos de catastro; -I+I, -I+I+TZA, -II+I, I, I+P, I+TZA, PJE, -I+POR, POR, POR+TZA, SS+I; TRF (Tabla 2). En esta categoría es necesario

tener en cuenta que algunas edificaciones poseen una sola planta pero pueden ser de una altura considerable, tratándose de naves industriales o cocheras (típicamente en poblaciones más pequeñas). El caso de las naves industriales se podría solucionar tratando esas zonas industriales, que suelen tener una superficie bastante grande, por separado.

- II plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; -I+II, -II+II, POR+I, II+TZA, SS+II; -I+ETP+II, PJE+I (Tabla 3).
- III plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; - I+III, -II+III, III, -I+P+III, -I+P+III+TZA (Tabla 4).
- IV plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; IV, -I+IV, -I+IV+TZA, -I+PJE+III, -I+POR+III, -I+SOP+III, -II+IV, -II+P+I+IIITZ, -II+P+IV, -II+P+IVTZA, -III+IV, P+IV, POR+III (Tabla 5).
- V plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; V, -I+I+POR+IV, , -I+I+PJE+IV, -I+POR+IV, -I+SOP+IV, -I+V, -II+P+V, -II+POR+IV, -II+V, -III+P+V, P+V, IV+I, POR+IV+TZ, POR+IV, V+TZA (Tabla 6).
- VI plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; VI, -I+POR+V, -I+VI, -II+VI (Tabla 7).
- VII plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; VI, -I+VII, -II+VII (Tabla 8).
- VIII plantas: Incluye las siguientes categorías de la base de datos de Catastro; VII (Tabla 9).

No se incluyen en el estudio dado el bajo número de registros y su baja representatividad las siguientes categorías: ?, SOP, -I+IIISOP+II, -I+II+IITZA, I+TZA+I, ZD, -I+I+POR+IV, ZBE, PI, FUT, TEN, XII y parcelas con alturas negativas (sótanos, garajes...) que por naturaleza de datos LiDAR no pueden estudiarse.

Tabla 1. Información de altura media en la categoría "suelos" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	1,75 m	1,91 m
Malón	1,89 m	
Novallas	1,88 m	
Santa Cruz de Moncayo	1,95 m	
Tarazona	1,77 m	
Torrellas	1,85 m	
Vierlas	2,27 m	

Tabla 2. Información de altura media en la categoría "I planta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	2,16 m	2,72 m
Malón	3 m	
Novallas	2,91 m	
Santa Cruz de Moncayo	2,13 m	
Tarazona	3,07 m	
Torrellas	2,78 m	
Vierlas	2,99 m	

Tabla 3. Información de altura media en la categoría "II planta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	3,65 m	4,60 m
Malón	4,11 m	
Novallas	4,82 m	
Santa Cruz de Moncayo	4,53 m	
Tarazona	4,82 m	
Torrellas	5,02 m	
Vierlas	5,23 m	

Tabla 4. Información de altura media en la categoría "III planta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	4,54 m	6,45 m
Malón	4,99 m	
Novallas	6,91 m	
Santa Cruz de Moncayo	5,92 m	
Tarazona	7,09 m	
Torrellas	7,27 m	
Vierlas	6,54 m	

Tabla 5. Información de altura media en la categoría "IVplanta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	8,49 m	8,25 m
Malón	5,71 m	
Novallas	9,86 m	
Santa Cruz de Moncayo	6,62 m	
Tarazona	9,54 m	
Torrellas	9,21 m	
Vierlas	8,33 m	

Tabla 6. Información de altura media en la categoría "Vplanta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	3,04 m (sólo un recinto)	7,90 m
Malón		
Novallas		
Santa Cruz de Moncayo		
Tarazona	12,75 m	
Torrellas		
Vierlas		

Tabla 7. Información de altura media en la categoría "VI planta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos	10,19 m (sólo un recinto)	12,76 m
Malón		
Novallas		
Santa Cruz de Moncayo		
Tarazona	15,32 m	
Torrellas		
Vierlas		

Tabla 8. Información de altura media en la categoría "VII planta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos		19,45 m
Malón		
Novallas		
Santa Cruz de Moncayo		
Tarazona	19,45 m	
Torrellas		
Vierlas		

Tabla 9. Información de altura media en la categoría "VIII planta" y la media general a partir de la cual se define el criterio a seguir para calcular las posibles incidencias.

<i>Municipios</i>	<i>Medida por municipio</i>	<i>Medida General</i>
Los Fayos		20,65 m
Malón		
Novallas		
Santa Cruz de Moncayo		
Tarazona	20,65 (solo un recinto)	
Torrellas		
Vierlas		

▪ Criterios para la detección de incidencias en rústica:

La gran superficie de algunos recintos hace que la aproximación a la hora de abordar la detección de incidencias tenga que hacerse de manera diferente. Se hace muy difícil la detección de omisiones calculando la altura media, máxima o mínima de los recintos, bien sea debido a la gran extensión que estos suelen tener, donde la altura media será totalmente engañosa y se pasarán por alto las posibles estructuras no catastradas, o a la muy frecuente presencia de árboles y elementos altas en los recintos, que podrían arrojar resultados engañosos, es decir, detectar un número muy alto de incidencias erróneamente.

Se decidió seleccionar de la nube de puntos LiDAR aquellos puntos que perteneciesen a la clase 6 (Edificios), que aunque puede contener errores, se minimizan en comparación con el método utilizado para la detección de posibles omisiones en zonas urbanas.

Estos puntos se cruzaron con la capa vectorial Construo de rústica, para eliminar del análisis los edificios que ya estuviesen registrados y seleccionar aquellos que no se encontrasen en la base de datos de Catastro.

Una vez descartados los edificios ya registrados por Catastro, se cruzó la información de los puntos de clase 6 con la capa vectorial subparcela. Por otro lado, se facilita así la visita en campo, delimitando más la zona en la que se encontraría la omisión, ya que la información por subparcela está más localizada en el territorio.

Al contrario que en el análisis realizado para zonas urbanas, no se ha realizado ningún filtrado de superficie mínima detectada, de modo que puede haber omisiones generadas por un número muy pequeño de puntos LiDAR. Estas omisiones podrán ser despreciadas en términos prácticos si fuese conveniente para Catastro.

Uno de los errores más comunes al analizar la clase 6, edificios, es que existen zonas de sembrados que el algoritmo de clasificación confunde con edificios, que en ocasiones puede tratarse de balas de paja amontonadas para su posterior recogida que estaban en el momento de la realización del vuelo LiDAR, en otros, y siendo de la misma manera cultivos de siembra, esta confusión no está tan clara que sea debida al motivo anteriormente explicado.

El desplazamiento de polígonos (Figura 5) y errores de digitalización (Figura 6) también corresponden a otros de los problemas detectados. Existen polígonos digitalizados que tienen un considerable desplazamiento y que dificultan el registro de los elementos ya incluidos en el Catastro. Estos fallos pueden dar lugar a falsas incidencias.



Figuras 5 y 6. Desplazamiento de polígono y error de digitalización.

3. RESULTADOS

3.1. URBANA

En el caso de zonas urbanas los resultados obtenidos, a partir de los datos del shapefile, combinado con los datos generados a partir del LiDAR se han incluido en una hoja Excel (Figura 8) obteniendo 8 campos diferentes o columnas con información sobre:

- DELEGACIÓN a la que pertenece el municipio.
- MUNICIPIO al que pertenecen los datos.
- PCAT1 Y PCAT2 que identifican el recinto.
- CODIGO, con dos posibles valores:
 - “NCON” → Recinto donde había registrada alguna construcción y falta alguna.
 - “PCON” → Recinto donde faltan todas las construcciones (Antes era un solar).
- MOTIALTA se especifica que se ha dado un alta de omisión a través de “LiDAR”.
- SUPERFICIE del recinto digitalizado en Catastro.
- OBSERVACIONES: Aquí se especifica cuál es la razón por la que se ha detectado como incidencia (Figura 7). Si está registrado como una planta y hay más altura que la que se corresponde con una planta, se especifica MÁS DE I PLANTA y así sucesivamente.

Eliminación de duplicidades:

El nivel de detalle al que se ha realizado este trabajo supone que, en ocasiones, se pueden dar duplicidades que se ven reflejadas en los resultados finales que indican si existe una posible incidencia o no. Estas duplicidades resultan en más de una incidencia para un solo recinto, dificultando el análisis al cargar los datos al SIG de Catastro generados en formato Excel. Para evitar este problema, se decidió eliminar los duplicados usando la herramienta de Excel “Eliminar duplicados” y tomando como referencia la columna PCAT1.

DELEGACIO	MUNICIPIO	PCAT1	PCAT2	CODIGO	MOTIALTA	SUPERFICIE	OBSERVACIONES
50	107	1074715	XM0317C	NCON	LIDAR	44,49	MAS DE I PLANTA
50	107	1072302	XM0317C	NCON	LIDAR	12,32	MAS DE I PLANTA
50	107	1072405	XM0317C	NCON	LIDAR	10,32	MAS DE I PLANTA

Figura 7. Tabla generada para las zonas urbanas.

3.2. RUSTICA

En las zonas de rústica la configuración de la hoja Excel es igual a la de urbana a excepción de las observaciones, donde se especifica cuál es la subparcela en la que se encuentra la posible omisión. Además, se añadieron varios campos con información adicional, que se pueden mantener o eliminar cuando se desee, estos son:

- CLUSTERS_UNIDOS, donde se especifica el número de agrupaciones de puntos detectadas, esto ocurre debido al método de agrupación de puntos LiDAR que hace ArcGIS para asociar la información al shapefile de polígonos de Catastro siempre que la superficie detectada sea grande.
- PUNTOS_LIDAR_INCIDENCIA, donde se especifica el número de puntos que delimitan el edificio.
- X_INCIDENCIA e Y_INCIDENCIA, para situar fácilmente dónde se encuentra la omisión.
- SUPERFICIE_INCIDENCIA, calculado a partir del número de puntos que delimitan el edificio y que da una idea aproximada de la superficie que éste tiene.

3.3. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

La validez de los resultados obtenidos se comprobará definitivamente una vez que la ventana de regularización de la zona estudiada comience y se lleve a cabo el recorrido de contraste por parte de los técnicos de campo.

A título de ejemplo de los buenos resultados obtenidos, se han incluido en este documento algunas detecciones ya confirmadas como se aprecia en las Figura 8 y Figura 9.



Figura 8 y 9. Ejemplo de detección de omisión en urbana y rústica.

Es necesario apuntar que para el cálculo de los incrementos de alturas en las construcciones ya registradas fue necesario establecer unos umbrales a partir de los cuales tomar la decisión de si existe un incremento de altura que se traduce en una incidencia. El modelo diseñado es en este aspecto flexible, por tanto, el umbral establecido se puede modificar de tal forma que en el resultado final se obtendrán más o menos omisiones.

Otro factor a tener en cuenta en el análisis final, es el grado de desplazamiento en las coordenadas X e Y existente en la cartografía de Catastro y en los datos LiDAR, que puede afectar parcialmente a los resultados finales.

De los resultados obtenidos en este estudio, se puede derivar una tasa de detección de incidencias potenciales en zonas urbanas de aproximadamente un 10% del número total de registros en la capa CONSTRU, y en torno a una detección de incidencias por cada kilómetro cuadrado en zonas rústicas. Lo cual supone que

la metodología desarrollada en este estudio se muestra como una herramienta eficaz en los trabajos de gabinete para la detección de omisiones.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten ser optimistas a la hora de considerar el uso de los datos LiDAR como una fuente de información precisa y fiable para ayudar al Catastro en su tarea de detección de omisiones.

Los análisis preliminares realizados muestran que esta innovadora metodología automatiza la detección y registro rápido de omisiones que todavía no habían sido detectadas, tanto para nuevas construcciones como para los cambios en altura de edificios que ya existían (es decir, incremento de plantas construidas). De este modo, se soluciona un problema que existía al realizar la detección mediante el método tradicional de fotointerpretación de imágenes aéreas (ortofotos) en dos dimensiones, de donde no se podía extraer ninguna información sobre la altura más allá de las sombras proyectadas.

Además, el trabajo de gabinete utilizando datos LiDAR permite disminuir el trabajo de campo de manera considerable, ya que el técnico que sea encargado de realizar la comprobación de las omisiones detectadas puede hacerse una idea de qué es lo que se va a encontrar, y dónde está localizado, cuando haga el recorrido de contraste.

En definitiva, la nueva metodología permite ir, de un modo rápido y efectivo, más allá de la detección de nuevas edificaciones, que por los medios disponibles de detección hasta la aparición de los sistemas de teledetección LiDAR existían.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Información Territorial de Aragón (CINTA) el apoyo prestado durante la realización de este proyecto. Así mismo, también agradecer a la Dirección General del Catastro (Delegación de Aragón) por su interés, colaboración y participación para la consecución del mismo.

5. BIBLIOGRAFÍA

Axelsson P., (1999): Processing of laser scanner data – algorithms and applications. ISPRS, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, 138-147.

McGaughey, R., (2014): FUSION/LDV: Software for LiDAR Data Analysis and Visualization. USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

San José Albacete, Antonio (2011) *Procesamiento de datos LiDAR con ArcGIS Desktop 10*. Trabajo Fin de Máster.

PNOA LiDAR (sf): Características técnicas. Recuperado el 1 de marzo de 2015, de <http://pnoa.ign.es/es/presentacion>

Modelo de datos de cartografía vectorial (formato shapefile) Versión 2.0 (Sede Electrónica del Catastro). Recuperado el 15 de enero de 2015, http://www.catastro.minhap.es/ayuda/manual_descriptivo_shapefile.pdf