

LA APLICACIÓN DEL ESCÁNER LÁSER TERRESTRE EN LA CATALOGACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DEL CASCO HISTÓRICO DE CASTELLFOLLIT DE LA ROCA

Alejandro Marambio, Barbara Pucci
Centro de Política del Suelo y Valoraciones
alejandro.marambio@upc.edu barbara.pucci@upc.edu

M^a Amparo Núñez, Felipe Buill
Dep. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. UPC
m.amparo.nunez@upc.edu felipe.buill@upc.edu

Palabras clave: Láser Escáner Terrestre, Nubes de Puntos, Visualización, Patrimonio

Resumen:

El uso del escáner laser terrestre en últimos años ha sufrido un gran incremento en diversas aplicaciones. La tecnología no es nueva existiendo gran variedad de metodologías para las diferentes aplicaciones. Aunque la etapa de toma de datos es relativamente rápida y sencilla, el post proceso resulta costoso. Son varios los programas que hay que conocer y utilizar para poder generar resultados útiles. Los procedimientos para transformar los datos que toman los escáneres directamente en modelos optimizados pueden volverse extremadamente largos. Por esta razón se propone, el uso de un modelo de nube de puntos denso como resultado final en vez de un modelo de polígonos y/o superficies. No se pretende demostrar que un modelo de puntos puede substituir a un modelo de polígonos con texturas, sin embargo, un modelo de puntos densos permite la generación de varios resultados útiles en tiempos de post proceso mucho más cortos. Se presenta como ejemplo el proyecto del levantamiento del casco histórico de Castellfollit de la Roca en Cataluña. El objetivo del proyecto ha sido la generación de un modelo de puntos denso georreferenciado con color, el cual pueda integrarse con otros formatos y programas, y del cual se puedan explotar diferentes informaciones; orto imágenes, modelos digitales de terreno, videos, material válido para el mejor desarrollo del plan especial de Patrimonio. La primera parte trata sobre el levantamiento con escáner láser terrestre; adquisición de datos y su post proceso. Se discute la correcta distribución de posiciones, la resolución de captura, el proceso en la toma de imágenes digitales, el post proceso de la toma de datos espaciales e imágenes y la georreferenciación y verificación del modelo con equipos de apoyo tradicionales. La segunda parte trata sobre la explotación del modelo de nube de puntos; generación de orto imágenes, videos, extracción de curvas de nivel, medidas simples y la generación de Modelos Digitales de Terreno para utilizar en escalas arquitectónicas en Sistemas de Información Geográfica. Por último se discuten los problemas de los levantamientos de entornos urbanos complejos y las limitaciones físicas que plantean los instrumentos. Se proponen nuevas ideas para el futuro desarrollo de nuevas aplicaciones.

1. Introducción

Con el término “Patrimonio” se entiende todo aquello que tiene un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, en el arte o la ciencia, sean esos monumentos, edificios o paisajes. Estos sitios están a menudo bajo la amenaza de las condiciones ambientales, de la inestabilidad estructural, del aumento del turismo y del desarrollo, y la mayoría de las veces, no están apropiadamente documentados. El escáner láser, en combinación con otras técnicas de documentación digital y tradicional, ofrece una solución útil para la documentación de todas las características espaciales y geométricas. Esta información no es sólo un registro de alta precisión del sitio, que puede servir como archivo histórico para la posteridad, sino que proporciona una amplia base de datos para los administradores de los sitios (arqueólogos y conservadores), permite la supervisión de aquellos donde es necesario realizar trabajos de restauración para garantizar su integridad física, y además, facilita el acceso de una manera virtual, a una audiencia más amplia a través de un medio digital como puede ser internet.

Actualmente, el escáner láser es una tecnología que se utiliza para la creación de modelos 3D de objetos históricos; reproduce la realidad directamente como puntos espaciales con alta densidad, en tiempo real, en un entorno digital, proporcionando información métrica y radiométrica. Sin embargo, la reconstrucción precisa de las superficies de este modelo de nubes de puntos no organizados derivados de los datos obtenidos por el escáner láser es un campo de investigación todavía no resuelto [1]. Por lo general, en todas las aplicaciones de patrimonio cultural, se requiere un modelo poligonal que pueda satisfacer la demanda de alto nivel de modelado y visualización. Los polígonos suelen ser la forma ideal de representar con exactitud los resultados de las mediciones, proporcionando una óptima descripción, pero en algunos casos, la transición de una densa nubes de puntos a una modelo poligonal en arquitectura es un proceso complejo, impreciso y laborioso. Mientras que la

generación de modelos digitales del terreno tiene una larga tradición y ya se han encontrado soluciones eficientes, el correcto modelado de superficies cerradas o los objetos de forma libre es de carácter reciente, siendo un problema importante en las actividades de investigación en este sector.

El proceso para la generación de superficies a partir de los datos que toma el escáner láser puede usar un algoritmo diferente en cada paso, por lo general los puntos tienen una estructura desorganizada, a menudo tienen ruido y además la superficie puede ser arbitraria, con topología desconocida y formas complejas, y esto implica, el uso de varios programas. Por lo tanto, el método de reconstrucción debe deducir la geometría correcta, la topología y las características de un conjunto finito de puntos de muestreo. Sin embargo, el objetivo es siempre encontrar una manera de crear un modelo informático de un objeto que sirva como una herramienta útil para procesos ya establecidos, así en algunos casos, una nube de puntos de color densa puede satisfacer por completo el objetivo de un proyecto en el cual las prioridades son las siguientes: la preservación de características métricas, la generación de planos arquitectónicos a escalas determinadas en un entorno CAD, y finalmente la reproducción virtual de la realidad en un modelo de alta resolución que se pueda examinar en 3D y del cual se pueda extraer cualquier información métrica, con un post proceso de datos rápido, controlable y sencillo.

El proyecto del levantamiento del casco histórico de Castellfollit de la Roca en Cataluña presenta esta aproximación, para su aplicación en el Plan Especial de Protección del Núcleo Antiguo. En primer lugar, se discute la posibilidad de utilizar el modelo de nube de puntos denso en lugar de un modelo poligonal para la representación de las fachadas de los edificios a través de la presentación de algunos ejemplos y aplicaciones desarrolladas por el Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad de la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona, y luego se profundiza el estudio detallando el caso específico de Castellfollit de la Roca y sus dificultades particulares.

2. Modelos poligonales y nube de puntos densa: dos enfoques distintos para la generación de información bidimensional y tridimensional

La figura 1 muestra el típico flujo de trabajo con escáner láser terrestre, después de la adquisición y registro de las nubes de puntos, comienza con el pre-proceso de los datos que consiste en: “limpiar los datos”, reducir ruido, redundancias y eliminar una cierta cantidad de errores introducidos por las limitaciones del dispositivo. Estas operaciones que normalmente se consideran sencillas, en realidad son una serie de pasos críticos para la correcta generación de superficies. Posteriormente el conjunto de puntos se convierte en un modelo poligonal sin estructura (mallas), esta es la parte más importante en la mayoría de los programas de ingeniería inversa, este paso es semi-automático: el usuario sólo debe introducir algunos parámetros como las medidas de ángulos, longitudes de borde y la altura o el área de los elementos. Normalmente, se necesitan algunos ajustes para corregir los errores e imperfecciones de los polígonos generados. Estas operaciones varían desde la edición directa de polígonos a correcciones o ediciones de superficies enteras: correcciones de bordes, reducción del número de polígonos, inserción de polígonos para rellenar los agujeros, etc. Todas estas operaciones requieren un conocimiento avanzado de varios de los programas de modelado 3D (Polyworks, Rapidform, Geomagic ...) y de una considerable inversión a nivel de tiempo y energía, especialmente en el caso del modelado de proyectos exteriores.

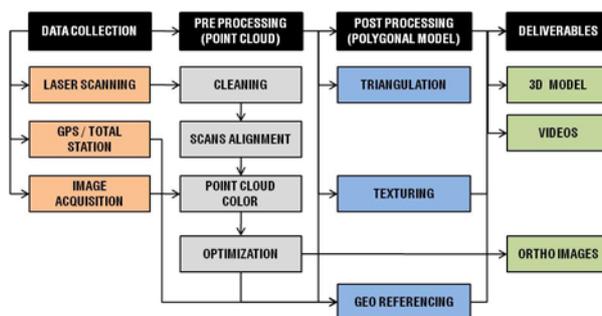


Figura 1: Flujo de trabajo con escáner láser

En los siguientes epígrafes se detalla el proceso para la generación y explotación de los modelos generados a partir de polígonos o bien el trabajo directo con la nube de puntos.

2.1 Generación de Modelos Poligonales

En el caso de objetos de formas sencillas y superficies homogéneas, es relativamente fácil y común pasar de una nube de puntos a un modelo de mallas (aplicaciones industriales típicas de la ingeniería inversa), no se puede decir lo mismo para la gran cantidad de datos y variedad de formas, típicos de levantamientos a escala urbana o territorial. Además con el fin de visualizar grandes conjuntos de datos, es necesario reducir la mayoría de la información contenida en los modelos 3D. Las consecuencias son que la exactitud de los datos disminuye y, por otro lado, la baja calidad en la visualización no es atractiva para los usuarios finales y termina sin poderse justificar el alto coste de producción de un modelo con escáner láser 3D. Otro punto que vale la pena subrayar es que, según el tipo de modelo (terreno o un objeto pequeño) y la visualización requerida (animación o estática), hay que emplear diferentes herramientas, algunas son específicas y sólo utilizables con ciertos modelos, otras pueden leer diferentes formatos 3D. Todos los programas existentes para el modelado y la visualización de objetos 3D son específicos para determinados tipos de datos, un programa de visualización completo debería prever la posibilidad de importar, exportar y visualizar diferentes formatos de imágenes 3D así como los datos de sus respectivas texturas. Por una parte los paquetes comerciales de "ingeniería inversa" no producen mallas correctas sin una nube de puntos homogénea y, por otra, los programas de visualización no pueden hacer nada para mejorar la calidad de un modelo que no esté bien realizado.

Resumiendo, los problemas a los que hay que enfrentarse en el caso del proceso estándar de elaboración de los datos antes propuesto son:

- El alto nivel de conocimiento de programas específicos para la edición de polígonos y mallas
- El tiempo necesario para mallar correctamente formas irregulares y extensas, y su edición
- La gran reducción de puntos que esta operación implica, una pérdida de información métrica
- La dificultad en gestionar millones de polígonos en plataformas que no son específicas para este tipo de aplicaciones
- El coste de los programas comerciales de Ingeniería Inversa

Por lo tanto la investigación, en el caso de modelación a escala urbana de datos proporcionados por un escáner laser, está hoy día enfocada a la generación de modelos 3D a partir de nube de puntos que sean suficientemente detallados y al mismo tiempo gestionables en varias plataformas: en entornos CAD para generar plantas, alzados, secciones, en visualizadores que permitan "navegar" e inspeccionar el modelo 3D en tiempo real, y en otros entornos donde se pueda integrar estos tipo de informaciones con datos como por ejemplo DTM generados con herramientas GIS, modelos 3D realizados con programas de diseño automático para simulaciones y representaciones virtuales en contextos reales.

2.2 Generación de Modelos de Nube de Puntos

La solución propuesta en este artículo utiliza nubes de puntos densos con color, no sólo como datos de entrada sino como datos de salida del proceso e información final. Por lo tanto el post proceso de los datos se reduce únicamente a: la eliminación de la información no deseada, el ruido, la proyección del color (proporcionado por una cámara digital calibrada al instrumento) sobre los puntos, la alineación y registro de las diferentes posiciones del escáner y la optimización (a nivel de resolución) del modelo finalmente generado.

Los modelos que se reconstruyen en esta manera son realistas y métricos, no hay una gran pérdida de datos, las características geométricas se mantienen sin introducción de errores debidos a la interpretación típica de la fase de modelado de superficies y, por lo tanto, se consideran como una herramienta útil para la documentación y la protección de edificios históricos. Otras ventajas de este enfoque es que para llegar al producto final se utilizan solo dos paquetes de software: el programa propio del escáner (Riegl RiscanPro), para limpiar, colorear, alinear, y optimizar la nube de puntos, y Pointools (un visualizador potente "low cost"), para la creación del modelo global, la generación de alzados, plantas y secciones, el renderizado y la edición de videos. Además, Pointools [2] permite controlar y potenciar la visualización de los datos a través de la gestión de la iluminación de los puntos. El programa ofrece también una solución para la gestión de varios tipos de datos, es decir que es posible la integración de datos laser con otro tipos de información, siendo posible la importación de modelos 3D a partir de una serie de formatos estándares como: obj y 3ds. En esta manera es posible visualizar entonos reales (nube de puntos) y virtuales (modelos 3D) en una única plataforma.

2.3 Experiencias previas: aplicación de modelos de nubes de puntos en distintas escalas arquitectónicas

El Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad (LMVC) de la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona ha realizado con esta metodología varios proyectos a escala urbana y arquitectónica con el objetivo de ofrecer una nueva herramienta útil para la documentación y la planificación urbana, capaz de producir una visualización exhaustiva del patrimonio cultural (Fig. 2).



Figura 2: Tossa de Mar, Castillo de Santa Barbara, Museo Marítimo de Drassanes

Estas pruebas en diferentes escalas han confirmado la utilidad de esta aproximación al problema. En cada caso se plantea una mejor solución, estimando: el número adecuado de posiciones necesarias, la distancia entre las mismas y la resolución angular entre los puntos en función de la distancia al objeto a escanear. En función de los resultados finales requeridos, cada proyecto adopta una planificación particular especial, sin embargo casos similares han permitido la definición de procesos estándares para la representación en escalas preestablecidas.

Como se puede ver en la figura 3, la misma fachada ha sido escaneada con distintos niveles de detalle (distancia entre posiciones del escáner y distancia entre las medidas adquiridas), y las imágenes generadas del modelo de puntos han sido producidas con distintas resoluciones (tamaño del punto y resolución cm/píxel de la imagen).

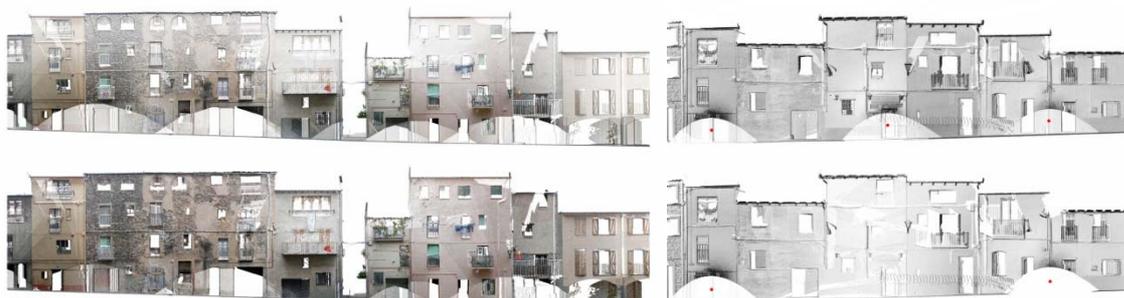


Figura 3: Ejemplos de resultados variando el tamaño al punto y la distancia entre posiciones

3. Caso de Estudio: Casco Histórico de Castellfollit de la Roca

Castellfollit de la Roca (Fig. 4) es un pueblo de aproximadamente 1000 habitantes y ocupa menos de 1 km² de superficie, hecho que lo convierte en uno de los municipios más pequeños en extensión de Cataluña. El pequeño término municipal está limitado por la confluencia de los ríos Fluvià y Toronell, entre los cuales se levanta una espectacular pared basáltica de más de 30m de altura. El perfil de la iglesia y de las casas que cuelgan sobre la pared basáltica, al borde del precipicio, se ha convertido en una de las imágenes más fotografiadas y pintadas de Cataluña; pero es también un magnífico mirador natural desde el cual pueden observarse los valles de los dos ríos. El casco antiguo de Castellfollit de la Roca, de origen medieval, está formado por plazas y calles estrechas y ombrías. Las casas, en su mayor parte, están construidas en piedra volcánica.



Figura 4: Vista panorámica de Castellfollit de la Roca

El objetivo de este proyecto de investigación ha sido el registro de los datos del casco histórico de Castellfollit de la Roca para la generación de un modelo 3D de alta resolución y de fichas técnicas de las fachadas en su conjunto a escala 1:200 en entorno CAD, válidas para el Plan Especial de Protección del Núcleo Antiguo. La complicada forma de los edificios y de su entorno, la ausencia de cualquier levantamiento anterior y la necesidad de reconstruir la geometría de los lugares en un tiempo razonable, han sugerido el uso de tres diferentes técnicas: el escáner láser para la geometría de los edificios, lugares y calles, el GPS para la obtención de puntos de control y, por último, el SIG para la creación de un Modelo Digital de Terreno (MDT) del contexto.

3.1 Levantamiento con Escáner Láser y modelo de nube de puntos denso

Entre los varios sistemas de escáner láser terrestre de alta precisión, de largo alcance y de libre contacto que hay en el mercado, se utilizó el sistema 3D LMS Riegl-Z420i [3] fabricado por la casa RIEGL (Horn, Austria). El sistema consta de un distanciómetro láser que proporciona informaciones métricas espaciales y radiométricas (x,y,z,i), un software de procesamiento (RiSCAN PRO), y una cámara réflex digital calibrada de alta resolución. El funcionamiento es muy sencillo: el rayo láser es desviado verticalmente mediante el uso de un espejo poligonal, este movimiento, combinado con la base rotatoria del sistema, permite adquirir una escena con un gran campo de visión (FOV = 360° H x 80° V). La velocidad de exploración es de 1000 a 25000 puntos por segundo con una precisión de $\pm 2\text{cm}$. El rango de medición mínimo es de 2 metros y el alcance máximo puede llegar hasta 1200m. Los datos escaneados se transmiten a un ordenador portátil a través de un puerto Ethernet TCP / IP, mientras que la interfaz de la cámara (USB) permite que las fotos se introduzcan en el mismo portátil. El programa RiSCAN PRO, permite al operador realizar un gran número de tareas como la configuración del sensor, la adquisición de datos, la visualización y la manipulación de los datos.

Para el levantamiento de los 2800 metros de fachadas (9 calles y 6 plazas) de Castellfollit de la Roca fueron necesarios cinco días de campaña con un total de 150 posiciones y más de 750 fotos de 4Mp. La distancia elegida entre cada posición fue de 10 metros, con una resolución angular de $0,08^\circ$. El tiempo de escaneo varió desde los 5 minutos a 20 minutos dependiendo de la gama de exploración y la visibilidad de las zonas de interés. El procesamiento de datos ha consistido en dos etapas: pre y post-procesado. El pre-procesamiento de los datos incluye la reducción de ruido, el ajuste del color, contraste y luminosidad de las imágenes, el coloreado de las nubes de puntos y el registro de las posiciones del escáner. Este paso se realizó utilizando respectivamente los programas: RiSCAN PRO, Photoshop Lightroom, e Innovmetric Polyworks. El post procesamiento de datos incluye la optimización de la nube de puntos general y la creación de secciones y ortoimágenes de los edificios a una resolución de 50pix/cm para la representación de la escala 1:200 [4]. Fue necesario aproximadamente 1 mes de trabajo en oficina para generar un modelo optimizado de cerca de 300 millones de puntos y las 43 ortoimágenes en archivo CAD en formato DIN A3 (Fig. 5).

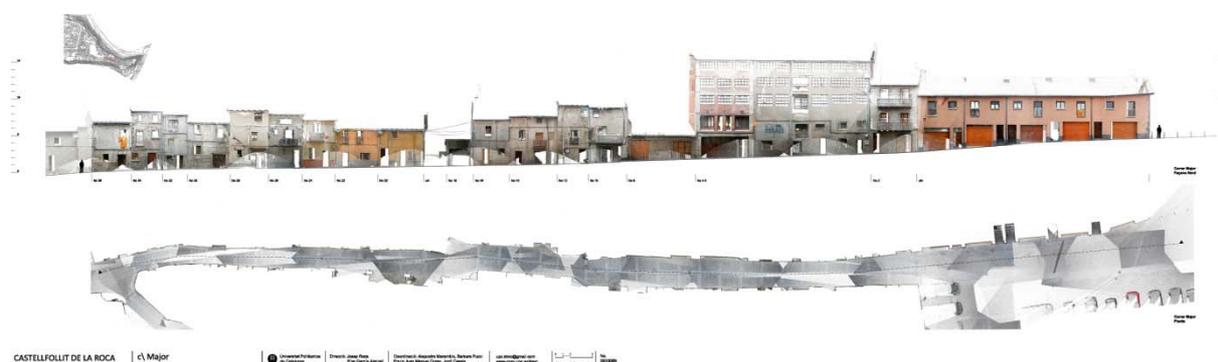


Figura 5: Planta y alzado de c/ Major

3.2 Levantamiento con GPS y georreferenciación de la nube de puntos

La georreferenciación del modelo de nube de puntos se realizó con puntos topográficos tradicionales. Para ello se establecieron dos vértices, v1 y v2, visibles entre sí mediante observación GPS por el método estático diferencial; en la observación se emplearon dos receptores Leica SR530 (Fig. 6). La observación se efectuó con estacionamiento sobre trípode con una máscara de elevación de 15° , una duración de 2h en épocas de 15 segundos. En el procesado se consideraron como vértices fijos las dos estaciones de referencia del Instituto Cartográfico de

Cataluña (ICC): Cassa de la Selva (CASS) y Sant Bartomeu del Grau (SBAR), siendo las longitudes de las líneas base de aproximadamente 25km, por lo tanto siguiendo las características de los receptores y antenas empleados, se estima que el error a priori en la medida de cada uno de los vectores es de 15mm.

Tras el cálculo de los vectores y ajuste de la red se obtuvieron las coordenadas de los puntos v1 y v2 y el error asociado a las mismas que se estableció en $\sigma_{xv1}=7\text{mm}$, $\sigma_{yv1}=4\text{mm}$, $\sigma_{zv1}=15\text{mm}$ y $\sigma_{xv2}=7\text{mm}$, $\sigma_{yv2}=6\text{mm}$, $\sigma_{zv2}=17\text{mm}$. La conversión de las coordenadas elipsoidales WGS84 a coordenadas UTM (ED50) huso 31N y cota ortométrica se realizaron con los parámetros que actualmente se están empleando en el ICC. Encuadrado entre estos puntos se realizó la observación de un itinerario topográfico que cubriera la extensión de toda el área que había sido barrida con el sensor láser. Una vez comprobado que el error de cierre entraba en tolerancia se realizó el ajuste de las coordenadas y desde las bases del itinerario se radiaron los puntos que se consideraron suficientemente identificables en la nube de puntos para la georreferenciación de la nube final, puntos que básicamente coinciden con esquinas de edificios o vértices de elementos representativos. Finalmente gracias al programa Polyworks, se relacionaron las coordenadas fijas del GPS a los puntos relativos en la nube de puntos (Fig.7).

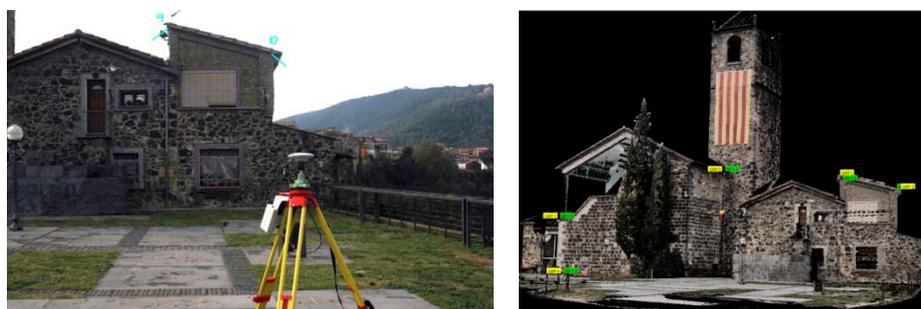


Figura 6 y 7: Levantamiento GPS y nube de puntos georreferenciada

3.3 Modelo MDT a partir de herramientas SIG y Modelo 3D Global

El modelo de puntos georreferenciado se completó con un MDT de la zona de estudio, generado a través de la herramienta de SIG, ESRI ArcScene, a partir de datos descargados desde la página web del ICC (curvas de nivel y ortofotografía escala 1:5000). Las ventajas añadidas al uso de esta herramienta para la creación de modelos digitales del terreno, a diferencia de modelos tradicionales de polígonos generados en plataformas CAD, es la posibilidad de realizar distintos tipos de análisis como: estudios de pendientes, estudios de visibilidad, así como evaluación de orientaciones y sombras. Además, el modelo de terreno obtenido se encuentra en el mismo sistema de coordenadas que el modelo de puntos, permitiendo de esta manera una fusión automática entre los dos tipos de datos. Finalmente, la visualización, exploración y explotación conjunta de toda la información para la generación de videos, obtención de medidas simples, y ortomágenes a distintas escalas se realizó con la plataforma Pointools, discutida anteriormente en el punto 2.2 (Fig. 8).



Figura 8: MDT y nube de puntos georreferenciada

4. Aplicación en el Plan Especial de Protección del Núcleo Antiguo

La reproducción digital de Castellfollit de la Roca ha permitido disponer de una base de datos que proporcione una plena comprensión del patrimonio histórico como soporte, a cualquier planeamiento de proyecto o de intervenciones futuras para su protección o reconstrucción. Debido a su alto valor histórico, era importante medir y modelar la totalidad de los edificios con una alta precisión [5][6]. En particular, el objetivo era la obtención de una gran cantidad de información métrica sobre elementos arquitectónicos externos, que presentaban dificultades para los sistemas de mediciones tradicionales, en un periodo de tiempo suficientemente corto para su aplicación en el Plan Especial de Protección del Núcleo Antiguo.

Este instrumento urbanístico requiere de estudios de ordenación volumétrica, a través de los cuales se pueden catalogar y analizar las calles, las plazas, y los edificios de manera individual. Estos estudios son necesarios para la autorización de obras de conservación y restauración en los exteriores de los edificios, así como de obra de nueva planta en solares vacíos, en especial en el caso de zonas catalogadas como Bienes Culturales de Interés Nacional (BCIN). Esta documentación contiene tres puntos básicos: factores de localización, factores de análisis y la justificación del proyecto.

Los factores de localización están constituidos por planos de emplazamiento, documentos justificativos del cumplimiento de la normativa aplicable, y finalmente su concordancia con el entorno. Por lo que es necesario llevar a cabo un estudio del tejido urbano, prestando especial atención a los tipos de parcelas dominantes, la tipología de edificación dominante (vivienda unifamiliar o plurifamiliar) o, si se da el caso de que no existe ninguna tipología predominante, la coexistencia entre varias de ellas.

Los factores de análisis estudian la existencia o carencia de homogeneidad en los paramentos frontales de las edificaciones (normalmente se considera que existe una homogeneidad si se da la repetición de los mecanismos de composición de los elementos que integran las fachadas, materiales, texturas y colores). Además hay que tener en cuenta si existen elementos externos que cohesionan la zona dentro del tejido urbano (pavimento, iluminación,...) y la geometría de los elementos que forman las fachadas y que forman una secuencia (balcones, barandillas, cornisas,...). En el caso de que no exista homogeneidad se estudian las tipologías existentes, fruto de las diferentes épocas constructivas, así como las modificaciones que se han producido en un inmueble en concreto (como cambios de cubierta, apertura de ventanas,...) que rompen la continuidad del frente de calle.

El tercer documento, la justificación del proyecto, hace referencia al estudio de las líneas, planos y diferentes elementos que componen el frente de calle. En primer lugar se analiza la composición general: predominio de las construcciones frente a espacios vacíos, existencia de una cadencia de ubicación en los huecos, predominio de una determinada proporción en la forma de los huecos, presencia o no de balcones, presencia de portales o discontinuidades en las aberturas de los bajos. Uno de los elementos a estudiar es la homogeneidad en las alturas de las diferentes edificaciones, para ello los parámetros a considerar son el predominio o no de una coronación unitaria (entendiendo que se pueden producir pequeñas variaciones), el predominio de remates individualizados en cada construcción, el predominio de soluciones constructivas de coronamiento basadas en el remate de la cubierta (aleros, canales, cornisas con tejados, etc.).

Como se puede ver en las fichas de la figura 9, la información que facilita el escáner láser contiene todos los elementos necesarios para llevar la mayoría de los estudios requeridos para la redacción del Plan Especial. El modelo de nube de puntos permite la obtención de cualquier análisis del conjunto: registro del mobiliario urbano (cable, farolas), evaluación de los frentes de calles (incluidos detalles arquitectónicos como ventanas, cornisas, vuelos y balcones para estudios de estados de conservación y tipologías dominantes) y mediciones de alturas y distancias entre los planos de las fachadas (para la obtención de estudios volumétricos).

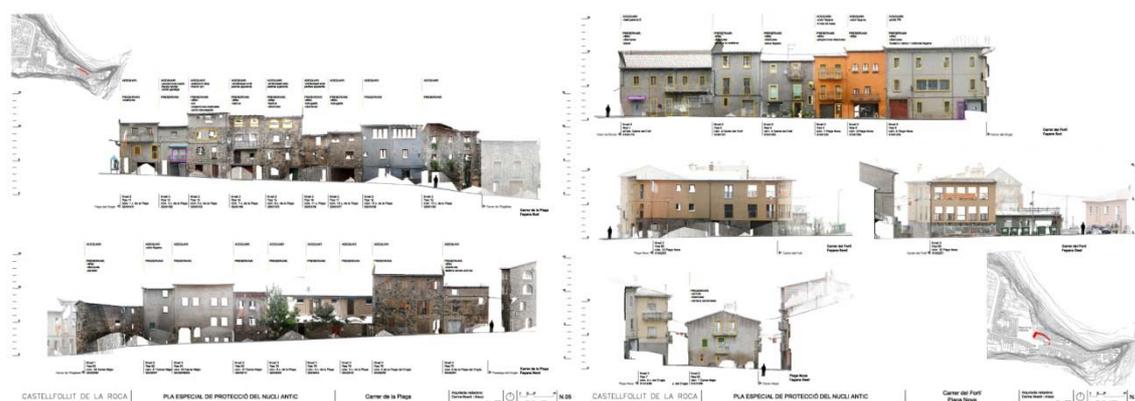


Figura 9: Estudios de frentes de calle para el Plan Especial de Protección del Núcleo Antiguo

5. Conclusiones

El uso del escáner láser terrestre para medir la forma y la geometría de los edificios históricos es muy extendido hoy día: el instrumento permite obtener en poco tiempo una gran cantidad de datos, en muchos casos imprescindibles para estudios de rehabilitación y protección de entornos urbanos de alto valor histórico-arquitectónico y por lo tanto, es considerado como un instrumento capaz de aportar un avance significativo para la eficiente documentación del Patrimonio.

Un aspecto a solucionar es el procedimiento para explotar y utilizar correctamente toda la información obtenida, sobre todo en función de los propósitos planteados para casos de estudio e investigación específicos, tanto a nivel arquitectónico como a escala urbana. Una solución relativamente rápida y eficaz es el uso de nubes de puntos densas y optimizadas para la obtención de distintas informaciones, entre ellas la reproducción de los planos y de las fachadas de los edificios a escala urbana como orto imágenes en entornos CAD. Esta solución, propuesta por el Laboratorio de Modelación Virtual de la Ciudad, viene descrita a través de un caso estudio específico: el levantamiento del pueblo de Castellfollit de la Roca para la generación de información útil a la explotación del Plan Especial Urbano.

La información generada y las fichas obtenidas confirman el valor y utilidad de la explotación de los modelos de nubes de puntos densos en todos los casos en los que hace falta información de forma rápida y sencilla, en un entorno fácilmente manipulable y amigable por lo que no se requieren conocimientos especializados. Por otro lado, una nube de puntos densa y optimizada es una base sólida para procesos que requieren tiempos más largos de elaboración (generación de mallas, modelos digitales de terreno) y constituye un registro histórico actualizable que siempre puede ser consultado e integrado con otras herramientas (SIG, simulaciones y realidad virtual).

Referencias

- [1] Remondino F., 2003. From Point Cloud to Surface: The Modeling and Visualization Problem. Commission V – WG 6 International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV-5/W10. Tarasp-Vulpera, Switzerland.
- [2] Pointools High Performance Point Cloud Software. www.pointools.com
- [3] Technical Data for LMS-Z420i. www.riegl.com
- [4] Mills J., Barber D., 2005. An Addendum to the Metric Survey Specifications for English Heritage - The Collection and Archiving of Point Cloud Data obtained by Terrestrial Laser Scanning or other methods. Newcastle, U.K.
- [5] Boriani M., Cazzani A., Giamburro M., 2005. The Naviglio of Martesana: A GIS to Manage a Protected Area. DPA, Politecnico di Milano. CIPA 2005 XX International Symposium, 26 September – 01 October, 2005, Torino, Italy.
- [6] Ardissonne P., Rinaudo F., 2005. A GIS For The Management Of Historical And Archaeological Data. Politecnico di Torino – Dipartimento Ambiente, Territorio e Geotecnologie. CIPA 2005 XX International Symposium, 26 September – 01 October, 2005, Torino, Italy.