



LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON DRONE APLICABLES A TAREAS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Jorge E. Del Boca

Ingeniero. Ex Profesor Titular de Topografía FAUD - UNC

Resumen

El presente artículo pretende acercar a los profesionales de la construcción, muy especialmente a los arquitectos, las nuevas tecnologías de la fotogrametría digital, de los drones y del software específico, para obtener importantes elementos necesarios, más bien imprescindibles, para conocer la morfología y dimensiones del terreno, a través de planos topográficos y modelos digitales del emplazamiento del proyecto u obra, con un lujo de detalles impensable unos pocos años atrás, y con una inversión de recursos accesible a prácticamente todos los profesionales en actividad y con el beneficio de trabajar sobre los productos obtenidos como si se lo hiciera sobre el terreno mismo, especialmente adecuado no solo a proyectos de Arquitectura, sino también a trabajos de paisajismo, impacto ambiental, patrimonio

arquitectónico, entre otros.

Fundamentos

La fotogrametría es una ciencia que consiste en obtener, a partir de las leyes de la proyección central en las que se basa una fotografía, medidas y representaciones tridimensionales de los elementos

fotografiados. Los avances de la tecnología digital hicieron que estas tareas, que requerían muy laboriosas operaciones con equipos analógicos y personal altamente capacitado para su empleo, llegaran hoy a ser accesibles a un amplio público, como es común en nuestros días.



Figura 3. Aplicación de la Fotogrametría con Drone a una obra de Arquitectura.

Desarrollo

El flujo de trabajo para obtener información de la morfología del terreno con vistas al uso profesional empleando drones consiste en las siguientes etapas generales a saber:

1. Inspección del terreno a levantar para optimizar las tareas en función de los requerimientos
2. Fijación de un sistema de referencia en el terreno
3. Realización del plan de vuelo para el dron
4. Obtención de las fotografías
5. Obtención del modelo digital del terreno
6. Exportación de los resultados obtenidos al software para realizar el proyecto.

Como en cualquier trabajo de campo, es imprescindible conocer el terreno y tener absoluta claridad de lo que se desea obtener, a los fines de poder planificar perfectamente el trabajo sobre todo en extensión y precisiones requeridas. En general con aerofotogrametría con drones, pueden hacerse los levantamientos topográficos preliminares con precisiones semejantes a las obtenidas con los métodos de la topografía clásica tales como la Taquimetría con teodolito. Su principal virtud y ventaja es la inmensa cantidad de puntos considerados, aparte que todo lo que existe en el terreno queda registrado en las fotografías sin omitir absolutamente nada. No obstante, debe prestarse particular atención a que las fotografías incluirán, además de la superficie de terreno, la cubierta vegetal de todo tipo (pasturas, malezas, arbustos, árboles, etc.) las construcciones, la presencia de animales, vehículos, presentes en el lugar del levantamiento.

El sistema de puntos de referencia consiste en una red de puntos cuyas coordenadas pueden ser referidas a un sistema geográfico¹ (georreferenciadas) o a un sistema local. En el primer caso deberá utilizarse un equipo GPS de preci-

sión y en el segundo caso, muy común para obras de arquitectura, se pueden determinar mediante diversas técnicas de la Topografía, tales como la descomposición en triángulos, la poligonometría, triangulación topográfica o bien la medición directa de coordenadas de los puntos de apoyo con estación total. Esta red de puntos de referencia permitirá ajustar el modelo obtenido a partir de las fotografías aéreas para que el trabajo resulte consistente, es decir en cuanto a formas, niveles, proporciones y dimensiones, con el terreno levantado.

La toma de fotografías aéreas debe hacerse de acuerdo a técnicas usuales para la aerofotogrametría analógica clásica². La diferencia con las fotografías digitales es que las superposiciones para este caso deben ser mucho mayores, del orden de un 80 %.

Asimismo, deben ser resueltos los problemas de guiar el dron por una trayectoria determinada y al mismo tiempo realizar la toma de cada foto en el instante preciso y cubrir toda el área a levantar. Esto se consigue realizando un plan de vuelo para el dron, con un software específico que automatiza todo el trabajo. El plan generado se carga en el dron y éste realiza el vuelo programado.

Una vez obtenidas las fotos y las coordenadas de los puntos fijos de apoyo se realiza el proceso de restitución utilizando distintas aplicaciones que conducirán a obtener el modelo digital del terreno que a su vez permitirá obtener varios productos de aplicación.

Las aplicaciones se basan en orientar las fotos. Los drones al tomar cada foto graban las coordenadas geográficas del punto de toma obtenido por el sistema propio de GPS. Hecho esto el software ubica los puntos iguales que aparecen en distintas fotos, para lo que hace un análisis a nivel de pixel y por analogía va considerando puntos comunes, lo que lleva a obtener una

nube de puntos dispersa tridimensional que es el comienzo del proceso de obtener el modelo del terreno. Hay que hacer notar que la precisión con que drones relativamente sencillos obtienen la precisión de los puntos de toma y lo que los softwares de restitución son capaces de hacer con el conjunto de fotos, conllevan a resultados que serían más que suficientes para tareas preliminares de muchos proyectos, especialmente en la etapa de selección de alternativas, estudios del entorno, del paisaje, de los relieves generales, de los desagües y aún más.

Sin embargo, para un resultado confiable, de aplicación profesional, debe ajustarse el levantamiento a los puntos fijos de modo de poder constatar la coherencia entre el modelo obtenido y el terreno real.

Aplicación a un caso real

Se analiza un levantamiento realizado sobre una fracción de terreno en zona serrana, con una superficie de unas siete hectáreas donde se requería conocer el relieve, pendientes y demás detalles para optimizar su aprovechamiento.

Lo que se hizo en este caso, una vez establecida la zona del levantamiento, fue fijar los puntos fijos de apoyo en el terreno, y se procedió al señalamiento, amojonamiento y levantamiento con estación total. Lo que se requiere es obtener las coordenadas tridimensionales de dichos puntos fijos. Naturalmente también, y con grandes ventajas operativas, pudo hacerse con equipo GPS de precisión, con lo que el trabajo hubiese quedado perfectamente geo-referenciado.

Referencias

¹ En la República Argentina es el POSGAR 07 (Posiciones Geodésicas Argentinas 2007) Instituto Geográfico Nacional.

² Tomas obtenidas con cámaras fotográficas, analógicas con película de celuloide, especiales montadas en un avión.

Seguidamente se realizó la toma de fotografías con dron. Para este caso se utilizó un equipo DJI Mavic Mini, cuyas características de duración de vuelo y calidad de la cámara permiten utilizarlo para estos fines.

El plan de vuelo que en este caso se hizo con un software de pago Dronelink®, donde se programa la altura de vuelo con respecto al piso, el traslape o superposición de las fotografías y el recorrido. También hay aplicaciones gratuitas para ello.

Antes de iniciar el vuelo, deben señalarse los puntos fijos para que sean visibles e identificables en las fotografías. En este caso se utilizaron unas señales en forma de blancos para puntería, en cuyo centro se encontraban las estacas de dichos puntos.

Una vez cumplidos los preparativos, al que también debe sumarse una meteorología favorable, poco viento e iluminación adecuada (evitar variaciones de intensidad y sombras largas) se ejecuta el vuelo.

El tiempo de trabajo en el campo para amojonar y levantar los puntos con estación total y la realización del vuelo para este caso no es mayor a media jornada.

Seguidamente, ya en gabinete, se hace el procesamiento de los datos, en este caso con el software Agisoft Metasape³®.

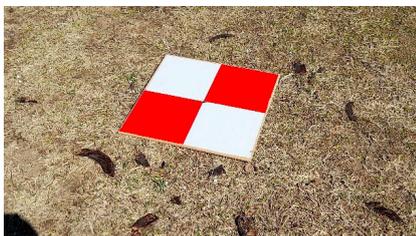


Figura 4. Señales visibles para los puntos de apoyo fijos.

Como ya se anticipó, primeramente se cargan las fotografías en el software, se realiza la orientación de las mismas y se genera la nube de puntos dispersa. Seguidamente deben identificarse los puntos de apoyo en todas las fotografías en



Figura 2. Aspecto de la zona del levantamiento.

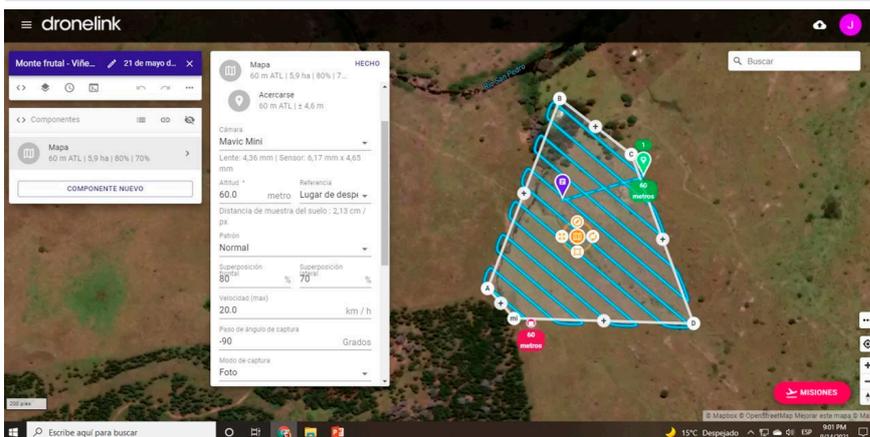


Figura 3. Captura de pantalla de la aplicación para generar el plan de vuelo del dron.

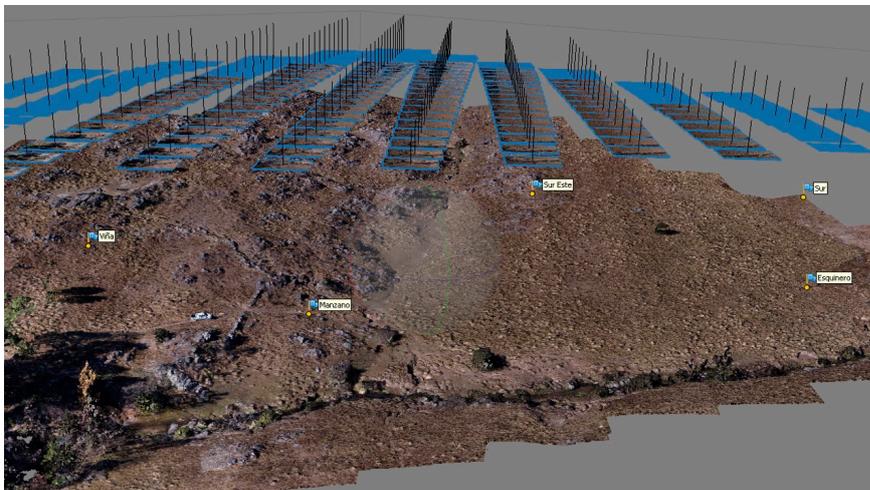


Figura 5. Desarrollo del trabajo mostrando el terreno, las posiciones de toma de las fotografías y los puntos de apoyo fijos.

que estos aparecen colocando un marcador con su correspondiente etiqueta que no es otra cosa que la designación que se le dio a este punto durante el levantamiento topográfico de apoyo.

Una vez que se han colocado todos los marcadores en todas las fotos en que aparecen debe hacerse nuevamente la orientación de las

fotos, pero esta vez tomando exclu-

Referencias

³ Se trata de un software de pago, que tiene una opción de prueba gratuita por un breve período. También puede hacerse con Open Drone Map, <https://www.opendrone-map.org/> software de fotogrametría de código abierto para procesar fotografías aéreas para mapas y modelos digitales de terreno.

sivamente los puntos fijos sobre el terreno y no las posiciones de la cámara que se usaron al principio. Así se obtiene nuevamente la nube de puntos dispersa. Una vez orientadas las fotos, debe optimizarse la posición de las cámaras con lo que el error total se minimiza y alcanza valores muy pequeños, del orden de un par de pixels. Sin embargo, persisten errores secundarios que no pueden soslayarse debidos a las características de la óptica de las cámaras y su corrección, tema que trasciende el alcance del presente artículo.

Hay que destacar que las fotografías toman absolutamente todo lo que se encuentra en el objetivo, mucho más allá de los puntos requeridos para conocer el relieve del terreno, por lo tanto es necesario realizar un filtrado de la abundante información que dichas fotos proporcionan. Para ello las aplicaciones permiten hacer una clasificación de los puntos en base a distintos parámetros que interesarán según los objetivos de cada trabajo.

Los pasos siguientes serán entonces obtener la nube de puntos densa⁴, y el modelo digital de elevaciones (MDE) y a partir de los mismos, en pasos prácticamente automáticos, el ortomosaico y las curvas de nivel a equidistancia que indique el operador.

El ortomosaico es una fotografía en proyección ortogonal, es decir sin perspectiva o bien en proyección paralela. Se obtiene en formato .tif⁵ y puede decirse que es un mosaico de todas las fotos del vuelo proyectadas sobre el plano horizontal (x-y) en la dirección del eje vertical (z) siendo el sistema de coordenadas el mismo que el de los puntos de referencia del levantamiento. El ortomosaico contiene información altimétrica y puede exportarse a programas tales como Civil 3D de Autodesk[®] para su procesamiento para proyectos específicos de obras de todo tipo.

Las curvas de nivel generan un

archivo formato .shp que esencialmente es un archivo de formas compatible con muchas aplicaciones para Sistemas de Información Geográfica⁶ incluso el ya citado Civil 3D de Autodesk[®].

Como puede verse, es posible obtener una gran cantidad de información, capaz de ser procesada por muchos programas como AutoCAD; Revit; Sketch Up, etc. y obtener productos de la más diversa índole, particularmente elementos propios de proyectos de arquitectura e ingeniería, tales como cortes, perfiles, volúmenes, cuencas, drenajes, y mucho más.

Para tener una idea de la precisión altimétrica del modelo creado, se midió el desnivel entre dos puntos del terreno situados a unos 320 metros de distancia utilizando un nivel de anteojo en ida y vuelta, hallándose un valor de 11,21 m. Seguidamente, se identificaron los mismos puntos en el modelo y con herramientas del mismo software se hallaron las alturas y el desnivel, cuyo valor resultó ser de 11,36 m. Esto habla a las claras de la confiabilidad del modelo obtenido para muchas aplicaciones.

Otra aplicación interesante es el registro de los avances de una obra mediante vuelos sucesivos,

ofreciendo datos a la dirección técnica y a la certificación. Si el vuelo se realizara a una distancia de 10 m del plano que se está fotografiando, el tamaño del pixel sería inferior a medio centímetro, lo que es muy interesante para trazar planos conforme a obra de gran utilidad, donde podrían relevarse, por ejemplo, las posiciones de armaduras, de cañerías y de otros elementos que queden luego ocultos por tareas de hormigonado y subsiguientes.

Como referencia final se hace hincapié en la conveniencia de profundizar el estudio y aplicación de estas tecnologías, cada vez más al alcance de los profesionales independientes, que verán potenciadas sus capacidades de realizar proyectos ejecutivos y planos conforme a obra mucho más ajustados a la realidad con las consiguientes ventajas económicas y de tiempo.

Referencias

- ⁴ Se recomienda una precisión media, alta o muy alta, esta última dependiente de la capacidad de la computadora utilizada.
- ⁵ TIFF (Tagged Image File Format) es un formato de archivo para almacenar imágenes de mapa de bits. Es muy utilizado por su versatilidad y compresión no destructiva.
- ⁶ ARC info, Q GIS

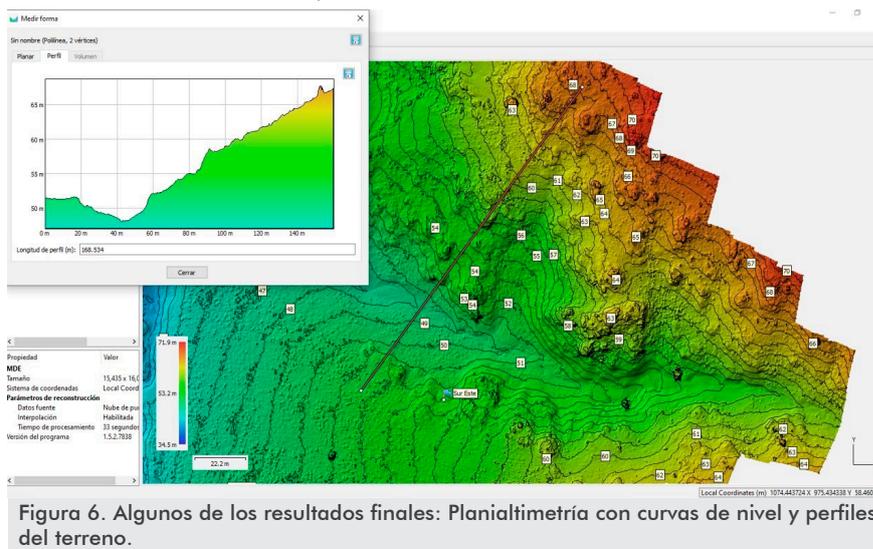


Figura 6. Algunos de los resultados finales: Planialtimetría con curvas de nivel y perfiles del terreno.