

Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's)

*Digital Models Generation by Photogrammetry Using
Unmanned Aerial Vehicle (UAV's)*

ÓSCAR WILLIAM VERGARA R.

**Ingeniero en Mecatrónica
Especialista en Gestión de proyectos
Centro Agroturístico - Regional Santander
Grupo de Investigación en Tecnología,
Innovación y Pedagogía
Manuela Beltrán, GITIP-MB
overgarar@sena.edu.co**

HAROLD DUARTE R.

**Tecnólogo en Electrónica
Talento Línea Electrónica y
Telecomunicaciones de Tecnoparque
Nodo Socorro
yarogato@gmail.com**

Fecha de recepción: 15 de julio de 2017

Fecha de evaluación: 10 de agosto de 2017

Fecha de aceptación: 28 de agosto de 2017





Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's)

Resumen

Mediante la captura de imágenes, realizadas con vehículos aéreos no tripulados (UAV's, por su sigla en inglés), también conocido como Drones, se puede desarrollar modelos digitales de elevaciones (MDE) con múltiples aplicaciones en áreas del conocimiento como: agronomía, cartografía, ortofotografía, topografía y arquitectura. El objetivo de esta investigación fue realizar un método de conversión de fotografías bidimensionales a un modelo tridimensional digital, que permita realizar mediciones con una precisión de ± 2 metros.

Dentro de los resultados se obtuvo una orto fotografía de alta resolución georeferenciada, la cual permite hacer mediciones y realizar cálculos volumétricos, que puede ser exportada a un sistema de tipo CAD (Diseño Asistido por Computadora), así como también curvas de nivel y modelos digitales de superficie y terrenos.

Palabras clave: drones, cartografía, modelos digitales de elevaciones, orto-fotografía, fotogrametría.

Abstract

Through the capture of images of unmanned aerial vehicle, known in English as UAV or DRONE, can develop digital

elevation models (DEM) with multiple applications in areas of knowledge such as: agronomy, cartography, orthography, topography and architecture. The objective of this research was to carry out a method of converting two-dimensional photographs to a three-dimensional digital model allowing measurements to be executed with an accuracy of ± 2 meters.

Within the results, a high resolution orthophotography georeferenced was obtained, which allows to do measurements and volumetric calculations that can be exported to a CAD system (computer-aided design), as well as contour lines and digital surface and terrain models.

Keywords: Drones, Cartography, Digital Elevation Models, Ortho-photography, Photogrammetria.

Introducción

Las fotografías aéreas se constituyen hoy en día, en una de las fuentes de información a la que más se recurre en diferentes campos del saber. Los usuarios, tan antiguos como los primeros vuelos en globo, han visto cómo la tecnología fotográfica, así como la de los vehículos utilizados para volar, instrumentación y métodos para los procesos, se han desarrollado a grandes

velocidades, mejorando la calidad, precisión, resolución, y facilitando cada vez más el acceso a este tipo de información.

Ahora bien, Mediante la captura de imágenes, realizadas con vehículos aéreos no tripulados (UAV's, por su sigla en inglés), también conocido como Drones, se puede desarrollar modelos digitales de elevaciones (MDE) con múltiples aplicaciones en áreas del conocimiento como agronomía, cartografía, orto-fotografía, topografía y arquitectura. En ese orden de ideas, Quispe (2015) expresa:

La utilización del drone en fotogrametría es una tecnología cada vez más asequible. Puede ser empleado para la actualización, estudio, monitoreo, inspección u otra actividad en áreas puntuales y concretas. Con la metodología adecuada, se pueden obtener ortofotos y modelos digitales de elevación (MDE) con una resolución espacial antes no disponible, superior a imágenes de satélite (Quispe, 2015, pág. 22).

Entendiéndose la fotogrametría como el arte y/o ciencia, de obtener información confiable mediante la grabación, medición, análisis y representación de imágenes o información de sensores sobre la tierra, su medio ambiente, así como otros objetos físicos y de procesos (Coelho, L., Nunes, J., 2009).

De igual manera, Felicísimo (1994) citado por Pérez y Mas (2009), contextualiza a los Modelos Digitales de Elevación (MDE) como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud en la superficie terrestre, almacenados en una base de datos digital y georreferenciada en un sistema de proyección cartográfica.

Según Fallas (2007) los diferentes usos de los modelos digitales de elevación, son:

1. Estimaciones de volúmenes a remover o rellenar en trabajos de ingeniería.

2. Cartografía topográfica.
3. Mapeo y estudios batimétricos e hidrológicos.
4. Mapeo geológico y geofísico.
5. Simulación y análisis del paisaje.
6. Estimar área a inundar en proyectos hidroeléctricos.
7. Estudios de inter-visibilidad que define la ubicación de antenas para telecomunicaciones.
8. Análisis estadístico del terreno.
9. Determinación de pendiente, aspecto y sombreado del terreno.
10. Visualización en 2.5D (Modelos digitales de elevación: teoría, métodos de interpolación y aplicaciones, p. 2).

Materiales y métodos

Para la generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV's), se utilizó el drone Phantom 3 Profesional de la compañía DJI, el cual tiene una cámara de 1/2.3" CMOS con efectividad de pixeles de: 12.4 M (pixeles totales: 12.76 M) y un lente FOV 94° de 20 mm (35 mm a formato equivalente), y un foco de f/2.8. Cabe destacar que este drone tiene estabilización en los 3 ejes, es decir, movimiento horizontal, movimiento vertical y rotación, así como un tamaño de máximo de imagen de 4.000 por 3.000 pixeles, lo cual es adecuado para una buena calidad de los mapas.

El terreno al cual se le realizó el modelo digital, fue el Alto de la cruz, localizado en el municipio de Socorro, Santander. Este se eligió con el objetivo de tener un punto base georreferenciado, como es la placa GPS-S-T-129 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Ver Figura 1 y Tabla 1).

De igual manera, se referenció el punto con el GPS-Garmin GPSMAP 64 S, el cual arrojó los siguientes puntos: 6° 27' 50.1" N y 73° 14' 33.6" W.



Figura 1. Placa GPS-S-T-129.
Fuente: los autores.

Tabla 1. Información de la placa GPS-S-T-129.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ELIPSOIDALES	
Latitud	6° 27' 49.15415" N
Longitud	73° 14' 33.76691" W
Altura Elipsoidal	1630.534 m
Altura(snm):	1615.1 m (GEOCOL)
Cálculo realizado en el año 0	
GEOCÉNTRICAS CARTESIANAS Y SUS VELOCIDADES	
X= 1827787.436 M	Vx= 0.002 m/año
Y= -6070275.12 M	Vy= 0.002 m/año
Z= 713412.651 M	Vz= 0.014 m/año
Cálculo realizado en el año 2005	

Para realizar el proceso de cálculo del modelo digital de elevación, se procedió inicialmente a realizar un análisis del terreno a medir utilizando la herramienta de visualización GPS Google Earth (Ver Figura 2). El propósito de esta planeación fue definir los límites del terreno a medir y establecer la altura a la que se realizaron los sobre vuelos que, para en este caso en particular, fue de 50 metros. Esta altura se escogió con el objetivo de minimizar el impacto de la deformación de las fotos, producto de la concavidad de la tierra y del tipo de desplazamiento en el cual se está efectuando para evitar así aberraciones en las mediciones.



Figura 2. Reconocimiento de terreno a sobre volar.
Fuente: los autores.

Cade destacar que el sobrevuelo, debe realizarse a manera de zigzag o en forma de cuadrícula y a una altura constante, para luego exportar las fotos obtenidas a un *software* de tratamiento de imágenes y corroborar así su aspecto, el color en el espectro RGB y la calidad de exposición para continuar con el tratamiento del *software* de procesamiento de fotogrametría. Dicho procedimiento consiste en realizar una orientación de las imágenes, es decir, situar los fotogramas con sus marcas fiduciales en la misma posición en que se realizaron las tomas, consiguiéndose el modelo por restitución, al cual se le aplican giros, traslación y factor de escala para tener el modelo en coordenadas del terreno en magnitud real.

Para finalizar el procedimiento, se hace la formación del modelo por rectificación, el cual consistente en hallar la intersección entre la foto orientada y el modelo digital del terreno correspondiente al espacio que se quiere determinar. Es importante mencionar que para realizar un modelo de rectificación, previamente se ha realizado el modelo de restitución de dicho lugar.

Resultados

Dentro de los resultados obtenidos se tiene el modelo Digital de Elevaciones (ver Figura 3), con el cual también se adquieren las curvas de nivel para indicar los cambios en las alturas de terreno, utilizando la con-

vención de colores y la escala a la que se encuentra para los cálculos de las áreas a medir y de esta manera poder entregar resultados precisos.

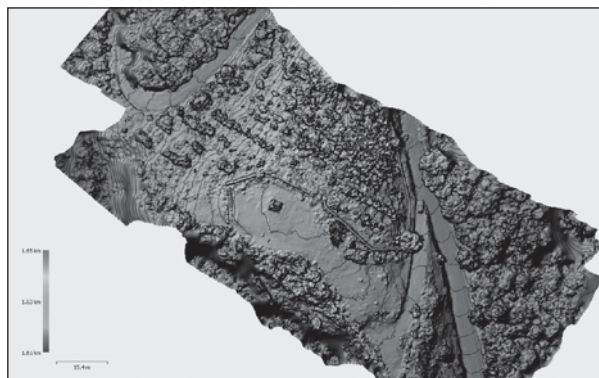


Figura 3. Modelo digital de elevación del Alto de la cruz, municipio de Socorro, Santander.

Fuente: los autores.

Adicionalmente, se obtuvo el modelo tridimensional a color con el fin de apreciar mejor las irregularidades del terreno a medir, desde una perspectiva de 50° (ver Figura 4).

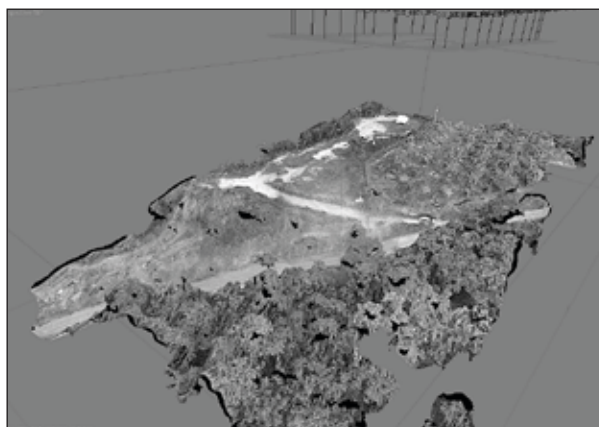


Figura 4. Modelo tridimensional a color con perspectiva de 50°.

Fuente: los autores.

Adicionalmente a los resultados descritos anteriormente, también se realizó el cálculo de la medición del terreno. Para ello, se utilizaron los vértices limitantes (ver Figura 5), los cuales son los bordes del terreno que harán las mediciones correspondientes (ver Tabla 2).

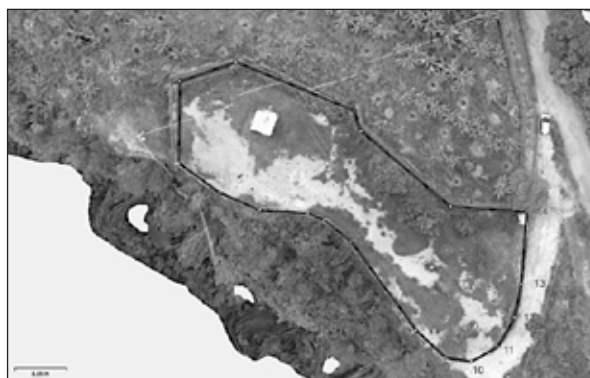


Figura 5. Vértices, para realizar el proceso de medición.

Fuente: los autores.

Tabla 2. Vértices a medir en el modelo digital de elevación.

Fuente: los autores.

Vértice	Longitud	Latitud	Altura
1	-73.242723	6.463840	1642.013
2	-73.242803	6.463812	1639.869
3	-73.242804	6.463697	1638.948
4	-73.242747	6.463655	1640.157
5	-73.242690	6.463630	1640.702
6	-73.242621	6.463626	1640.731
7	-73.242598	6.463616	1640.525
8	-73.242560	6.463585	1640.114
9	-73.242468	6.463460	1638.513
10	-73.242427	6.463421	1636.512
11	-73.242390	6.463415	1636.285
12	-73.242353	6.463415	1636.060
13	-73.242329	6.463478	1635.610
14	-73.242319	6.463525	1634.647
15	-73.242312	6.463627	1638.625
16	-73.242420	6.463635	1640.430
17	-73.242546	6.463741	1642.055
18	-73.242556	6.463770	1640.878

Al realizar dicha localización, los datos del terreno fueron los siguientes:

1. Perímetro= 160.420 m
2. Área= 1111.115 m²
3. Volumen sobre el plano= 1048.779 m³

4. Volumen bajo el plano= 289.218 m³
5. Volumen total= 759.562 m³

Discusión y recomendaciones

El modelo digital de elevaciones, permite realizar mediciones exactas de distancias áreas y volúmenes, así como caracterizar el tipo de terreno con el que se cuenta, sin embargo para la mejora de este proyecto se recomienda que la cámara cuente con un lente de medida gran angular que sobrepase los 94° de visión, y el objetivo de la cámara se encuentre entre 18 y 35 mm, con el propósito de que la toma de fotografías aéreas sea de mayor calidad y se cubra un mayor área al momento de realizar las tomas aéreas. Adicionalmente, se puede implementar como mejora, la utilización de marcas de foto control en los vértices de medición, utilizándose estas como marcas fiducia tomadas con un GPS de alta calidad para disminuir el error.

El método de Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV's), se puede utilizar para la digitalización y modelado tridimensional de monumentos históricos y objetos de grandes medidas, lo cual sería un insumo importante en la generación de recorridos virtuales de zonas poco accesibles.

Referencias

- Coelho, L., & Nunes, J. (2009). *Fotogrametría digital*. Rio de Janeiro: Universidad del Estado de Rio de Janeiro. Recuperado el 2017 de 10 de Agosto, de http://www.efoto.eng.uerj.br/images/Documentos/fotogrametria_digital_revisado.pdf
- Córdoba, M., Bruno, C., Balzarini, M., & Costa, J. (2012). "Análisis de componentes principales con datos georreferenciados. Una aplicación en agricultura de precisión". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 44(12), pp. 27-39.
- Corredor, J. G. (s.f). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá - Rio Frío*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado el 2 de septiembre de 2017, de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7596>
- Fallas, J. (2007). *Modelos digitales de elevación: teoría, métodos de interpolación y aplicaciones*. Mapealo. Com. Recuperado el 10 de agosto de 2017, de [ftp://200.16.19.97/pub/trabajosfinales/Trabajo%20Final%20MARTINEZ%20GARCIA/Disco%201/09%20-%20Bibliografia/MDE/Modelos%20digitales%20de%20elevacion%20\(Jorge%20Fallas\).pdf](ftp://200.16.19.97/pub/trabajosfinales/Trabajo%20Final%20MARTINEZ%20GARCIA/Disco%201/09%20-%20Bibliografia/MDE/Modelos%20digitales%20de%20elevacion%20(Jorge%20Fallas).pdf)
- Felicesimo, A. (1994). *Modelos digitales del terreno: introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Asturias: Universidad de Oviedo. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>
- Pérez, A. & Mas, J. (2009). "Evaluación de los errores de modelos digitales de elevación obtenidos por cuatro métodos de interpolación". *Investigaciones geográficas*, (69), pp. 53-67. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200005&lng=es&tlng=es
- Quispe, O. (2015). "Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone, huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 18(36), pp. 21-26. Recuperado el 15 de agosto de 2017, de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12014/10736>
- Vélez, F., Jordan, E. & Heine, H. (2010). *Fotografía aérea digital de la ciénaga de Ayapel*. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado el 15 de agosto de 2017, de http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/831/Doc_aerofotografias/FOTOGRAFIA_AEREA_DIGITAL_DE_LA_CIENAGA_DE_AYAPEL.pdf