

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Aplicación de la técnica fotogramétrica Structure From Motion en un levantamiento topográfico mediante el uso de aeronave pilotada a distancia (RPA's)

Por:

Angel Gabriel Fernandez Aliano

Asesor:

Ferrer Canaza Rojas

Lima, Junio 2020

## DECLARACION JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACION

Ferrer Canaza Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “APLICACIÓN DE LA TECNICA FOTOGRAMETRICA STRUCTURE FROM MOTION EN UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO MEDIANTE EL USO DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (RPA's)” constituye la memoria que presenta el estudiante Angel Gabriel Fernandez Aliano para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en LIMA, a los 07, julio del 2020.



Ferrer Canaza Rojas

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....25.....día(s) del mes de.....junio.....del año 2020.... siendo las.....17:00.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): .....Mg. Leonel Chahuares Paucar....., el (la) secretario(a): ..... Ing. Reymundo Jaulis Palomino..... y los demás miembros: ..... Mg. Kelly Verónica Campos Macedo.....y el (la) asesor(a) Ing. Ferrer Canaza Rojas.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Aplicación de la técnica fotogramétrica Structure From Motion en un levantamiento topográfico mediante el uso de aeronave pilotada a distancia (RPA's)".

.....de los (las) egresados (as): a).....**ANGEL GABRIEL FERNANDEZ ALIANO**.....

.....b) .....

..... conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

**INGENIERÍA CIVIL**  
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): ..... **ANGEL GABRIEL FERNANDEZ ALIANO**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>Aprobado</b>	<b>16</b>	<b>B</b>	<b>Bueno</b>	<b>Muy bueno</b>

Candidato/a (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó...al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Mg. Leonel Chahuares  
Paucar

\_\_\_\_\_  
Secretario  
Ing. Reymundo Jaulis  
Palomino

\_\_\_\_\_  
Asesor/a  
Ing. Ferrer Canaza  
Rojas

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Mg. Kelly Verónica  
Campos Macedo

\_\_\_\_\_  
Candidato (a)  
Angel Gabriel  
Fernandez Aliano

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

# **Aplicación de la técnica fotogramétrica Structure From Motion en un levantamiento topográfico mediante el uso de aeronave pilotada a distancia (RPA 's)**

Application of the photogrammetric technique Structure From Motion in a topographic survey using remote piloted aircraft (RPA's)

FERNANDEZ ALIANO ANGEL GABRIEL\*

*EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú*

## **Resumen**

La técnica fotogramétrica Structure From Motion se basa en la obtención de datos de alta resolución de fotografías para la representación de un objeto 2D a 3D. En el presente artículo, de forma experimental tiene como objetivo aplicar la técnica fotogramétrica Structure From Motion en un levantamiento topográfico mediante una RPA en un área de 3600 metros cuadrados en el campus de la Universidad Peruana Unión. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó un Dron Phantom 4Pro de la compañía DJI y una estación total marca Leyca para la obtención de 8 puntos de control sobre dianas cuadrículas a partir de un punto de orden C. Aplicando la técnica Structure From Motion mediante el software Agisoft se creó el modelo tridimensional, para luego generar la nube de puntos densa y el modelo digital de elevación, del cual finalmente se extrajo curvas de nivel. A partir de estos resultados pudimos obtener medidas básicas como perímetro, área y volumen.

Palabras clave: Dron, curvas de nivel, fotogrametría, ortofoto.

## **Abstract**

The Structure From Motion photogrammetric technique is based on obtaining high resolution photo data for the representation of a 2D to 3D object. In this article, experimentally, it aims to apply the Structure From Motion photogrammetric technique in a topographic survey using an RPA in an area of 3600 square meters on the campus of Universidad Peruana Unión. For the development of this work, a Phantom 4Pro drone from the DJI company and a Leyca brand total station were used to obtain 8 control points on squared targets from an order point C. Applying the Structure From Motion technique by Agisoft software created the three-dimensional model, and then generated the dense point cloud and the digital elevation model, from which level contours were finally extracted. From these results we were able to obtain basic measures such as perimeter, area and volume.

Keywords: drone, contours, photogrammetry, orthophoto.

*\*Correspondencia de autor: Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: angelfernandez@upeu.edu.pe*

## INTRODUCCION

Todo proyecto de construcción (edificación, redes de agua potable, alcantarillado, puentes, carreteras, canales, etc.) se realiza sobre la superficie terrestre, para ello es necesario conocer la morfología del área de terreno mediante un levantamiento topográfico. Actualmente, gracias a los avances tecnológicos, se cuenta con herramientas que se ponen al servicio de la topografía. Esta tecnología son los drones, además de ser útil e indispensables en el sector de las telecomunicaciones, ahora han pasado a ser muy útil en el sector de la topografía y la construcción, minimizando el tiempo de trabajo y la mano de obra. Los drones han logrado obtener una buena autonomía de vuelo y ha ido evolucionando en los últimos años para ser aplicable en diversas áreas de estudio de ingeniería como: la aplicación en la cartografía, en la minería, en la hidrología, en la agricultura, en el control de obras y evaluación de impactos.

Los drones son Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV) que hacen uso de la fotogrametría recolectando fotos de forma programada y georreferenciada con una cámara a una cierta altura que es elevado por un sistema de hélices impulsados por motores de batería eléctrica.

(Guardado France Rigoberto ; Téllez Duarte Miguel Agustín; Herrera Gutiérrez Angel Raúl;, 2017) mencionan que integrar el uso de drones como herramienta de estudio presenta muchas ventajas respecto a las técnicas tradicionales tales como: reducción de costos, simplificación y automatización de procesos, mayor calidad de imágenes, realizar vuelos a bajas y altas velocidades y cerca del suelo u obstáculos, reducción en el tiempo de trabajo de campo, acceso a zonas de alto riesgo, menor cantidad de personal necesario para realizar el estudio, obtención de modelos digitales de elevación entre otros.

(Villareal Moncayo, 2015) menciona en sus conclusiones finales que el número mínimo de puntos de control para realizar un levantamiento topográfico con dron es de 3 GCP, así mismo recomienda realizar el vuelo cuando la nubosidad sea escasa para obtener fotografías claras.

Para elaborar un plano topográfico con curvas de nivel se necesita de la fotogrametría por computador, aplicando la técnica Structure From Motion, (Riaño Rodríguez, 2018) define a la fotogrametría como una técnica de captura de información espacial a distancia, que permite cuantificar y obtener información muy relevante de la superficie terrestre y del medio ambiente con el fin de elaborar mapas de interés social, cultural y económico, esta intrínsecamente vinculada con la fotointerpretación puesto que se complementan entre si con el objeto de lograr una representación precisa del mundo real.

Así también, la fotogrametría es definida habitualmente, como la ciencia aplicada que nos permite obtener medidas fidedignas, a partir de fotografías aéreas que reúnen requisitos prefijados, con el objeto de determinar características métricas tales como tamaño, forma y posición, como así también producir una representación precisa del objeto fotografiado, (Cefocca-UNSJ, n.d.).

La altura es un parámetro importante para el cálculo del GSD, el cual sirve para conocer el tamaño de pixel en el terreno, el GSD dependerá de la altura de vuelo y de la resolución de la cámara, mientras mayor sea el valor del GSD menor será la resolución espacial de la imagen y se percibirán menos detalles.

(Quispe E, 2015) menciona que el parámetro de análisis Ground Sample Distance (GSD) indica el tamaño aproximado que representa un píxel en el terreno; por ende, los objetos no

son identificables con un solo píxel, sino que necesita una agrupación de píxeles para la identificación del objeto en el terreno.

El ortomosaico está compuesto de imágenes georreferenciadas y corregidas de deformaciones (ortoimágenes) generadas a partir de las fotografías aéreas, estas conservan toda la información fotográfica y permiten la medición a escala de superficies y áreas, lo que se convierte en una herramienta muy útil para la medición y división de los terrenos, entre otros, (Claros, Guevara, & Pacas, 2016).

## MATERIALES Y METODOS

Para la generación del modelo digital se utilizó un Dron Phantom 4Pro de la compañía DJI, el cual cuenta con Píxeles efectivos con un sensor CMOS de 1" de 20MP y un lente de objetivo FOV 84° 8.8 mm / 24 mm (equivalente en formato de 35 mm) con apertura  $f / 2.8$  -  $f / 11$ , mínima distancia de enfoque automático de 1 m a  $\infty$  en autofocus. Además, cuenta con estabilizadores en los 3 ejes; movimiento horizontal, movimiento vertical y rotación.

El área de terreno donde se realizó el presente estudio es de 3600 metros cuadrados el cual se ubica dentro del campus de la Universidad Peruana Unión, Lima, Perú (figura 1). Se utilizo un punto existente de orden C con coordenadas XYZ (tabla 1). A partir de esta coordenada y haciendo uso de una estación total Leyca se obtuvieron 8 puntos de control, los cuales se ubicaron 3 puntos dentro del área y los 5 restante alrededor del área de estudio, los 8 puntos se ubican en dianas cuadradas los cuales se tienen que identificar en las fotografías.

Tabla 1. Coordenadas UTM.

Coordenadas UTM		
X	299657.729	m
Y	8674050.54	m
Z	523.752	m

Fuente: El autor.



Figura 1. Delimitación del área de trabajo.

Fuente: El autor.

Para la planificación del vuelo, primero se ha realizado el cálculo la altura de vuelo con la escala media de la fotografía y la distancia focal de la cámara obteniéndose un valor de 48 metros de altura, pero por situación y precisión se realizó el vuelo a 40 metros. Se considero usar un traslape de 70% frontal y 70% lateral. Se hizo uso de la aplicación web de DroneDeploy para realizar la planificación de vuelo donde limita el área de vuelo (figura 2) y se insertan los siguientes parámetros: altura de vuelo, traslape, velocidad y dirección de vuelo.



Figura 2. Parámetros de vuelo.  
Fuente: El autor.

Para el procesamiento de fotos se usó el software Agisoft PhotoScan, este es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno.

La creación de nubes de puntos densa se realizó con una calidad alta y en filtrado de profundidad moderado, esta configuración hace que el software tome la mayor cantidad de puntos profundos que se encuentran en las imágenes. La creación del modelo digital de elevación se realiza a partir de la malla creada y modificada, se usa una interpolación habilitada por defecto y se modificó la resolución hasta 0.02 m/pix.

## RESULTADOS

Después de realizar el vuelo con el Dron se obtuvieron 81 fotografías, las cuales fueron procesadas en el software Agisoft PhotoScan.

Como primer resultado del software obtenemos la nube de puntos densa (figura 3) la cual posteriormente servirá para procesar y obtener un modelo digital de elevación (DEM) (Figura 4). Después de estos dos pasos se generará las curvas de nivel.



Figura 3. Nube de puntos densa.  
Fuente: El autor.

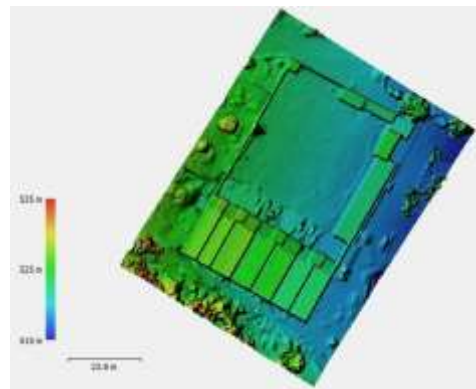


Figura 4. Modelo digital de elevación.

Para obtener resultados de medición de terreno mediante el programa Agisoft, se encerró un área triangular (Figura 5) y obtenemos los siguientes resultados:

#### Coordenadas de los 3 vértices

Vértice	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
1	299473.433992	8674040.793455	543.124
2	299469.541306	8674068.365414	545.304
3	299448.087991	8674055.649263	546.948

- Perímetro: 82.155 m
- Área: 320.442 m<sup>2</sup>
- Volumen sobre el plano: 106.758 m<sup>3</sup>
- Volumen bajo del plano: 96.315 m<sup>3</sup>
- Volumen total: 10.442 m<sup>3</sup>



*Figura 5. Área para cálculo de volúmenes.*

*Fuente: El autor*

## CONCLUSIONES

Se procesó un total de 81 fotografías con el software Agisoft PhotoScan y se creó el modelo tridimensional, se generó la nube de puntos densa y el modelo digital de elevación para realizar las curvas de nivel, así como también la obtención de medidas básicas como perímetro, área y volumen. Por otro lado, también se logra obtener las coordenadas de cada vértice del área de medición.

La precisión de los levantamientos topográficos con RPA's se da de acuerdo a la cantidad y ubicación de los puntos de control en el terreno, mientras más puntos de control se obtendrá mayor precisión.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer el levantamiento en un clima claro, en un horario donde no haya demasiado calor solar ni nubosidad.

Se recomienda ubicar las dianas con una distribución y tamaño tal en el terreno que se puedan ver en las fotografías, en este trabajo el tamaño de las dianas usadas en este proyecto fue de 60x60 cm.

Se recomienda optar por el uso de equipo RTK para facilitar la obtención de las coordenadas de los puntos de control, ya que este equipo junto con el dron hace que mejore la precisión y reduce el tiempo de trabajo.



## Referencias

- Acevedo, C. (n.d.). Guía para hacer mapas con drones. *Dronity*. Retrieved from <https://dronity.com/>
- Cefocca-UNSJ. (n.d.). *Proceso fotogramétrico*. Retrieved from [ftp://ftp.unsj.edu.ar/agrimensura/Fotogrametria/Unidad2/2.\\_El\\_Proceso\\_Fotogrametria.pdf](ftp://ftp.unsj.edu.ar/agrimensura/Fotogrametria/Unidad2/2._El_Proceso_Fotogrametria.pdf)
- Claros, R. A., Guevara, A. E., & Pacas, N. R. (2016). *Aplicación de fotometría aérea en levantamiento topográfico mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/14218/1/50108282.pdf>
- Grijalba Luna, P. (n.d.). *Fotogrametría aérea con Drones*. Retrieved from <http://www.roboticairsystems.com/Downloads/informe-fotogrametria.pdf>
- Guardado France Rigoberto ; Téllez Duarte Miguel Agustín; Herrera Gutiérrez Angel Raúl; (2017). El uso de drones en ciencias de la tierra. *REAXION, Ciencia y Tecnología Universitaria*, 1–5. Retrieved from [http://reaxion.utleon.edu.mx/Art\\_El\\_uso\\_de\\_drones\\_en\\_ciencias\\_de\\_la\\_tierra.html](http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_El_uso_de_drones_en_ciencias_de_la_tierra.html)
- Quispe E, O. C. (2015). Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone , huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, *18*, 21–26.
- Riaño Rodríguez, E. R. (2018). *Metodología para el diseño de un vuelo fotogrametrico UAV'S*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Retrieved from <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13097/1/RiañoRodríguezEdgarRoberto2018.pdf>
- Villareal Moncayo, J. V. (2015). *Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control*. Universidad Tecnica Particular de Loja. Retrieved from <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal Moncayo Joffre Vicente.pdf>