



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DE LOS RECURSOS TOPOGRAFICOS  
EN LA PLANIFICACIÓN DE MINADO EN MINA JUSTA, 2020.”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

Luis Max Vasquez Castillo

Asesor:

Ing. Huby Siva Bryan Keith

[https://orcid.org/0000 0002 3545 442X](https://orcid.org/0000_0002_3545_442X)

Trujillo - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Eduardo Noriega Vidal	<b>43236142</b>
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Elmer O. Luque Luque	<b>02044966</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Wilberto Effio Quezada	<b>42298402</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## Tabla de contenido

Jurado evaluador	2
Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
Tabla de contenido	5
Índice de tablas	6
Índice de figuras	7
Resumen	8
Capítulo I: Introducción	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	17
Capítulo II: Metodología	18
2.1 Tipo de investigación	18
2.2 Población y muestra	18
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	18
Capítulo III: Resultados	20
Capítulo IV: Discusión y conclusiones	33
4.1. Discusión	33
4.2. Conclusiones	34
Referencias	36
Anexos	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Instrumento de medición drone vs gps (malla de perforación).	24
Tabla 2.	Costo de levantamiento topografico con estacion total.	29
Tabla 3.	Costo de levantamiento topográfico con drone	29
Tabla 4.	Ventajas y desventajas del uso de drone.	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i>	Flujograma de trabajos topograficos con drone	21
<i>Figura 2.</i>	Seguimiento de minado con imagen georreferenciada de drone, en tajo mina Justa fase i	22
<i>Figura 3.</i>	Cumplimiento de la producción de minado en tajo mina Justa fase i.	23
<i>Figura 4.</i>	Seguimiento de mallas de diseño de perforación con imagen de drone.	25
<i>Figura 5.</i>	Iperc del levantamiento fotogramétrico de drone.	26
<i>Figura 6.</i>	Control geotécnico de diseño de pit (diseño de tajo) mediante modelo digital de terreno obtenido desde el drone.	27
<i>Figura 7.</i>	Orto mosaico y el modelo digital de terreno de la presa de relave.	28
<i>Figura 8.</i>	Comparacion de costos entre ambos métodos.	30
<i>Figura 9.</i>	Número de personas para el levantamiento de terreno.	30
<i>Figura 10.</i>	El tiempo que se requiere para el levantamiento de terreno	31

## RESUMEN

Esta investigación abordó el tema de la implementación de drones para desarrollar un trabajo más eficiente y eficaz en la planificación de minado mediante la automatización de recursos topográficos utilizando esta tecnología, ya que optar por un levantamiento topográfico tradicional conlleva a obtener datos en un mayor tiempo y a su vez con menor exactitud; además, es una exposición al personal a algún riesgo latente. Es por ello que se planteó como objetivo principal implementar drones para la automatización de recursos topográficos en la planificación de minado en mina Justa. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, de profundidad propositiva; además, se consideró un tipo de investigación exploratoria y a su vez según su manipulación de variables, se tomó en cuenta una investigación cuasi experimental. El desarrollo de la perspectiva teórica que se muestra a continuación se basará en la revisión de documentación académica. De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que se redujo tiempos y reducción de horas hombres en relación al método tradicional topográfico, adicionalmente se eliminó la exposición a peligros y riesgos de los operadores en mina Justa optando así por el uso de drones para la automatización de recursos topográficos.

**PALABRAS CLAVES:** *Automatización, recursos topográficos, mina.*

## ABSTRACT

This research addressed the issue of the implementation of drones to develop a more efficient and effective work in mining planning by automating topographic resources using this technology, since opting for a traditional topographic survey leads to obtaining data in a longer time and turn with less accuracy; In addition, it is an exposure to personnel to some latent risk. That is why the main objective was to implement drones for the automation of topographic resources in mining planning in the Justa mine. A methodology with a quantitative approach, proactive depth was proposed; In addition, a type of exploratory research was considered and, in turn, according to its manipulation of variables, a quasi-experimental investigation was taken into account. The development of the theoretical perspective shown below will be based on the review of academic documentation. According to the analysis carried out, it is concluded that times and man-hours were reduced in relation to the traditional topographic method, additionally the exposure to dangers and risks of the operators in the Justa mine was eliminated, thus opting for the use of drones for automation of topographic resources.

***Keywords:*** Automation, topographic resources, mine.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

## REFERENCIAS

- Alvarracín, K. (2018). "Análisis de normativas, reglamentos y capacitaciones para la importación y comercialización de drones profesionales en Ecuador" (Título de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Bautista, J. (2017) "Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad Operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera Ares S.A.C." (Título de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.
- Díaz, O. (2015)." Drones y su aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo" Universidad Miguel Hernández, Elche, España.
- Fernández, J. y Gutiérrez, G. (2016). "Aplicaciones geológicas de los drones" *Revista de la Sociedad Geológica de España* 29 (1):89-105
- García, L. (2016) "Dones, el cielo está al alcance de todos". Recuperado de [https://www.edubcn.cat/rcs\\_gene/treballs\\_recerca/2015-2016-03-1-TR.pdf](https://www.edubcn.cat/rcs_gene/treballs_recerca/2015-2016-03-1-TR.pdf)
- Guerrero, S., Faraone, M. & Carrión, R. (2018). "Aplicación de fotogrametría y modelación 3D en geología y minería; el granito de Cufre." *Revista Investigaciones DINAMIGE-MIEM Número 1, v. 1*
- Pérez, S. (2012) "Métodos topográficos aplicados a la exploración y explotación de yacimientos minerales." (Título de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Quinde, B. et al (2019). *Control, eficiencia e integración en operaciones. Rumbo minero*, 122 (2), 26. Recuperado de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Rumbo%20Minero%20ED.%20122.pdf>
- Ramírez, I. (2018). *Diseño y desarrollo de un nuevo reporte compacto y automático de planificación mina división los bronce, Anglo American S.A.* (Título de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Ticllasuca, E. (2019). *Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo, Perú.

*Valencia, R. (2019) "Planeamiento de minado a corto plazo del mes de abril de 2013 En La Unidad Minera Arasi S.A.C. Proyecto Jesica, Ubicado En El Distrito de Ocuvi, Provincia De Lampa En El Departamento De Puno" (Título de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.*

*Vargas, M. (2011). "Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla" (tesis de postgrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.*

*Villacorta, H. (2019) "Planeamiento de minado corto plazo en La Unidad Minera Tahoe Perú-La Arena-Trujillo" (Título de pregrado). Universidad Nacional De Trujillo, Trujillo, Perú.*