

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



**Drone, GPS Diferencial y Estación Total: análisis
comparativo de levantamiento topográfico a 3800 m.s.n.m**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Sthalin Wilber Nina Aquino
Miguel Amadeo Apaza Quenaya

Asesor:

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Juliaca, diciembre de 2023

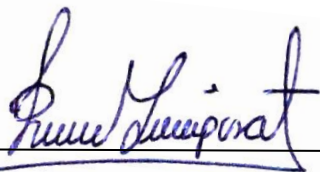
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“DRONE, GPS DIFERENCIAL Y ESTACIÓN TOTAL: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO A 3800 m.s.n.m”** de los autores **Sthalin Wilber Nina Aquino** y **Miguel Amadeo Apaza Quenaya**, tiene un índice de similitud de 14% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 09 días del mes de abril del año 2024.



Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 28 día(s) del mes de diciembre del año 2023 siendo las 16:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Herson Duberly Pari Luisi el (la) secretario(a): Mg. Gerardo William Pari Quispe y los demás miembros: Ing. Moises Araca Chile y el (la) asesor(a) Ing. Rina Luzmeri

Yumpara Elicona con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Dromo, GPS Diferencial y Estación Total: análisis comparativo de levantamiento topográfico a 3800 m.s. n.m

del(los) bachiller(es): a) Sthalin Wilber Nina Aquino
 b) Miguel Amadeo Apaza Quenaya
 c)

.....conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) 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 al (a la) / a (los) (las) 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:

Bachiller (a): Sthalin Wilber Nina Aquino

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b): Miguel Amadeo Apaza Quenaya

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) 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.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)
[Firma]
 Secretario/a
 Miembro
 Bachiller (c)

DEDICATORIA

Dedicar el presente a Dios todopoderoso, por darnos la vida y la oportunidad de tener una familia feliz, a mis padres; Agapito Nina Larico Y Anastasia Aquino Mamani, autores de la persona que soy y el logro obtenido hasta la actualidad, además a mi retoño el cual es mi motivación de seguir superándome A. Sthive Mhatteo N.H., a mi compañera de vida, por sus apoyos incondicionales en el proceso de mi formación académica.

Sthalin Wilber Nina Aquino

Yo, Miguel Amadeo Apaza Quenaya, dedico ante todo este logro en mi vida a Dios y le agradezco las bendiciones que me ha dado en mis estudios. Me gustaría agradecer a mis padres y familiares que siempre me han brindado su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi formación profesional y de mi vida.

Miguel Amadeo Apaza Quenaya

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos vida, salud, sabiduría y fortaleza para culminar el presente trabajo de investigación.

A nuestros padres, mentores de nuestra formación personal y académica, por su ardua labor con el compromiso de nuestra educación profesional.

A la Universidad Peruana Unión, la cual nos brindó la oportunidad de formarnos en todos los aspectos de la vida académica, espiritual y física.

A nuestros familiares que nos apoyaron incondicionalmente con consejos y aliento en todo momento

A nuestra asesora de artículo científico, por su valioso tiempo y conocimiento compartido, sugerencias, recomendaciones y mostrarnos el camino para la realización de la tesis final.

A nuestros miembros del jurado que contribuyeron a nuestra disertación con sus observaciones y sugerencias.

A todas las personas involucradas en esta investigación de la escuela profesional de Ingeniería Civil, facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión y docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias con nosotros y para con la investigación.

Al programa beca 18 de PRONABEC

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3. RESULTADOS	16
4. DISCUSIÓN	22
5. CONCLUSIONES	24
6. RECOMENDACIONES	25
7. REFERENCIAS	26
8. ANEXOS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de monitoreo para el desarrollo de la fase de campo.....	15
Tabla 2. Coordenadas obtenidas a través de los métodos de levantamiento topográfico...	16
Tabla 3. Comparativa de desviación entre los métodos de levantamiento topográfico.....	17
Tabla 4. Comparativa de tiempo de obtención de datos o entregable planteado.....	18
Tabla 5. Comparativa de requerimientos tecnológicos para la obtención de datos.....	20
Tabla 6. Comparativa de costo total para la obtención de datos	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio. Modificado de Google Maps.....	14
Figura 2. Comparativa de tiempo de obtención de datos o entregable planteado	19

Drone, GPS Diferencial y Estación Total: análisis comparativo de levantamiento topográfico a 3800 m.s.n.m

RESUMEN

En la era actual, el campo del levantamiento topográfico ha experimentado un avance significativo gracias a los rápidos avances tecnológicos y a la disponibilidad de nuevas herramientas y técnicas, en donde se evidencia una mayor presencia de métodos donde se hace uso de drones, GPS diferencial y la estación total. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis comparativo de los métodos de levantamiento topográfico entre drones, GPS diferencial y estaciones totales, en un entorno de alta altitud, específicamente a una elevación de 3800 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se trató de un estudio cuantitativo, comparativo, no experimental, que trabajó con un área de 1.01 ha perteneciente a la comunidad de Lupaca, ubicada a una altitud de 3800 m.s.n.m. Las mediciones fueron realizadas con: a) Drone Dji Mini 3 Pro, b) GPS diferencial Trimble R8 y, c) Estación total Leica Topcon Os 105". Los resultados permiten verificar que, en exactitud, el GPS diferencial es el mejor método, debido a que la desviación máxima en el eje de las abscisas es de 0.023 m, mientras que en el eje de las ordenadas es de 0.02 m. y en elevación la desviación máxima es de 0.039 m. en cuanto al tiempo para obtener datos, el GPS diferencial es el más eficiente en términos de tiempo total empleado, con un total de 7 horas (4 horas de trabajo de campo y 3 horas de trabajo de gabinete), sin embargo, en términos de costo, es de los más costosos, aunque la inversión que se hace es única y puede utilizarse en diversos momentos. Se concluye que, el GPS diferencial exhibe la menor desviación en las mediciones en comparación con el levantamiento topográfico por drone y la estación total, lo cual indica una mayor precisión en la adquisición de datos topográficos.

Palabras clave: Levantamiento topográfico; Drones; GPS diferencial; Estación total; Precisión.

Drone, Differential GPS and Total Station: comparative analysis of topographic survey at 3800 m.s.n.m.

ABSTRACT

In the current era, the field of topographic survey has experienced significant progress thanks to rapid technological advances and the availability of new tools and techniques, where a greater presence of methods using drones, differential GPS and the total station. The objective of the research was to carry out a comparative analysis of topographic survey methods between drones, differential GPS and total stations, in a high-altitude environment, specifically at an elevation of 3800 meters above sea level (masl). It was a quantitative, comparative, non-experimental study, which worked with an area of 1.01 ha belonging to the community of Lupaca, located at an altitude of 3800 m.s.n.m. The measurements were made with: a) Dji Mini 3 Pro Drone, b) Trimble R8 Differential GPS and, c) Leica Topcon Os 105 Total Station". The results allow us to verify that, in accuracy, the differential GPS is the best method, since the maximum deviation in the abscissa axis is 0.023 m, while in the ordinate axis it is 0.02 m. and in elevation the maximum deviation is 0.039 m. Regarding the time to obtain data, the differential GPS is the most efficient in terms of total time spent, with a total of 7 hours (4 hours of field work and 3 hours of desk work), however, in terms of cost, it is one of the most expensive, although the investment made is unique and can be used at various times. It is concluded that the differential GPS exhibits the least deviation in the measurements compared to the topographic survey by drone and the total station, which indicates a greater precision in the acquisition of topographic data.

Keywords: Topographic survey; Drones; GPS differential; Total station; Accuracy.

1. INTRODUCCIÓN

En la era actual, el campo del levantamiento topográfico ha experimentado un avance significativo gracias a los rápidos avances tecnológicos y a la disponibilidad de nuevas herramientas y técnicas (Rosales Veítia & Marcano Montilla, 2013). Estos avances han revolucionado la forma en que se recopilan y procesan los datos topográficos, permitiendo obtener resultados precisos y detallados en tiempos más reducidos (Belette Fuentes, Maceo Marcheco, & Batista Legrá, 2020) . Entre las innovaciones más destacadas se encuentran el uso de drones, el GPS diferencial y las estaciones totales. Estos métodos se han vuelto cada vez más populares debido a su eficacia y eficiencia en la adquisición de datos topográficos, ofreciendo ventajas notables en términos de rapidez, accesibilidad y precisión en comparación con las técnicas tradicionales de levantamiento topográfico (Pachas, 2009).

En este sentido, el uso de drones en el levantamiento topográfico ha abierto nuevas posibilidades en la recopilación de datos geospaciales. Estas aeronaves no tripuladas equipadas con cámaras y sensores pueden sobrevolar áreas de difícil acceso y capturar imágenes y datos topográficos detallados desde diferentes perspectivas (Del Río Santana, Espinoza Fraire, Sáenz Esqueda, & Córtez Martínez , 2019). Además de su capacidad para cubrir grandes áreas en poco tiempo, los drones ofrecen la ventaja de obtener información en tiempo real, lo que permite una toma de decisiones más ágil y precisa (Mamani Gutiérrez, 2019). Su versatilidad y flexibilidad los convierten en una herramienta valiosa en el campo del levantamiento topográfico (Tacca Qquelca, 2015).

A una altitud de 3800 msnm, el Drone puede operar de manera eficiente y ofrecer una perspectiva aérea del terreno (Del Río Santana, Espinoza Fraire, Sáenz Esqueda, & Córtez Martínez , 2019). Su principal ventaja radica en su capacidad para cubrir grandes extensiones de terreno en un corto período de tiempo; además, el uso de drones puede ser especialmente útil en áreas de difícil acceso o terrenos accidentados (Maureria Velásquez, Seebach, & Torrejón Cano, 2019). Sin embargo, es importante tener en cuenta las condiciones climáticas y la limitación de la altitud de vuelo debido a la disminución de la densidad del aire a altitudes más altas (Rivera González, 2020).

Por su parte, el GPS diferencial es otro método que ha revolucionado el levantamiento topográfico. Este sistema utiliza una red de receptores GPS precisos y

estaciones de referencia conocidas como puntos base para obtener mediciones de alta precisión (Lima, Umezu, Cappelli, & Nunes, 2006). Al calcular la diferencia entre las mediciones tomadas en el punto base y las mediciones realizadas en el área de interés, se puede obtener la posición precisa de los puntos topográficos (Mayorga Torres & Platzeck, 2014). El GPS diferencial ofrece una ventaja significativa en entornos desafiantes, como áreas de alta altitud, al compensar los errores causados por la variación en la densidad del aire y otros factores ambientales (Guardo , López, & Bilmes, 2021). Esto garantiza mediciones más precisas y confiables en comparación con las técnicas tradicionales de medición terrestre.

A una altitud de 3800 msnm, el GPS diferencial puede funcionar eficientemente y proporcionar mediciones precisas en términos de coordenadas horizontales y elevación (Zabala, López, & Ortega, 2017). Este método se basa en la comparación de las señales GPS recibidas por dos o más receptores, lo que permite eliminar errores sistemáticos y mejorar la precisión de las mediciones (Lima, Umezu, Cappelli, & Nunes, 2006). La eficiencia del GPS diferencial radica en su capacidad para obtener datos rápidamente en el campo y procesarlos de manera efectiva en el gabinete (Pachas, 2009).

En otro contexto, las estaciones totales son otro método ampliamente utilizado en el levantamiento topográfico. Estas herramientas combinan un teodolito y un distanciómetro en un solo dispositivo, lo que permite medir ángulos horizontales y verticales, así como distancias con una alta precisión (Cruz Meléndez, 2008). Las estaciones totales son especialmente útiles para obtener mediciones detalladas y realizar levantamientos topográficos de alta calidad (Roa, Andrades, Cuesta, López, & Torres, 2020). Su capacidad para realizar mediciones directas y su precisión en la adquisición de datos hacen que sean ideales para proyectos que requieren un alto nivel de detalle, como la construcción de infraestructuras y la planificación urbana (Gómez Vázquez & Mendoza Rosas, 2021). Además, las estaciones totales son adecuadas tanto para levantamientos terrestres como para levantamientos en entornos de alta altitud, lo que las convierte en una herramienta versátil y confiable para obtener datos topográficos en diferentes condiciones (Pilatasig Moreno, Bustillos Arequipa, Jácome Calderón, & Mariño Moyón)..

A una altitud de 3800 msnm, la estación total puede funcionar eficientemente y proporcionar mediciones precisas en el terreno (Belette Fuentes, Maceo Marcheco, & Batista Legrá, 2020). La ventaja de la estación total radica en su capacidad para medir ángulos y

distancias con alta precisión y realizar cálculos en tiempo real (Mactzul Xicay, 2018). Esto permite obtener mediciones detalladas y generar resultados topográficos completos; sin embargo, su eficiencia puede verse afectada por las condiciones climáticas y el tiempo requerido para realizar las mediciones en el campo (Guardo , López, & Bilmes, 2021), (Pachas R. L., 2022).

Ante la realidad planteada, surge como problema del presente estudio determinar cuál de estos métodos ofrece los resultados más precisos y confiables en un entorno de alta altitud de 3800 m.s.n.m., donde factores como la reducción de la densidad del aire y la mayor variabilidad del relieve pueden afectar la calidad de los datos recolectados. Además, se busca identificar las limitaciones y fortalezas de cada técnica en este entorno específico.

Ahora bien, existen estudios previos que ayudan a comprender que hay una necesidad de obtener datos topográficos precisos y confiables en entornos de alta altitud para diversas aplicaciones, como el diseño de infraestructuras, la gestión de recursos naturales y la cartografía (Plasencia Valdiviezo, 2021). Hasta el momento, se han llevado a cabo investigaciones sobre los métodos de levantamiento topográfico en diversas condiciones, pero existe una carencia de estudios que se centren específicamente en entornos de alta altitud (Pacheco Gil, y otros, 2023).

No obstante, los avances en tecnología han proporcionado nuevas herramientas y técnicas para la realización de levantamientos topográficos aéreos y terrestres. Los drones han demostrado ser particularmente útiles para obtener imágenes y datos precisos de manera eficiente en áreas difíciles de acceder (Zuñiga Flores, 2017). Por otro lado, el GPS diferencial ha mejorado la precisión de las mediciones en entornos desafiantes (Pachas R. , 2009). Las estaciones totales, por su parte, son ampliamente utilizadas en el levantamiento topográfico tradicional debido a su precisión y capacidad de realizar mediciones detalladas (Cruz Meléndez, 2008).

A la luz de lo anteriormente argüido, se presenta como objetivo de estudio realizar un análisis comparativo de los métodos de levantamiento topográfico entre drones, GPS diferencial y estaciones totales, en un entorno de alta altitud, específicamente a una elevación de 3800 metros sobre el nivel del mar (msnm). La hipótesis de este estudio plantea que el uso de drones en combinación con el GPS diferencial y las estaciones totales puede proporcionar resultados topográficos precisos y confiables en un entorno de alta altitud de 3800 msnm.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación surgió desde el paradigma positivista, el cual se fundamenta en que los fenómenos son completamente medibles, en la que el investigador se asume como sujeto ajeno a la realidad (Ramos, 2015). A partir de lo precitado, se declara que la pesquisa asumió un enfoque cuantitativo, en el cual, la construcción del conocimiento se da a partir del método deductivo, lo cual garantiza resultados objetivos que son procesados a través de técnicas estadísticas (Ñaupas Paitán, Mejía Mejía, Novoa Ramírez, & Villagómez Paucar, 2014).

Lo anterior permite reconocer que se trató de un estudio de tipo comparativo, que de acuerdo con (Piovani & Krawczyk, 2017) se concentra en realizar una comparación exhaustiva entre dos o más términos de interés, siendo para este caso, los métodos para el levantamiento topográfico de Drone, GPS Diferencial y Estación Total. Por tal motivo, se hará uso del método comparado, el cual se sustenta en el establecimiento de las relaciones generales que se suscitan entre dos o más variables (Lijphart, 1971).

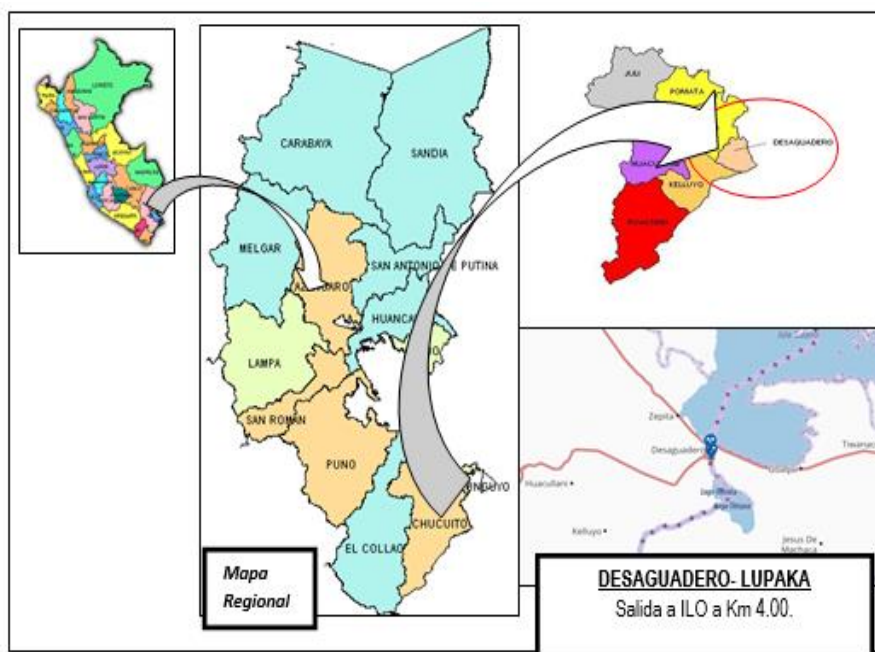
A la luz de lo anteriormente expuesto, resulta preciso indicar que se desarrolló un estudio con diseño no experimental, pues se realizó una descripción del fenómeno sin interferir de modo alguno en las variables en estudio, caracterizándolas tal y como se muestran en el contexto específico (Hernández Sampieri, 2014).

Población y muestra

La población de estudio, es entendida como la totalidad de los casos de los cuales se tiene interés de estudiar, definidos por agruparse en tiempo y espacio en una misma unidad geográfica (Arias Gómez, Villasís Keever, & Miranda Novales, 2016). En el caso de esta investigación, la población corresponde a un área geográfica específica, en la comunidad de Lupaca a una altitud de 3800 m.s.n.m., la cual se ubica en el sector Nor Oeste de la ciudad de Desaguadero en el Kilómetro 4.5 de la Salida a Ilo, en la provincia de Chucuito, departamento de Puno, al sureste del Perú (Figura 1).

Figura 1

Localización del área de estudio. Modificado de Google Maps.



Ahora bien, para la selección de la muestra, se empleó un muestreo no probabilístico de tipo a conveniencia (Otzen & Manterola, 2017), tomando en consideración 1.01 ha que se encontraban sin intervención antrópica dentro del área de estudio y que, por su localización, pudiese permitir realizar las mediciones con los tres métodos de levantamiento topográfico.

Técnicas para la recolección de datos

Para la recolección de datos, se emplearon dos grupos de instrumentos claramente diferenciados, por un lado, los instrumentos de calibración o de recolección de datos y, por otra parte, los instrumentos de evaluación; ambos se describen a continuación:

Instrumentos de calibración

Drone Dji Mini 3 Pro, el cual presenta una resolución de imagen de 48 MP Píxel de 2.4 μm con una velocidad máxima de vuelo de 16 m/s (modo S), 10 m/s (modo N), 6 m/s (modo C) y un zoom de 4K: 2x, 2.7K: 3x, 1080p: 4x, pudiendo recorrer hasta 18 km por hora, con condiciones climáticas favorables.

GPS diferencial Trimble R8, con medidas de fase portadora GNSS de muy bajo ruido

con una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz. Emplea de forma simultánea las señales de satélite actuales: a) GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5; b) GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3; c) SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5); d) Galileo: E1, E5A, E5B; e) BeiDou (COMPASS): B1, B2 y con una Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, y 20 Hz.

Estación total Leica Topcon Os 105”, el cual trabaja con una precisión de 5” y una resolución mínima de 1”/5”. Además, su Rango de Medición 01 Prisma EDM es de 4000m con precisión de 2mm+2ppm.

Instrumentos de evaluación

Los instrumentos de evaluación se concentraron en verificar la calidad de la precisión, el tiempo de levantamiento de información y el costo de los instrumentos de calibración.

Procedimientos

La investigación se desarrolló en dos momentos, la fase de campo y la fase de gabinete.

Fase de campo

En la fase de campo, se procedió a determinar las estaciones de medición y el levantamiento de la información con cada uno de los instrumentos de calibración. Cabe destacar que se trabajó con 10 estaciones de monitoreo, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

Estaciones de monitoreo para el desarrollo de la fase de campo

N°	Nombre	Tipos de monumento
1	BM2	Punto de control bronce orden C
2	BM1	Punto de control de bronce de orden C
3	PC1	Concreto fijo
4	PC2	Concreto fijo
5	PC3	Concreto fijo

6	PC4	Concreto fijo
7	PC5	Concreto fijo
8	PC6	Concreto fijo
9	PC7	Concreto fijo
10	PC8	Concreto fijo

Fase de gabinete

En esta fase, se pasaron los puntos día a día y se procesó la información de las áreas levantadas según lo recopilado en campo. Para la sistematización y presentación de los datos, se utilizaron los softwares: Pix4D Mapper, Microsoft Excel y CivilCad 3d.

3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados a partir de los datos recopilados en campo a través del levantamiento topográfico en poligonal cerrada y, la comparativa de los mismos posterior al trabajo de gabinete.

En primer lugar, resulta prudente precisar que, el levantamiento topográfico de campo se realizó con condiciones atmosféricas ideales, con una temperatura media de 20°C, velocidad medida del viento de 10 km/h, una humedad relativa de 28% y con una bóveda celeste parcialmente nublada, con presencia de cirros dispersos. En la Tabla 2 se muestran las coordenadas obtenidas en los dos puntos de control de orden C, los cuales fueron certificados por el Instituto Geológico Nacional - IGN y, de medición a través de los puntos de muestreo.

Tabla 2.

Coordenadas obtenidas a través de los métodos de levantamiento topográfico

Punto	Drone			GPS Diferencial			Estación total		
	<i>Este(m)</i>	<i>Norte(m)</i>	<i>Elevación</i>	<i>Este(m)</i>	<i>Norte(m)</i>	<i>Elevación</i>	<i>Este(m)</i>	<i>Norte(m)</i>	<i>Elevación</i>
1	491693.903	8167482.13	3852.34	491693.23	8167482.91	3852.219	491693.23	8167482.91	3852.219
2	491560.47	8167508.04	3856.07	491560.77	8167508.82	3856.209	491560.77	8167508.82	3856.209
3	491642.443	8167539.61	3851.21	491642.48	8167539.62	3851.084	491642.5	8167539.61	3851.103

4	491708.153	8167514.21	3850.43	491708.16	8167514.22	3850.143	491708.17	8167514.2	3850.116
5	491676.718	8167603.7	3849.81	491676.75	8167603.66	3849.925	491676.77	8167603.66	3849.954
6	491618.57	8167571.26	3850.62	491618.59	8167571.26	3850.617	491618.61	8167571.24	3850.605
7	491544.953	8167611.92	3852.82	491544.99	8167611.89	3852.933	491544.01	8167611.91	3852.959
8	491188.044	8167648.37	3849.04	491544.08	8167648.38	3849.846	491544.08	8167648.36	3849.869
9	491556.515	8167574.39	3852.44	491556.51	8167574.39	3852.431	491556.53	8167574.39	3852.47
10	491578.913	8167542.29	3852.88	491578.94	8167542.27	3852.024	491578.95	8167542.26	3852.062

La Tabla 2, muestra las coordenadas UTM y la elevación en m.s.n.m. que fueron captados a partir de los métodos de levantamiento topográfico, en donde se evidencia que existen pequeñas diferencias en la captación de datos, tomando como referencia las estaciones de control. Por esta razón, en la Tabla 3 se muestra la desviación captada a partir de los datos.

Tabla 3.

Comparativa de desviación entre los métodos de levantamiento topográfico

Punto	Drone			GPS Diferencial			Estación total		
	$\Delta X (M)$	$\Delta Y (M)$	$\Delta ELEV (M)$	$\Delta X (m)$	$\Delta Y (m)$	$\Delta elev (m)$	$\Delta X (m)$	$\Delta Y (m)$	$\Delta elev (m)$
3	0.057	-0.005	-0.107	0.023	-0.013	0.02	0.034	0.007	-0.126
4	0.02	-0.008	-0.313	0.009	-0.015	-0.026	0.011	0.007	-0.087
5	0.052	-0.037	0.144	0.018	0.005	0.03	0.035	-0.041	0.115
6	0.038	-0.017	-0.015	0.015	-0.02	-0.013	0.022	0.003	-0.003
7	0.059	-0.008	0.139	0.021	0.02	0.026	0.038	-0.029	0.113
8	0.04	-0.013	-0.171	0.007	-0.02	0.023	0.032	0.006	-0.194
9	0.012	-0.002	0.03	0.017	0.002	0.037	-0.004	-0.004	-0.007
10	0.034	-0.034	0.182	0.011	-0.011	0.039	0.023	-0.023	0.144

En la Tabla 3 se puede verificar que el método de levantamiento topográfico por dron, la mayor desviación en el eje de las abscisas es de 0.059 m, lo que indica la diferencia máxima entre los valores medidos y los valores de referencia en la dirección horizontal. En el eje de las ordenadas, la desviación máxima es de 0.037 m, lo que representa la diferencia

máxima en la dirección vertical. En cuanto a la elevación, se encontró una desviación de 0.313 m, lo que indica la diferencia máxima en la altura medida con respecto a los valores de referencia.

Para el método del GPS diferencial, se registró una desviación máxima en el eje de las abscisas de 0.023 m, lo que indica la diferencia máxima en la dirección horizontal. En el eje de las ordenadas, se obtuvo una desviación máxima de 0.02 m, lo que representa la diferencia máxima en la dirección vertical. En cuanto a la elevación, se encontró una desviación de 0.039 m, indicando la diferencia máxima en la altura medida.

En el caso de la estación total, se observó una desviación máxima en el eje de las abscisas de 0.038 m, lo que indica la diferencia máxima en la dirección horizontal. En el eje de las ordenadas, la desviación máxima es de 0.041 m, lo que representa la diferencia máxima en la dirección vertical. Respecto a la elevación, se registró una desviación de 0.087 m, indicando la diferencia máxima en la altura medida.

Estas desviaciones representan las discrepancias máximas encontradas en los resultados obtenidos con cada método de levantamiento topográfico en relación con los valores de referencia. Es importante tener en cuenta estas desviaciones al interpretar y evaluar la precisión de cada método. En general, se puede observar que las desviaciones son relativamente pequeñas para los tres métodos, lo que sugiere que todos ellos son capaces de proporcionar resultados topográficos precisos y confiables en el contexto del estudio, siendo el GPS diferencial el que presenta la menor desviación de los tres. Sin embargo, es fundamental considerar estas desviaciones al seleccionar el método más adecuado para aplicaciones específicas.

Ahora bien, en la Tabla 4 y Figura 2, se presenta la comparación en cuanto al tiempo empleado para obtener datos tangibles de levantamiento topográfico.

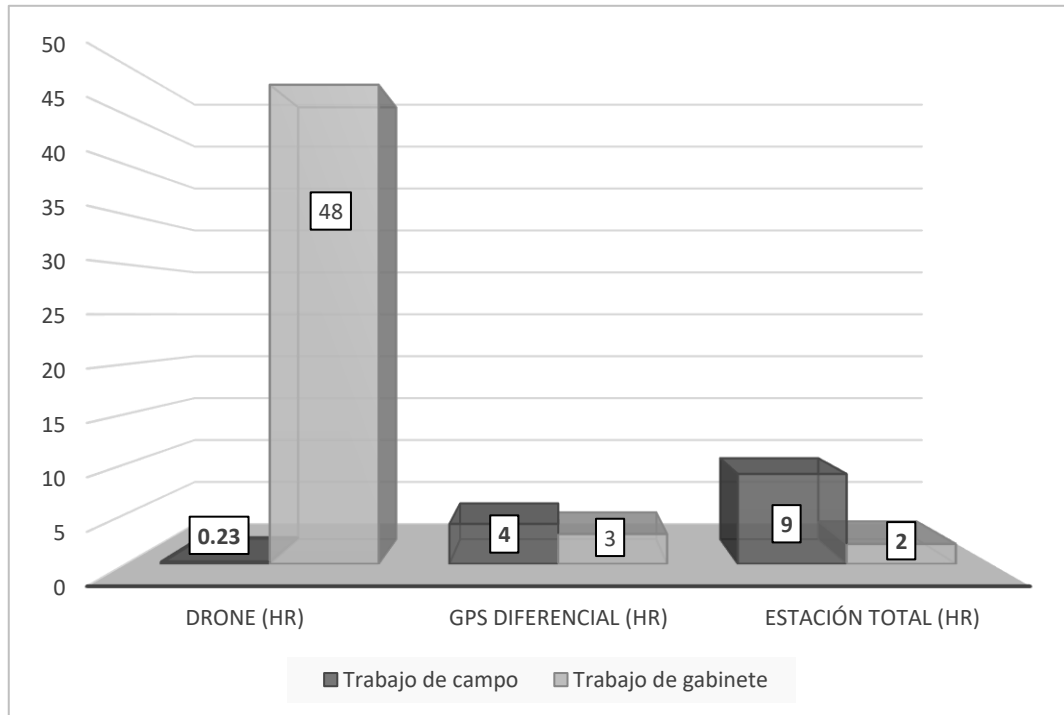
Tabla 4.

Comparativa de tiempo de obtención de datos o entregable planteado (coordenadas y poligonal cerrada)

Descripción	Drone (hr)	GPS Diferencial (hr)	Estación total (hr)
Trabajo de campo	0.23	4	9
Trabajo de gabinete	48	3	2
Total	48.23	7	11

Figura 2

Comparativa de tiempo de obtención de datos o entregable planteado



Los resultados presentados en la Tabla 4 permiten verificar que el método de GPS diferencial es el más rápido en términos de tiempo total empleado. Para este método, se requieren 4 horas de trabajo de campo y 3 horas de trabajo de gabinete, lo que da un total de 7 horas para completar el proceso de levantamiento topográfico.

En el caso de la estación total, se necesita un tiempo total de 11 horas. De estas, 9 horas se dedican al trabajo de campo, es decir, la recolección de datos en el terreno, mientras que 2 horas se emplean en el trabajo de gabinete, que implica el procesamiento y análisis de los datos recopilados.

En contraste, el levantamiento topográfico mediante el uso de drones requiere un tiempo total de 48.23 horas. En este caso, solo se dedica un corto período de 0.23 horas al trabajo de campo, que implica la operación del dron en el lugar de interés. Sin embargo, la mayor parte del tiempo, 48 horas, se emplea en el trabajo de gabinete, que involucra el procesamiento y análisis de los datos capturados por el dron.

Estos resultados sugieren que el método de GPS diferencial es el más eficiente en términos de tiempo total empleado, seguido por la estación total. El levantamiento topográfico con drones requiere el mayor tiempo debido al extenso proceso de trabajo de

gabinete asociado con el procesamiento de los datos recopilados.

Ahora bien, la Tabla 5 y la Tabla 6, muestran los requerimientos tecnológicos y el costo que esto sugiere en función de los métodos de levantamiento topográficos.

Tabla 5

Comparativa de requerimientos tecnológicos para la obtención de datos

Descripción	Drone (Soles)	GPS Diferencial (Soles)	Estación total (Soles)
Compra del equipo topográfico	Drone Dji Mini 3 Pro	GPS diferencial Trimble R8	Estación total Leica Topcon Os 105"
Equipo para el procesamiento de datos	PC i7 12.a generación con 16GB de RAM	Laptop i5 11.a generación con 8GB de RAM	Laptop i3 11.a generación con 4GB de RAM
Software	PIX4D Mapper	Civil 3D y AutoCAD	Civil 3D y AutoCAD
Cuadrilla	Área de 10,000.00 M2	Área de 10,000.00 M2	Área de 10,000.00 M2

Tabla 6

Comparativa de costo total para la obtención de datos

Descripción	Drone (Soles)	GPS Diferencial (Soles)	Estación total (Soles)
Compra del equipo topográfico	4,750.00	35,788.00	27,512.00
Equipo para el procesamiento de datos	17,499.00	4,764.00	1,722.00
Software	19,461.00	9,452.70	9,452.70
Cuadrilla	700	700	700
Total	42,410.00	50,704.70	39,386.70
Constante (K)	0.836411615	1	0.776785978

Según los datos presentados en las tablas 5 y 6, el GPS diferencial es el método más costoso, con un total de inversión de 50,704.70 soles. El instrumento GPS diferencial

Trimble R8 representa la mayor parte de esta inversión, con un costo de 35,788.00 soles. Además, los softwares utilizados para el procesamiento de datos (Civil 3D y AutoCAD) tienen un costo de 9,452.70 soles.

Por otro lado, el levantamiento topográfico por dron requiere una inversión de 42,410.00 soles. El software PIX4D Mapper utilizado para el procesamiento de datos tiene un valor de 19,461.00 soles, mientras que el equipamiento necesario para el procesamiento de datos, que incluye una PC i7 de 12.ª generación con 16GB de RAM, tiene un costo de 17,499.00 soles.

En el caso del levantamiento topográfico por estación total, se estima un costo total de 39,386.70 soles. La mayor inversión se concentra en la adquisición de la Estación total Leica Topcon Os 105", con un costo de 27,512.00 soles. Al igual que en el caso del GPS diferencial, los softwares utilizados para el procesamiento de datos (Civil 3D y AutoCAD) representan un costo adicional de 9,452.70 soles.

Según los resultados presentados, el GPS diferencial es el método más costoso, seguido por el levantamiento topográfico por dron y luego por la estación total. Estos costos incluyen el equipo necesario y los softwares utilizados para el procesamiento de datos.

Ahora bien, a partir de los datos presentados en este estudio comparativo de métodos de levantamiento topográfico, se puede declarar que el GPS diferencial se destaca como el método más eficiente en términos de precisión, tiempo requerido y costo.

En primer lugar, en cuanto a la precisión de las mediciones obtenidas, el GPS diferencial muestra la menor desviación en los ejes de las abscisas, las ordenadas y la elevación en comparación con el dron y la estación total. Esto indica que el GPS diferencial proporciona resultados más precisos y confiables en la adquisición de datos topográficos.

En segundo lugar, considerando el tiempo requerido para realizar el levantamiento topográfico, el GPS diferencial sobresale al requerir el menor tiempo total. Con solo 7 horas en total, incluyendo 4 horas en trabajo de campo y 3 horas en trabajo de gabinete, este método es considerablemente más rápido que el dron, que requiere 48.23 horas, y la estación total, que requiere 11 horas. La eficiencia en el tiempo de trabajo puede ser un factor crucial para proyectos que tienen restricciones temporales y buscan una finalización más rápida.

Por último, aunque el GPS diferencial implica una inversión inicial más alta en comparación con el dron y la estación total, los costos adicionales asociados con el

procesamiento de datos son significativamente menores. Mientras que los softwares utilizados en el GPS diferencial tienen un costo de 9,452.70 soles, el software utilizado con el dron (PIX4D Mapper) tiene un valor de 19,461.00 soles. En términos de costos totales, el GPS diferencial sigue siendo una opción más eficiente.

En resumen, el GPS diferencial se destaca como el método más eficiente en este estudio comparativo. Su mayor precisión en las mediciones, el menor tiempo requerido para el levantamiento topográfico y los costos más bajos en el procesamiento de datos lo convierten en una elección favorable en comparación con el dron y la estación total. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección del método más eficiente debe considerar las necesidades y requisitos específicos de cada proyecto, así como el presupuesto y las limitaciones de tiempo disponibles.

4. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio permitieron determinar que tanto el levantamiento topográfico por dron, el GPS diferencial y la estación total muestran desviaciones en las mediciones realizadas en los ejes de las abscisas, las ordenadas y la elevación. Estas desviaciones son indicadores de las discrepancias entre los valores medidos y los valores de referencia, y son un aspecto importante a considerar al evaluar la precisión de cada método (Silveira, Machado, Andrade, & Camboim, 2021).

La teoría establece que la precisión de las mediciones topográficas puede verse afectada por diversos factores, como la calidad y calibración de los instrumentos utilizados, las condiciones ambientales, la experiencia del operador y el método de procesamiento de datos (Pachas R. L., 2022). En el caso del levantamiento topográfico por dron, la precisión puede estar influenciada por la estabilidad del vuelo, la calidad del GPS incorporado en el dron y la precisión de los sensores utilizados para capturar los datos (Puerta Colorado, 2015). En el GPS diferencial, la precisión puede depender de la calidad de los receptores GPS y la corrección diferencial aplicada, mientras que, en la estación total, la precisión puede estar relacionada con la exactitud del instrumento y el manejo adecuado por parte del topógrafo (Front Casaseca, 2021)

Al comparar los resultados con otros estudios, se han encontrado hallazgos similares

que respaldan los resultados presentados. Por ejemplo, en un estudio comparativo realizado por del Río Santana y Gómez Córdova (Del Río Santana , Gómez Córdova, López Carrillo, Saenz Esqueda, & Espinoza Fraire , 2020) se evaluaron diferentes métodos de levantamiento topográfico y se encontró que el GPS diferencial mostraba una menor desviación en las mediciones en comparación con el levantamiento topográfico por dron y la estación total. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio.

Además, investigaciones previas han destacado las ventajas del GPS diferencial en términos de precisión (dos Passos & Silva de França, 2018). El uso de correcciones diferenciales en tiempo real y la disponibilidad de señales de referencia precisas permiten obtener mediciones con mayor exactitud (Machado & Camboim, 2019). Por otro lado, el levantamiento topográfico por dron ha demostrado ser efectivo para capturar datos topográficos detallados en áreas de difícil acceso o de gran extensión, pero la precisión de las mediciones puede verse afectada por la resolución de los sensores y la estabilidad del vuelo (Lalangui Jaramillo & Zárate Torres, 2020).

En cuanto a los tiempos de trabajo se ha observado que el GPS diferencial requiere el menor tiempo total para completar el levantamiento topográfico, seguido por la estación total y luego el levantamiento topográfico por dron. Estos hallazgos son consistentes con la literatura existente, donde se ha informado que el GPS diferencial permite una recolección de datos más rápida debido a su capacidad para realizar mediciones rápidas y precisas en el campo (Zabala, López, & Ortega, 2017), (Carranco, y otros, 2017)

En relación a los costos, se ha encontrado que el GPS diferencial es el método más costoso, seguido por el levantamiento topográfico por dron y la estación total. Estos resultados son consistentes con estudios anteriores que han destacado los altos costos asociados con los equipos de GPS diferencial y los softwares utilizados para el procesamiento de datos (Mactzul Xicay, 2018), (Rodríguez, Fernández, & Tomé, 2014).

En resumen, los resultados presentados en este estudio comparativo de métodos de levantamiento topográfico son coherentes con la teoría y los hallazgos de otros estudios. El GPS diferencial muestra una mayor precisión, requiere menos tiempo total y tiene costos más altos en comparación con el levantamiento topográfico por dron y la estación total. Sin embargo, es importante considerar que la elección del método más adecuado debe basarse en las necesidades específicas de cada proyecto, incluyendo factores como la accesibilidad al terreno, la escala del proyecto y el presupuesto disponible.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio comparativo de métodos de levantamiento topográfico, se puede concluir que el GPS diferencial es el método más eficiente en términos de precisión, tiempo requerido y costo. Los datos recopilados demuestran que el GPS diferencial exhibe la menor desviación en las mediciones en comparación con el levantamiento topográfico por drone y la estación total, lo cual indica una mayor precisión en la adquisición de datos topográficos. Esta mayor precisión es esencial para proyectos que requieren mediciones altamente precisas y confiables.

Además, se observó que el GPS diferencial requiere menos tiempo total para completar el levantamiento topográfico en comparación con los otros métodos. Con solo 7 horas en total, incluyendo 4 horas en trabajo de campo y 3 horas en trabajo de gabinete, este método se destaca por su eficiencia en términos de tiempo. Esta ventaja temporal es valiosa en proyectos donde se requiere una finalización más rápida y puede contribuir a la optimización de los recursos y la programación del proyecto.

A pesar de la inversión inicial más alta asociada con el GPS diferencial, los costos relacionados con el procesamiento de datos son menores en comparación con el levantamiento topográfico por drone. Los softwares utilizados en el GPS diferencial tienen un costo significativamente menor que el software utilizado con el drone. Esto indica que, a largo plazo, el GPS diferencial puede resultar más económico y rentable en términos de procesamiento y análisis de datos.

En general, estos hallazgos respaldan la elección del GPS diferencial como el método preferido en muchos proyectos topográficos. Su precisión, eficiencia en el tiempo y costos razonables lo convierten en una opción sólida para la adquisición de datos topográficos. Sin embargo, es importante considerar las necesidades y requisitos específicos de cada proyecto antes de tomar una decisión final, ya que pueden existir circunstancias particulares que favorezcan el uso de otros métodos como el levantamiento topográfico por drone o la estación total. Un análisis detallado y una evaluación cuidadosa son fundamentales para seleccionar el método más adecuado en cada caso.

6. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados y conclusiones de este estudio, se recomienda considerar el uso del GPS diferencial como el método preferido para futuros proyectos de levantamiento topográfico. Sin embargo, es importante tener en cuenta las necesidades y requisitos específicos de cada proyecto antes de tomar una decisión final.

Para proyectos que requieran una alta precisión en la adquisición de datos topográficos y tengan restricciones de tiempo, el GPS diferencial es la opción más adecuada debido a su mayor precisión y menor tiempo requerido. Además, es fundamental contar con personal capacitado y experimentado en el uso del GPS diferencial para garantizar la obtención de resultados precisos y confiables.

Por otro lado, si el proyecto involucra áreas de difícil acceso o de gran extensión, el levantamiento topográfico por drone puede ser una alternativa viable, aunque se debe tener en cuenta la necesidad de un mayor tiempo de procesamiento de datos.

En resumen, la elección del método de levantamiento topográfico debe basarse en un análisis exhaustivo de las necesidades y restricciones de cada proyecto.

7. REFERENCIAS

- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Aleria México*, 63(2), 201-206. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Belette Fuentes, O., Maceo Marcheco, A., & Batista Legrá, Y. (2020). Determinación de la red óptima de levantamiento topográfico conestación total para el cálculo de volumen. *Revista de Topografía Azimut*, 12(1), 08-17. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/13091>
- Carranco, S., Tuxpan, J., Yutsis, V., Torres, S., Moran, J., Carranco, J., & Almanza, O. (2017). Aplicación de GPS diferencial para el monitoreo de movimientos en el terreno,” *Revista UD y la Geomática*,. *UD y la geomática*(11), 60-65. doi:<https://doi.org/10.14483/23448407.12376>
- Cruz Meléndez, E. (2008). Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/83?show=full>
- Del Río Santana , O., Gómez Córdova, F., López Carrillo, N. V., Saenz Esqueda, J. A., & Espinoza Fraire , A. T. (2020). Análisis comparativo de levantamiento. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14(2), 1-10. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- Del Río Santana, O., Espinoza Fraire, T., Sáenz Esqueda, A., & Córtez Martínez , F. (2019). Levantamientos Topográficos con Drones. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 1(5), 15-19. Obtenido de <http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2019/CID012.pdf>
- dos Passos, J. B., & Silva de França, L. L. (2018). Processo de reambulação no mapeamento topográfico. *Revista Brasileira de Geomática*, 6(2). Obtenido de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/6700>
- Front Casaseca, N. (2021). Los mapas y la transición digital: una oportunidad para la geografía urbana crítica. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 25(3). doi:<https://doi.org/10.1344/sn2021.25.33973>
- Gómez Vázquez, Á., & Mendoza Rosas, A. T. (2021). Geodesia aplicada al monitoreo de desplazamientos de una ladera inestable y la influencia de la precipitación, durante el período 2008-2011, Teziutlán, Puebla. *Ciencia Nicolaita*(82). Obtenido de

<https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/559>

- Guardo , N., López, L., & Bilmes, A. (2021). Relevamiento topográfico de alta resolución: comparación de modelos del terreno mediante Estación Total y fotogrametría SfM-MVS. Aplicación en una cantera de suelos seleccionados, La Plata, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 78(4). Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/164714>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de Mexico: McGraw Hill Interamericana. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Methodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Lalangui Jaramillo, Y. J., & Zárate Torres, B. A. (2020). Evaluación del modelo digital de terreno obtenido mediante técnicas de fotogrametría con VANT y con técnicas GNSS aplicados a proyectos viales en zonas de mediana vegetación. *Avances Investigación en Ingeniería*, 17(2). doi:<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6636>
- Lijphart, A. (1971). Il Metodo della Comparazione,” *Rivista Italiana di Scienza Politica. Italian Political Science Review / Rivista Italiana di Scienza Politica* , 1(1), 67-92. doi:<https://doi.org/10.1017/S0048840200000034>
- Lima, T., Umezu, C., Cappelli, N., & Nunes, E. (2006). Equipamento microprocessado para geração de sinal de correção diferencial, em tempo real, para GPS. *Engenharia Agrícola*, 26(2). Obtenido de <https://www.scielo.br/j/eagri/a/dxdNjL7gQzx8qbZKTdpdFJC/?format=pdf&lang=pt>
- Machado, A. A., & Camboim, S. P. (2019). Desambiguação dos Termos Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas e Mapeamento Cadastral no Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, 71(2). doi:<https://doi.org/10.14393/rbcv71n2-44528>
- Mactzul Xicay, A. (2018). Análisis comparativo de levantamiento altimétricos por GPS, estación total y método de nivelación diferencial. Obtenido de <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC10029>
- Mamani Gutiérrez, H. A. (2019). Levantamiento topográfico tradicional y aerofotogrametrías desde vehículos aéreos no tripulados (Vant- Drones), comparación de coordenadas horizontales y verticales. *Revista Tecnológica*, 16(22). Obtenido de

http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322020000100002&lng=pt&nrm=iso

- Maureria Velásquez, M., Seebach, S., & Torrejón Cano, P. (2019). Drones y epidemiología: La tecnologización de la vigilancia. *Estudios Atacameños*(62), 203-211. doi:<https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0012>
- Mayorga Torres, T., & Platzeck, G. (2014). Aplicación de interferometría diferencial de radar de apertura sintética (DInSAR) como una herramienta para detectar deslizamientos en una región de los Andes en Ecuador. *Pyroclastic Flow*, 4(1). doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000200023>
- Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://fdiazca.files.wordpress.com/2020/06/046.-mastertesis-metodologicc81a-de-la-investigaciocc81n-cuantitativa-cualitativa-y-redacciocc81n-de-la-tesis-4ed-humberto-ncc83aupas-paitacc81n-2014.pdf>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
- Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. *Academia*, 8(16), 29-45.
- Pachas, R. L. (2022). El levantamiento topografico: uso del GPS y estacion total. *Academia*, 8(16).
- Pacheco Gil, H., Jarre, E., Macias, J., Intriago, F., Ortega, B., & Menéndez, E. (2023). Uso de un vehículo aéreo no tripulado como alternativa para generar información topográfica. *Enfoque UTE*, 14(1). doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.881>
- Pilatasig Moreno, L. F., Bustillos Arequipa, J. E., Jácome Calderón, L. F., & Mariño Moyón, A. D. (s.f.). Evaluación de la Actividad de los Movimientos en Masa de Cachi Alto-Pujilí, Ecuador Mediante Monitoreo Instrumental de Bajo Costo. *Revista Politécnica*, 49(1). doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol49n1.02>
- Piovani, J. I., & Krawczyk, N. (2017). Los Estudios Comparativos: algunas notas históricas, epistemológicas y metodológicas. *Educação & Realidade*, 42(3), 821-840. doi:<https://doi.org/10.1590/2175-623667609>
- Plasencia Valdiviezo, J. L. (2021). Colocación de coordenadas geodésicas UTM WGS 84

- con ERP y levantamiento fotogramétrico con RPA para fines de habilitación urbana. *Tecno Humanismo*, 1(2). doi:<https://doi.org/10.53673/th.v1i11.71>
- Puerta Colorado, C. (2015). Tecnología Drone En Levantamientos Topográfico. 13(3).
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23(1), 9-17. Obtenido de https://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf
- Rivera González, O. D. (2020). Fotogrametría de Drones para la Prevención de Deslizamientos de Tierra en la Ciudad de México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 4(2), 85-96. doi:<https://doi.org/10.55467/reder.v4i2.52>
- Roa, C., Andrades, J., Cuesta, L., López, J., & Torres, H. (2020). Propuesta metodológica para la construcción y selección de modelos digitales de elevación de alta precisión. *Colombia Forestal*, 23(2), 34-46. doi:<https://doi.org/10.14483/2256201X.15155>
- Rodríguez, F., Fernández, A., & Tomé, J. (2014). Resultados y reflexiones tras cinco años de inventario forestal con tecnología LiDAR. *Foresta*(61), 28-33.
- Rosales Veitia , J. A., & Marcano Montilla, A. (2013). Análisis geomorfológico de las microcuencas de drenajes Monroy y Zumba, municipio Sucre – estado Miranda, Venezuela; empleando Sistemas de Información Geográfica. *Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico*, 9(1). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Arismar-Montilla-2/publication/267652439_ANALISIS_GEOMORFOLOGICO_DE_LAS_MICROCUENCAS_DE_DRENAJES_MONROY_Y_ZUMBA_MUNICIPIO_SUCRE-ESTADO_MIRANDA_VENEZUELA_EMPLEANDO_SISTEMAS_DE_INFORMACION_GEOGRAFICA/links/545780200cf26
- Silveira, F., Machado, A., Andrade, A., & Camboim, S. P. (2021). Símbolos Pontuais para o Mapeamento Topográfico em Escala Grande. *Revista Brasileira*, 73(2). doi:<https://doi.org/10.14393/rbcv73n2-57110>
- Tacca Quelca, H. (2015). Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3882>
- Zabala, M., López, F., & Ortega, Á. (2017). Análisis e implementación de diferencial GPS

en configuración simple y doble. *MASKAY*, 7(1). doi:
<https://doi.org/10.24133/maskay.v7i1.343>

Zuñiga Flores, Y. C. (2017). Análisis comparativo en el mapeo de terreno usando Vehículos Aéreos No Tripulados con relación al Método Convencional en la localidad de Piruruyoc – Ancash. *APORTE SANTIAGUINO*, 9(2). doi:
<https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n2.197>

8. ANEXOS

Anexo 1: Evidencia de Submision



Maracaibo, Venezuela; 08 de noviembre de 2023.

CONSTANCIA

Quien suscribe, Dra. Valentina Millano G., Directora de la Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad del Zulia, hace constar que el artículo titulado: “Drone, GPS Diferencial y Estación Total: análisis comparativo de levantamiento topográfico a 3800 m.s.n.m”, signado bajo el número 1735 y consignado por los autores: *Sthalin Wilber Nina Aquino; Miguel Amadeo Apaza Quenaya; Rina Luzmeri Yampara Ticona*, ha sido aceptado para ser sometido a arbitraje en esta Revista y se encuentra en el proceso de evaluación.

La Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad del Zulia es una Revista Científica fundada en 1978, de acceso libre y de revisión por pares. Se encuentra incluida e indizada en los siguientes Índices: Índice y Biblioteca Electrónica de Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología (REVENCYT), Scientific Electronic Library Online Scielo Citation Index (SciELO), Registro de Publicaciones Científicas y Tecnológicas Venezolanas del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT), en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en COMPENDEX, en INFORME ACADÉMICO, MATHEMATICAL REVIEWS, MATH SCI, METALS ABSTRACTS INDEX, índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA), PETROLEUM ABSTRACTS, BIBLAT, DOAJ, REDALYC, DRJI y SCOPUS.


Prof.^a Valentina Millano
Editora en Jefe



Anexo 2: Resolución de aprobación de proyecto de tesis

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 0449-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 07 de junio de 2022

VISTO:

El expediente de **Sthalin Wilber Nina Aquino**, identificado(a) con Código Universitario N° 201521907 y **Miguel Amadeo Apaza Quenaya**, identificado(a) con Código Universitario N° 200920526, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Sthalin Wilber Nina Aquino** y **Miguel Amadeo Apaza Quenaya**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación de eficiencia entre; la Fotogrametría con Drone - Real Time Kinematic, GPS diferencial y el método convencional aplicado en el levantamiento topográfico del campus de la Universidad Peruana Unión Sede Juliaca, 2021" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;


Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 07 de junio de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:


Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Evaluación de eficiencia entre; la Fotogrametría con Drone - Real Time Kinematic, GPS diferencial y el método convencional aplicado en el levantamiento topográfico del campus de la Universidad Peruana Unión Sede Juliaca, 2021" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Gerardo Wiliam Pari Quispe** y **Ing. Moises Araca Chile**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

Anexo 3: Evidencia Fotográfica









