PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL VS. DRON DE UN ÁREA DE INFLUENCIA DE DESLAVE – SECTOR LA COMUNA

AUTORES:

ANDINO SUAREZ BRYAN ADRIAN

CACHIMUEL ORTIZ ANDREA CARLA

DIRECTOR: ING. PAUL ENRIQUEZ

QUITO DM, NOVIEMBRE DE 2023

AGRADECIMIENTO

"Cuando la gratitud es tan absoluta, las palabras sobran." (Álvaro Mutis). Gracias a Dios por cada instante que me permitió seguir con fuerza, salud y empeño, el cual fue esencial para que ahora mismo, este en la culminación de mi carrera. También gracias a mi familia por apoyarme en cada elección y creer en mí.

Andrea Carla Cachimuel Ortiz

"Pon en manos del Señor todas tus obras, y tus proyectos se cumplirán." (Proverbios 16:3). Querido Dios, agradezco tu guía constante y fortaleza que me has brindado durante mi travesía como estudiante de ingeniería civil. También quiero expresar mi profunda gratitud a mi amada familia en especial mis padres, su apoyo inquebrantable ha sido mi mayor motivación. A mis docentes con quien compartí todo este proceso educativo acompañado de virtudes y paciencia para mi formación profesional. ¡Finalmente, he alcanzado el logro de graduarme, y es gracias a su amor y al divino respaldo que hoy celebro este hito en mi vida!

Bryan Adrian Andino Suarez

DEDICATORIA

Inicialmente a Dios, porque es él quien me guio y acompaño hasta aquí. En especial, a mi familia, por su amor y apoyo incondicional para este gran reto, y finalmente, a cada uno de mis profesores que me enseñaron sobre la profesión qué ahora amo.

Andrea Carla Cachimuel Ortiz

A Dios, fuente inagotable de fuerza y sabiduría, mi eterna gratitud por ser mi guía constante. A mi amada familia, pilar de mi éxito, su amor y apoyo han sido la fuerza impulsora que me llevó a culminar mi carrera de ingeniería civil. Este logro es un reflejo de la bendición divina y del inquebrantable respaldo familiar que ha marcado mi camino. Sin antes culminar este apartado mencionando la frase: “Lo último que se pierde es la barriga señor Esperanza”. Con amor y agradecimiento eterno.

Bryan Adrian Andino Suarez

RESUMEN

Este proyecto de disertación tiene como objetivo principal analizar y comparar los resultados de un estudio topográfico llevado a cabo mediante una estación total y otro utilizando un dron en la región afectada por el deslave, la cual corresponde al sector La Comuna, en ciudad de Quito.

Se conocerá, de acuerdo con las características del lugar, el método y equipo que muestre mayor precisión, tiempo de ejecución y costo en el área de estudio. Es importante decir que uno de los componentes fundamentales para hacer mediciones es la precisión, la cual no permite errores y requiere una información detallada en concordancia a la descripción de un terreno. Así mismo, el tiempo de ejecución, factor que dependerá en gran medida de la complejidad del terreno, accesibilidad y condiciones climáticas, como también de la disponibilidad de equipos y el número de personas para la ejecución del trabajo. Finalmente, el costo, que se someterá directamente la exactitud del proyecto y las características del terreno determinarán el precio definitivo de este análisis, que se establecerá según la tarifa proporcionada por la empresa privada e incluirá el IVA, ya que no conlleva costos adicionales relacionados con tasas o licencias.

En otras palabras, se incorporará el avance tecnológico a todo tipo de trabajos topográficos, a fin de adquirir habilidades y destrezas en el manejo de cada uno de los equipos y dominar sus limitaciones. A fin de complementar técnicas para obtener trabajos con calidad y precisión.

PALABRAS CLAVES: Levantamiento topográfico, Estación total, Dron, Precisión, Tiempo de ejecución, Costo.

ABSTRACT

The main objective of this dissertation project is to analyze and compare the results of a topographic study carried out using a total station and another using a drone in the region affected by the landslide, which corresponds to the La Comuna sector, in the city of Quito.

According to the characteristics of the place, the method and equipment that shows greater precision, execution time and cost in the study area will be known. It is important to say that one of the fundamental components for making measurements is precision, which does not allow errors and requires detailed information in accordance with the description of a terrain. Likewise, the execution time, a factor that will depend largely on the complexity of the terrain, accessibility, and climatic conditions, as well as the availability of equipment and the number of people to carry out the work. Finally, the cost, which will be directly submitted, the accuracy of the project and the characteristics of the land will determine the final price of this analysis, which will be established according to the rate provided by the private company and will include VAT, since it does not entail additional costs related to fees or licenses.

In other words, technological advancement will be incorporated into all types of topographical work, to acquire skills and abilities in the management of each of the equipment and master its limitations. To complement techniques to obtain work with quality and precision.

KEYWORDS: Surveying, Total station, Dron, Accuracy, Execution time, Cos

TABLA DE CONTENIDO

AUTORES…….1

AGRADECIMIENTO……...1

DEDICATORIA……....2

RESUMEN……....3

ABSTRACT……..4

INDICE DE FIGURAS…….8

INDICE DE TABLAS……...9

INDICE DE GRAFICOS……..9

INDICE DE FOTOS……10

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN……...11

1.1 Importancia……...…11

1.2 Limitaciones…….12

1.3 Planteamiento del problema…….12

1.4 Justificación……..13

1.5 Objetivos……...13

1.5.1 General……....13

1.5.2 Específicos…….…….13

1.6 Alcance…….13

CAPITULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA……..……14

2.1 Levantamiento topográfico……..…….14

2.2 Tipos de levantamientos topográficos…….…….14

2.2.1. Levantamiento de terrenos a nivel general. ……. 14

2.2.2. Topografía enfocada en las vías de comunicación. ……. 14

2.2.3. Topografía para minas…….14

2.2.4. Levantamiento catastral…….…….14

2.2.5. Levantamiento hidrográfico……...……15

2.2.6. Levantamiento para ingeniería…….…….15
2.2.7. Levantamiento aéreo…….….15
2.2.7.1. La fotogrametría……...……..15
2.3 Mediciones en topografía……...…..16
2.3.1.1. Distancia natural…….16
2.3.1.2. Distancia geométrica…….….16
2.3.1.3. Distancia reducida……..17
2.4 Exactitud y precisión……17
2.5 Equipos utilizados en topografía…….……18
2.5.1 Estación total……..18
2.5.2 Trípode……..….18
2.5.3 Prisma…….19
2.5.4 Cinta métrica…….….20
2.5.5 Dron…….20
2.5.6.1 Características de un Dron……...…….21
2.5.6.2 Clasificación de los Drones……..21
2.5.6.2.1 Función del tipo de alas……...…….21
2.2.6.2.2. Según el método de control…….21
2.5.6.3 Aplicación tecnológica en la topografía con Dron……..22
CAPITULO 3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO…….23
3.1 Ubicación del área de estudio……..23
3.2 Descripción del lugar de realización del levantamiento topográfico…..23
3.3 Levantamiento topográfico con Estación total……25
3.3.1 Equipo empleado…….……..25
3.3.2 Ficha técnicas del equipo…….……26
3.3.2 Método utilizado…….……..28
3.3.3 Descripción del trabajo en campo…….28
3.3.4 Datos obtenidos de la Estación total…….…….29

3.4 Levantamiento topográfico con Dron……33
3.4.1 Equipo utilizado……..……..33
3.4.2 Fichas técnicas del equipo……..……..34
3.4.3 Método utilizado……..…….36
3.4.4 Descripción del trabajo en campo……37
CAPITULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS……..44
4.1 Precisión……..……..……..44
4.2 Tiempo de ejecución……..……47
4.3 Costo……..……..……48
4.4 Ventajas y Desventajas……..…….50
4.4.1 Ventajas……..……..……..50
4.4.1.1 Levantamiento topográfico con Estación total……..50
4.4.1.2 Levantamiento topográfico con DroN……...51
4.4.2.1 Levantamiento topográfico con Estación total……..51
4.4.2.2 Levantamiento topográfico con Dron……52
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……53
5.1 Conclusiones……..……..53
5.2 Recomendaciones……..……..53
BIBLIOGRAFÍA……..……..……...54
ANEXOS……..……..……...55
Anexo 1. Registro Fotográfico – Estación total……...55
Anexo 3. Registro Fotográfico – Dron……....57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotogrametría 16
Figura 2: Mediciones en topografía 17
Figura 3: Exactitud y precisión 18
Figura 4: Estación total 18
Figura 5: Trípode 19
Figura 6: Prisma 19
Figura 7: Cinta métrica 20
Figura 8: Dron 20
Figura 9: Sector La Comuna Alta 23
Figura 10: Lado Norte de la quebrada El Tejado – Viviendas 24
Figura 11: Fondo de la quebrada El Tejado – Antes del ingreso al colector 24
Figura 12: Lado Sur de la quebrada El Tejado 24
Figura 13: Lado Oeste de la quebrada El Tejado 25
Figura 14: Lado Este de la quebrada El Tejado 25
Figura 15: Estación Total 26
Figura 16: Bloc de notas - Datos de Estación total 29
Figura 17: Excel de coordenadas del levantamiento 30
Figura 18: Dron Mavic Air 2 34
Figura 19: HNSS Emlid Reach RS2 34
Figura 20: Demarcación de ptos. de control – Antena RS2 37
Figura 21: Aplicación móvil - Emlid Flow 38
Figura 22: Servicio de corrección – NTRIP (IGM) 39
Figura 23: Trayectoria de vuelo - Dron 41
Figura 24: Producto Fotográfico 42
Figura 25: Curvas de nivel 43
Figura 26: Ortofotografia 43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ficha Técnicas - Estación Total 26
Tabla 2: Datos de la Estación total 30
Tabla 3: Ficha Técnicas – Mavic Air 2 35
Tabla 4: Ficha Técnicas – Emlid Reach RS2 36
Tabla 5: Ptos. de control 39
Tabla 6: Precisiones de los ptos. 40
Tabla 7: Diferencia de coordenadas en X y Y 44
Tabla 8: Comparación visual de coordenadas 45
Tabla 9: Características del área de estudio 47
Tabla 10: Tiempo de trabajo 47
Tabla 11: Adquisición de equipo 48
Tabla 12: Alquiler de equipo 49

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Comparación de Desviaciones 44
Gráfico 2: Tiempo de ejecución 48
Gráfico 3: Costo – Adquisición de equipo 49
Gráfico 4: Costo – Alquiler de equipo 50

INDICE DE FOTOS

Foto 1: Colocación del pto. inicial del levantamiento 55
Foto 2: Toma de ptos. exteriores..... 55
Foto 3: Entrada a la quebrada 55
Foto 4: Toma de ptos. dentro de la quebrada..... 55
Foto 5: Colocación de ptos. de control 57
Foto 6: Toma de coordenada dentro de la quebrada 57
Foto 7: Toma de coordenada en pto. exterior 57
Foto 8: Colocación del dron para inicio de vuelo. 57

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

En ingeniería civil, la topografía es una parte fundamental para el desarrollo de los proyectos. Se considera que un levantamiento topográfico es la primera etapa de un estudio técnico y descriptivo del terreno, debido a que analiza la superficie con referencia a sus características físicas, geográficas y geológicas. La tecnología nos permitirá utilizar métodos alternativos para recopilar datos con el objetivo de lograr resultados óptimos en el modelado de terrenos.

Podemos incluir:

- Precisión y exactitud: Permite evaluar cuál de las dos metodologías es más precisa y adecuada para el tipo de proyecto. La precisión es esencial en aplicaciones como la ingeniería civil y la construcción.
- Eficiencia y costo: Comprender las ventajas y desventajas de cada método ayuda a tomar decisiones informadas sobre qué técnica utilizar. Los drones pueden ser más eficientes en ciertos casos y potencialmente reducir costos.
- Cobertura y accesibilidad: El análisis comparativo considera la cobertura de área que se puede lograr con cada método y la accesibilidad a terrenos difíciles. Los drones pueden acceder a áreas remotas de manera más fácil.
- Velocidad de adquisición de datos: Evaluar cuál método es más rápido para obtener datos topográficos es importante para cumplir con plazos de proyectos.
- Aplicaciones específicas: Dependiendo de las necesidades del proyecto, uno de los métodos puede ser más adecuado. Por ejemplo, los drones son útiles en mapeo de vegetación o inspección de infraestructuras.
- Tecnología en evolución: La tecnología de drones y estaciones totales sigue avanzando, por lo que un análisis comparativo permite mantenerse al tanto de las últimas innovaciones.

1.1 Importancia

Un levantamiento topográfico es considerado una actividad indispensable para los proyectos constructivos, debido a que la información proporcionada es exacta al terreno donde se podrá diseñar la obra. Los conceptos topográficos con el tiempo no han variado, pero los instrumentos de medida, técnicas y métodos han sido modificados.

En la actualidad, el avance tecnológico ha cambiado la forma de realizar un levantamiento topográfico a comparación con los métodos tradicionales. Con dicha comparación se busca conocer la precisión en medidas más cercanas a las reales del terreno, un alcance en tiempo de ejecución aceptable y un costo asequible.

Básicamente su importancia se basa en realizar y conocer un análisis comparativo entre un levantamiento topográfico realizado con una estación total y otro utilizando un dron ya que permite tomar decisiones fundamentadas para optimizar la recopilación de datos topográficos en función de los requisitos y las condiciones específicas del área de estudio.

Cabe destacar que principalmente se tendrá un apoyo al momento de realizar este tipo de actividad para obtener un producto de gran exactitud.

1.2 Limitaciones

- El análisis comparativo evidenciara el tiempo ejecutado, el costo y la precisión por cada uno de los métodos utilizados, Estación total y Dron.
- En la investigación los resultados representan solo la zona que se realizó el levantamiento topográfico y sus condiciones.
- La recopilación de datos obtenida en la zona de trabajo está limitada por el tiempo máximo que se realizará el proyecto de integración curricular.

1.3 Planteamiento del problema

Los datos obtenidos en un levantamiento topográfico constituyen las características físicas y geográficas de un área de terreno, por lo cual la calidad de la información representa el buen nivel de la técnica de medición. No obstante, no se encuentran libre de errores significativos provenientes de la intervención humana por el uso de instrumentos especializados. Así mismo, los diferentes métodos de levantamientos topográficos requieren precisión, por lo que es necesario considerar la actualización con nuevas tecnologías para la recopilación de datos, por esta razón la tecnología es parte de la evolución.

Por lo mencionado anteriormente se formula la siguiente pregunta: ¿La diferencia en precisión, costo y tiempo de ejecución de un levantamiento topográfico con Estación total vs. Dron, tiene una variación relevante? Por esta interrogante, surge este análisis comparativo a fin de optimizar recursos, tiempo y dinero.

1.4 Justificación

Debido al avance tecnológico y a la presencia de instrumentos de medición en la topografía, es necesario adquirir nuevos conocimientos. Por muchos años, un levantamiento topográfico, realizado con estación total, ha proporcionado resultados con mediciones aceptables, pero en la actualidad, la vinculación de un dron contribuye al desarrollo del área topográfica y de la ingeniería en general. Cabe mencionar que para la ejecución de un levantamiento topográfico adecuado se considera precisión, costo y tiempo, por lo que se debe seleccionar la herramienta o maquinaria adecuada, sin olvidar que una técnica tradicional es el apoyo para compensar las deficiencias de las nuevas.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Realizar un análisis comparativo de un levantamiento topográfico realizado con Estación total vs. Dron de un área de influencia de deslave – Sector La Comuna.

1.5.2 Específicos

- Comparar la precisión, tiempo de ejecución y costo del levantamiento topográfico con Estación total vs. Dron.
- Descripción del método de levantamiento topográfico con Estación total y Dron.
- Identificar las características, linderos y área total de estudio.
- Comparar los resultados obtenidos e identificar los beneficios en el campo de la topografía.

1.6 Alcance

Para el "ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL VS. DRON DE UN ÁREA DE INFLUENCIA DE DESLAVE – SECTOR LA COMUNA" con la recopilación de información y datos vigentes de la zona. La ejecución del análisis comparativo, con el cual se evalúa cuál de los dos levantamientos topográficos realizados en la zona de trabajo es el método más exacto y eficaz, de igual manera la estimación del costo de utilización de cada uno de los métodos, así como también las ventajas y desventajas entre ellos.

Además, la contribución a una mayor implementación de la tecnología con métodos alternos a los utilizados tradicionalmente en un levantamiento topográfico como es el caso del Dron, este dispositivo es considerado muy alta precisión.

CAPITULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Levantamiento topográfico

Para Rincón (2017) el levantamiento topográfico es un grupo de operaciones, donde el propósito es establecer puntos en el espacio y ser representados en un plano, en ese sentido, incluyen operaciones como:

- Levantamiento y selección del método que se va a aplicar.
- Búsqueda de equipos adecuados para el proceso.
- Identificación y ubicación de vértices que pueden ser de apoyo.
- Medición del terreno.
- Finalmente la elaboración de los planos.

2.2 Tipos de levantamientos topográficos

Rincón y otros (2017) establecen que existen tipos de levantamientos topográficos como:

2.2.1. Levantamiento de terrenos a nivel general. –

En primera instancia se marca linderos, se mide y divide las superficies con la finalidad de ubicar en los planos de acuerdo a los levantamientos y generar la construcción.

2.2.2. Topografía enfocada en las vías de comunicación. –

Se enfoca en la construcción de calzadas, líneas de transmisión e incluso ferrocarriles, entre otros

2.2.3. Topografía para minas

Se encarga en la evaluación de obras realizadas de manera subterránea y que se relacionan con los trabajos en la superficie.

2.2.4. Levantamiento catastral

Estos pueden ser urbanos o rurales, se localizan los terrenos de acuerdo a las propiedades ejemplo; agrícolas, mineros y los derechos de agua, se detallan las

construcciones y las extensiones, asimismo, derechos de propiedad o beneficiarios. Este levantamiento catastral tiene el propósito para la evaluación en la recaudación los impuestos.

2.2.5. Levantamiento hidrográfico

El levantamiento hidrográfico se enfoca en lugares que incluyan cuerpos de agua como; playas, ríos, lagos, diques, entre otros, analizando las irregularidades y las profundidades, bajo ese contexto, se da uso de tecnología que permita navegar en el fondo y generar datos exactos.

2.2.6. Levantamiento para ingeniería

Toma en cuenta los proyectos en todas las fases, desde el principio, durante y al culminar la obra de ingeniería. Como producto final se obtiene un plano topográfico, que puede configurarse de acuerdo a las necesidades del estudio, como características del terreno, materiales necesarios, reformulación y financiación, con el objetivo de mantener actualizada la información en caso de ser fiscalizada e incluso una guía para otros profesionales y estudiantes.

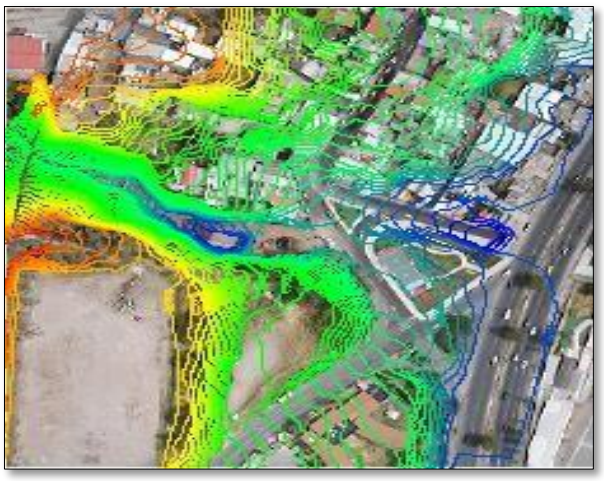
2.2.7. Levantamiento aéreo

Incluye el uso de tecnología para obtener fotografías desde otros ángulos, con el apoyo de avionetas o drones para realizar el levantamiento.

2.2.7.1. La fotogrametría

Se considera como un proceso que ayuda a valorar coordenadas en 3D, se apoya de fotografías, tomando en cuenta un punto de referencia en el lote, posición relevante para la medición. Seguidamente, el proceso de los datos es ejecutado en softwares de acuerdo a las necesidades del proyecto y que ayuden a crear un modelo digital del terreno, gracias a estas técnicas en los últimos años se ha observado una mejora en la calidad de los levantamientos y proyectos (Puerta,2015).

Figura 1: Fotogrametría



Nota. Tomada de AutoCAD (2023). Ortofoto.

2.3 Mediciones en topografía

Corresponde a la asignación de números en un terreno, donde se plasma un patrón y se estima como una unidad, esta puede generar cantidades distintas en caso de considerar más variables en la medida. Por tal razón, se establece solo una unidad para magnitudes amplias, con la finalidad que la evaluación sea sencilla y análisis de la propiedad sea entendible para todos los involucrados en la obra. En cuanto a las mediciones topográficas se toma en cuenta ángulos y distancias que pueden abarcar zonas horizontales y verticales, además de inclinaciones (Rincón y otros, 2017).

Para la medición en topografía es fundamental comprender los siguientes significados:

2.3.1.1. Distancia natural

La distancia natural apunta dos posiciones, respetando el relieve del lote.

2.3.1.2. Distancia geométrica

Se conceptualiza como una distancia inclinada, en otras palabras es la unión de dos puntos en un segmento recto.

2.3.1.3. Distancia reducida

La distancia reducida se efectúa en un plano horizontal, considerando la distancia de esta zona.

Para la medición horizontal y vertical se toma en cuenta ángulos, estos se nombran como X y Y, además de establecer la cota y la altura, mediciones necesarias para la elaboración de los planos (Rincón y otros, 2017).

Figura 2: Mediciones en topografía



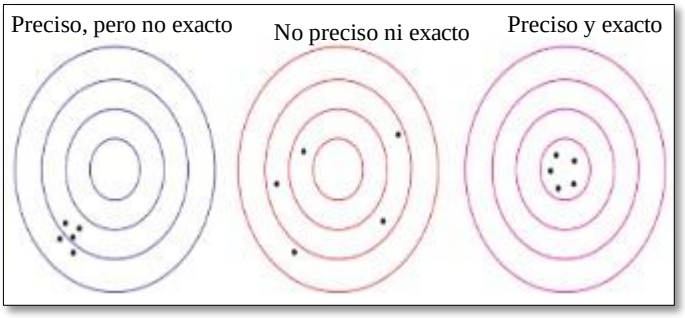
Nota. Tomada de Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). Topografía. Ecoe Ediciones.

2.4 Exactitud y precisión

La exactitud es un grado de proximidad, donde ayuda a medir de manera exacta la magnitud del terreno, en estadística se define como una estimación, siendo una técnica exacta y sin dispersiones como es el caso de la observación, para lo cual, se toma en cuenta condiciones para que los datos sean reales (Rincón y otros,2017).

Por ende, en una serie de mediciones que tengan la misma magnitud, estos deben ser cercanos, para contar con una precisión exacta. En topografía es difícil la exactitud pero se considera como precisa para generar un valor real en la medida (Rincón y otros,2017).

Figura 3: Exactitud y precisión



Nota. Tomada de Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). Topografía. Ecoe Ediciones.

2.5 Equipos utilizados en topografía

2.5.1 Estación total

La estación total en topografía la principal función es la incorporación de tecnología esta contara con un distanciómetro, además de un microprocesador para contar con mejores resultados (Rincón y otros, 2017).

Figura 4: Estación total



Nota. Tomada de Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). Topografía. Ecoe Ediciones.

2.5.2 Trípode

El trípode en topografía es un equipo que posee un armazón, este contara con tres patas que ayudan a sostener a otros equipos (Rincón y otros,2017).

Figura 5: Trípode



Nota. Tomada de Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). Topografía. Ecoe Ediciones.

2.5.3 Prisma

Este tipo de equipo tiene el aspecto de espejos, donde se plasma las señales que se emiten en el distanciómetro (Rincón y otros, 2017).

Figura 6: Prisma



Nota. Tomada de Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). *Topografía*. Ecoe Ediciones.

2.5.4 Cinta métrica

Es un instrumento que se utiliza para la medición, este es de aspecto flexible y posee números graduados, la facilidad de este equipo permite que el transporte sea sencillo e incluso medir superficies que no sean rectas (Rincón y otros, 2017).

Figura 7: Cinta métrica



Nota. Tomada de Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). Topografía. Ecoe Ediciones.

2.5.5 Dron

El dron es utilizado en la topografía, como una forma de navegar en espacios externos o en interiores, este equipo puede poseer cámaras fotográficas y de video e incluso contar con sensores, lo que respecta al vuelo pueden alcanzar un metro hasta quinientos metros controlados en la superficie de manera automática con controles remotos (Ferreira & Aira,2017).

Figura 8: Dron



Nota. Autoría propia (2023)

2.5.6.1 Características de un Dron

Un dron es un vehículo, similar al avión pero en dimensiones pequeñas, permitiendo que sea accesible y el manejo sencillo, este posee internamente un hardware particular que ayude a comunicarse desde la superficie hasta el aire, enviando comandos para que tengan autonomía en el vuelo y calidad de imagen ideal para el levantamiento de información (Ferreira & Aira,2017).

2.5.6.2 Clasificación de los Drones

2.5.6.2.1 Función del tipo de alas:

- **Alas que sean fijas:** Estas se caracterizan por tener un tipo de alas que se asemejan a un avión.
- **Multi rotor:** Como menciona el nombre estas tienen más que dos alas, se asemejan a un helicóptero, contando con 2 hasta 8 hélices, unas van a girar en sentido derecho y otras izquierdo, impulsando al equipo al vuelo y manteniéndole en un lugar, pese al clima, este tipo de función de alas es ideal para generar fotos y videos de calidad (Gonzáles, 2017).

2.2.6.2.2. Según el método de control:

- **Con autonomía:** El equipo no necesariamente necesita el control de una persona, en la actualidad cuentan con sensores de comunicación, donde se establecen los tiempos de vuelo.
- **Con monitorización:** Los drones antiguos requieren de una persona para controlar los tiempos de vuelo y dirección de este, mediante controles remotos o el uso de otros dispositivos electrónicos compatibles.
- **Supervisión:** La persona vuela el equipo, no obstante, existen funciones donde el dron puede ejecutarse sin la necesidad de vigilancia.
- **Programación:** Cuando una persona programa el vuelo, este no se puede modificar, se mantiene el tiempo y coordenadas (Gonzáles,2017).

2.5.6.3 Aplicación tecnológica en la topografía con Dron

De acuerdo con Puerta (2015) la topografía va de la mano con la ingeniería civil, permite la recolección de datos como:

- **Cartografía. –** Permite la elaboración de mapas y levantamiento aéreo de los terrenos.
- **Servicio forestal:** Ayuda al control de daños en las áreas boscosas causadas por incendios.
- Geología e hidróloga.
- Seguimiento y calificación de los proyectos.
- Control de las planificaciones.

Una vez recolectado los datos, con el apoyo de sensores, permite la creación de mapas y digitalización de estos, se pueden generar a través de programas como AutoCAD o ArcGIS (Puerta,2015).

CAPITULO 3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

3.1 Ubicación del área de estudio

Quebrada el Tejado - Sector la Comuna Alta, ubicada en la Av. Mariscal Sucre y Fulgencio Araujo, Vía al Teleférico.

Figura 9: Sector La Comuna Alta



Nota. Tomada de Google Earth (2023)

3.2 Descripción del lugar de realización del levantamiento topográfico

La quebrada el Tejado es una formación natural para la recolección de aguas lluvia. Al llegar a la calle Fulgencio Araujo se realiza una obra de ingeniería para la recolección de esas aguas, un colector que pasa por debajo de la ciudad hasta llegar al rio Machángara.

En la actualidad, están los asentamientos de viviendas al lado Norte de la quebrada y el teleférico al lado Sur, para el Este está la ciudad de quito, y al Oeste el volcán Pichincha.

Figura 10: Lado Norte de la quebrada El Tejado – Viviendas



Nota. Autoría propia (2023)

Figura 11: Fondo de la quebrada El Tejado – Antes del ingreso al colector



Nota. Autoría propia (2023)

Figura 12: Lado Sur de la quebrada El Tejado



Nota. Autoría propia (2023)

Figura 13: Lado Oeste de la quebrada El Tejado



Nota. Autoría propia (2023)

Figura 14: Lado Este de la quebrada El Tejado



Nota. Autoría propia (2023)

3.3 Levantamiento topográfico con Estación total

3.3.1 Equipo empleado

Estación total Kolida KTS 442LLC

Figura 15: Estación Total



Nota. Tomada de South Geosystems. Estación Total Kolida KTS 442 LLC

3.3.2 Ficha técnicas del equipo

Documento proporcionado por el proveedor del producto, la cual detalla las características de la estación total y que se muestra a continuación:

Tabla 1: Ficha Técnicas - Estación Total

Modelo	**KTS-442L**	**KTS-445L**
Memoria	24000 P.	24000 P.
Telescopio	Lectura coaxial y medición óptica de distancia	
Imagen	Erecta	
Aumentos	30×	
Apertura del Objetivo	45mm (EDM: 50mm)	
Longitud	154mm	
Resolución de Enfoque	4"	
Campo de Visión	1°30'	
Distancia Mínima de Enfoque	1m	

Campo de Visión	1°30'	
Distancia Mínima de Enfoque	1m	
Medida de ángulos		
Precisión (DIN18723)	2"	5"
Sistema de Medición	Centesimal, Sexagesimal; Seleccionable	
Tipo Lectura	Codificador absoluto	
Método de Medición	Codificación absoluta de lecturas angulares H/V	
Diámetro del disco de medición	Ø79mm	
Resolución en Pantalla	0,1"/1"/5"/10", 0,0003G/0,001G, 0.001m/0.01m	
Unidad	360°/400Gon/6400mil seleccionable	
Medida de Distancia (Buenas condiciones Atmosférica)		
1 prisma	5000m	5000m
Precisión	±(2mm+2ppm×D)	
Pantalla	Max: 999999.999m; Min: 1mm	
Unidad	M o Ft seleccionable	
Tiempo de Medida	1"-Disparo Simple; 0,5"-Repetido; 0,1"-Rastreo	
Burbujas Circular/Tubular	Circular: 8'/2mm; Tubular: 30"/2mm	

Nota. Tomada de South Geosystems. Estación Total Kolida KTS 442 LLC

3.3.2 Método utilizado

Un levantamiento topográfico realizado con estación total marca Trimble utiliza el método de radiación, el cual se basa en la determinación de ángulos horizontales y distancias reducidas, de manera que estará afectado por los errores accidentales que se produzcan en la medida de estos.

Dado que la estación total es un instrumento topográfico que combina un teodolito electrónico con un distanciómetro láser, nos permitió medir con precisión los ángulos y las distancias desde el aparato hasta un punto determinado en el terreno.

3.3.3 Descripción del trabajo en campo

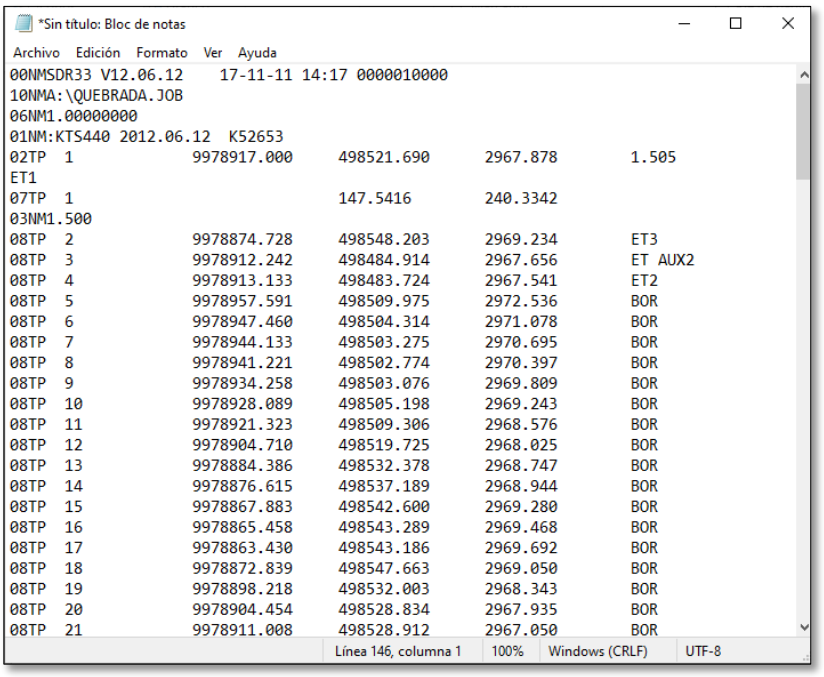
Con la estación total trabajamos de la siguiente manera en el levantamiento topográfico:

1. Se eligió y marcó algunos puntos de control topográfico como puntos de referencia conocidos con coordenadas geográficas o planas previamente establecidas. Estos puntos servirán para orientar la estación total y calcular las coordenadas de los demás puntos.
2. Plantamos y nivelamos la estación total sobre el punto de control, usando una base nivelante, un nivel de burbuja o un nivel electrónico. Se debe asegurar que la estación total tenga una buena visibilidad, una superficie firme y estable.
3. Se seleccionó el archivo de trabajo en la estación total, donde se almacenaron los datos obtenidos.
4. Se realizó la toma de datos, que consiste en medir el ángulo horizontal y la distancia desde la estación total hasta cada uno de los puntos que se requirió representar en el plano. Para ello, se usó un prisma o un reflector que se colocó sobre el punto a medir, y se apunta con el telescopio de la estación total. La estación total envía un rayo láser al prisma y recibe la señal reflejada, calculando así el ángulo y la distancia. Estos datos se registran automáticamente en la memoria interna o en una tarjeta externa de la estación total.
5. El procesamiento de los datos consiste en transferir los datos desde la estación total a una computadora, donde se realizaron cálculos, correcciones, ajustes y dibujos. El resultado final fue un plano topográfico con todos los elementos del terreno representados con sus coordenadas y alturas.

3.3.4 Datos obtenidos de la Estación total

Los datos obtenidos del levantamiento topográfico se registraron con un formato de columnas y visibles en Bloc de Notas.

Figura 16: Bloc de notas - Datos de Estación total



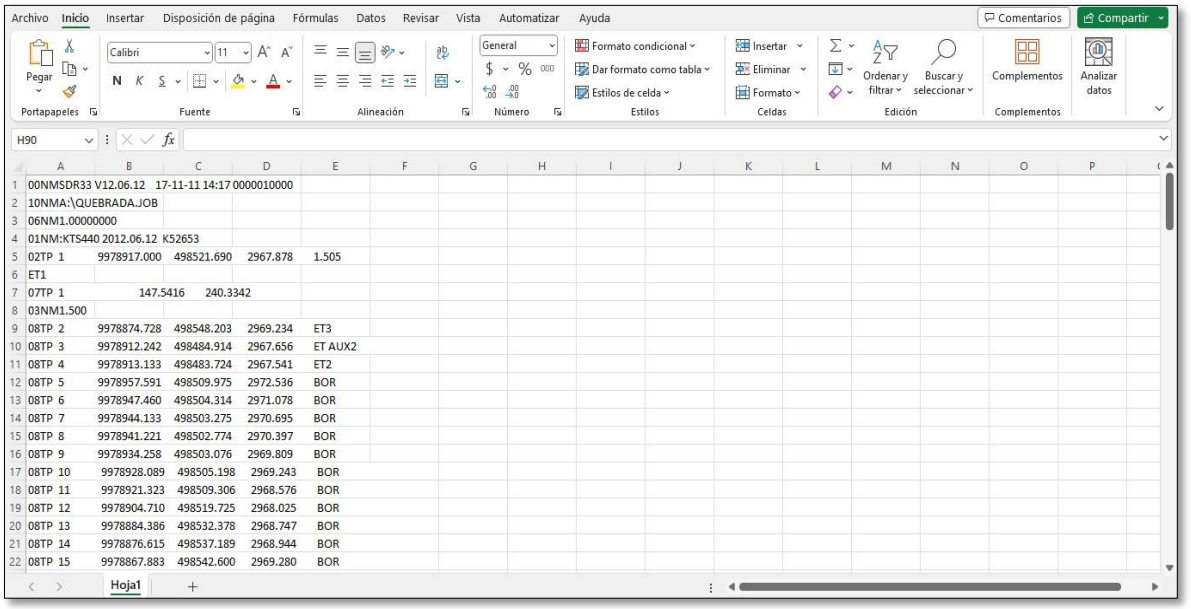
Nota. Tomada de la estación total – Datos (2023)

Donde:

- La primera columna representa el número de la línea en la que se guardaron los datos.
- La segunda columna muestra el número de punto elevado.
- La tercera columna es la coordenada Norte (N) o Este (E) dependiendo de cómo se haya configurado la estación.
- La cuarta columna así mismo es la coordenada Norte (N) o Este (E) dependiendo de cómo se haya configurado la estación.
- La quinta columna muestra la cota del punto elevado.
- La sexta columna se observa el código por nosotros ingresado para el punto elevado.

Para pasar estos datos a un programa de dibujo se procede a ordenar los datos en Excel.

Figura 17: Excel de coordenadas del levantamiento



	A	B	C	D	E
1	00NMSDR33 V12.06.12	17-11-11 14:17	0000010000		
2	10NMA:\QUEBRADA.JOB				
3	06NM1.00000000				
4	01NM:KTS440 2012.06.12	K52653			
5	02TP 1	9978917.000	498521.690	2967.878	1.505
6	ET1				
7	07TP 1	147.5416	240.3342		
8	03NM1.500				
9	08TP 2	9978874.728	498548.203	2969.234	ET3
10	08TP 3	9978912.242	498484.914	2967.656	ET AUX2
11	08TP 4	9978913.133	498483.724	2967.541	ET2
12	08TP 5	9978957.591	498509.975	2972.536	BOR
13	08TP 6	9978947.460	498504.314	2971.078	BOR
14	08TP 7	9978944.133	498503.275	2970.695	BOR
15	08TP 8	9978941.221	498502.774	2970.397	BOR
16	08TP 9	9978934.258	498503.076	2969.809	BOR
17	08TP 10	9978928.089	498505.198	2969.243	BOR
18	08TP 11	9978921.323	498509.306	2968.576	BOR
19	08TP 12	9978904.710	498519.725	2968.025	BOR
20	08TP 13	9978884.386	498532.378	2968.747	BOR
21	08TP 14	9978876.615	498537.189	2968.944	BOR
22	08TP 15	9978867.883	498542.600	2969.280	BOR

Nota. Autoría propia (2023)

Se eliminará los datos innecesarios para el dibujo, quedando lo siguiente:

Tabla 2: Datos de la Estación total

NOMBRE	X	Y	Z	CODIGO
08TP 2	9.978.874.728	498.548.203	2.969.234	ET3
08TP 3	9.978.912.242	498.484.914	2.967.656	ET AUX2
08TP 4	9.978.913.133	498.483.724	2.967.541	ET2
08TP 5	9.978.957.591	498.509.975	2.972.536	BOR
08TP 6	9.978.947.460	498.504.314	2.971.078	BOR
08TP 7	9.978.944.133	498.503.275	2.970.695	BOR
08TP 8	9.978.941.221	498.502.774	2.970.397	BOR
08TP 9	9.978.934.258	498.503.076	2.969.809	BOR
08TP 10	9.978.928.089	498.505.198	2.969.243	BOR
08TP 11	9.978.921.323	498.509.306	2.968.576	BOR
08TP 12	9.978.904.710	498.519.725	2.968.025	BOR
08TP 13	9.978.884.386	498.532.378	2.968.747	BOR
08TP 14	9.978.876.615	498.537.189	2.968.944	BOR
08TP 15	9.978.867.883	498.542.600	2.969.280	BOR
08TP 16	9.978.865.458	498.543.289	2.969.468	BOR
08TP 17	9.978.863.430	498.543.186	2.969.692	BOR
08TP 18	9.978.872.839	498.547.663	2.969.050	BOR
08TP 19	9.978.898.218	498.532.003	2.968.343	BOR

08TP 20	9.978.904.454	498.528.834	2.967.935	BOR
08TP 21	9.978.911.008	498.528.912	2.967.050	BOR
08TP 22	9.978.918.457	498.533.213	2.965.563	BOR
08TP 23	9.978.921.269	498.539.024	2.964.383	BOR
08TP 24	9.978.920.583	498.550.171	2.962.796	BOR
08TP 25	9.978.916.806	498.562.656	2.961.146	BOR
08TP 26	9.978.911.513	498.579.928	2.958.978	BOR
08TP 27	9.978.916.281	498.581.548	2.958.995	BOR
02TP 2	9.978.917.000	498.521.690	2.967.878	1.505
08TP 28	9.978.922.590	498.564.332	2.961.194	BOR
08TP 29	9.978.925.857	498.555.285	2.962.368	BOR
08TP 30	9.978.927.161	498.552.039	2.962.825	BOR
08TP 31	9.978.938.523	498.521.601	2.968.139	BOR
08TP 32	9.978.946.117	498.514.626	2.970.408	BOR
08TP 33	9.978.952.090	498.515.016	2.971.775	BOR
08TP 34	9.978.935.474	498.511.578	2.969.457	BOR
08TP 35	9.978.929.499	498.513.702	2.968.876	BOR
08TP 36	9.978.923.873	498.516.373	2.968.385	BOR
08TP 37	9.978.914.316	498.521.941	2.967.711	BOR
08TP 38	9.978.914.575	498.522.667	2.967.517	BOR
08TP 39	9.978.919.164	498.525.191	2.966.748	BOR
08TP 40	9.978.923.614	498.528.856	2.966.037	BOR
08TP 41	9.978.926.537	498.533.597	2.965.467	BOR
08TP 42	9.978.928.355	498.528.972	2.966.352	BOR
08TP 43	9.978.931.400	498.520.553	2.967.779	BOR
08TP 44	9.978.919.308	498.536.790	2.965.012	POS
08TP 45	9.978.927.763	498.551.423	2.963.056	POS
08TP 46	9.978.933.507	498.535.743	2.965.672	POS
08TP 47	9.978.944.629	498.503.166	2.970.836	POS
08TP 48	9.978.904.668	498.519.078	2.968.229	POS
08TP 49	9.978.873.478	498.538.361	2.969.346	POS
08TP 50	9.978.874.230	498.550.318	2.969.207	CAN
08TP 51	9.978.903.960	498.532.036	2.968.127	CAN
08TP 52	9.978.910.586	498.542.631	2.968.024	CAN
08TP 53	9.978.908.891	498.590.180	2.963.992	ET12
08TP 54	9.978.913.185	498.533.143	2.966.560	PAR
08TP 55	9.978.918.351	498.540.758	2.964.322	PAR
08TP 56	9.978.917.982	498.547.129	2.963.719	PAR
08TP 57	9.978.912.891	498.562.634	2.963.401	PAR
08TP 58	9.978.906.607	498.574.850	2.963.682	PAR
08TP 59	9.978.890.161	498.452.637	2.993.212	AUX2
08TP 60	9.978.893.754	498.451.428	2.994.214	ATX4

02TP 61	9.978.893.754	498.451.428	2.994.214	1.393
08TP 61	9.978.890.150	498.452.641	2.993.205	ATX4
08TP 62	9.978.891.504	498.448.386	2.993.245	PT4
08TP 63	9.978.878.910	498.445.749	2.993.445	PT4
08TP 64	9.978.849.154	498.448.548	2.993.077	TOP
08TP 65	9.978.849.437	498.423.804	2.993.376	TOP
08TP 66	9.978.854.431	498.386.895	2.993.077	TOP
08TP 67	9.978.895.101	498.390.960	2.993.156	TOP
08TP 68	9.978.894.459	498.428.507	2.993.332	TOP
08TP 69	9.978.902.353	498.435.553	2.993.952	TOP
02TP 67	9.978.893.754	498.451.428	2.994.214	1.395
08TP 70	9.978.890.150	498.452.641	2.993.209	AUX2
08TP 71	9.978.984.233	498.425.038	2.991.952	TP
08TP 72	9.978.980.699	498.436.025	2.988.311	TP
08TP 73	9.978.975.131	498.453.762	2.984.890	TP
08TP 74	9.978.960.353	498.452.934	2.981.861	BQ
08TP 75	9.978.963.447	498.438.876	2.984.333	BQ
08TP 76	9.978.976.705	498.436.198	2.987.560	AP
188	9.978.890.161	498.452.637	2.993.212	AUX 2
189	9.978.893.754	498.451.428	2.994.214	AUX 4
1854	9.978.909.196	498.406.284	2.997.839	TP B
1855	9.978.924.947	498.373.127	3.006.273	TP BS
1856	9.978.931.793	498.357.459	3.009.714	TP BS
1857	9.978.934.899	498.358.886	3.009.705	TP BS
1858	9.978.927.377	498.374.649	3.006.354	TP BS
1859	9.978.911.311	498.388.644	3.001.846	TP BS
1860	9.978.894.554	498.460.839	2.988.951	TP BS
1861	9.978.887.375	498.469.241	2.986.009	TP BS
1862	9.978.930.018	498.390.393	3.004.039	TP BS
1863	9.978.893.348	498.487.513	2.982.098	TP BS
1864	9.978.894.383	498.500.970	2.979.185	TP BS
1865	9.978.861.596	498.370.891	3.004.732	TP BS
1866	9.978.887.579	498.498.330	2.980.168	TP
1867	9.978.888.145	498.485.592	2.981.860	TP
1868	9.978.889.108	498.476.464	2.983.637	TP
1869	9.978.891.375	498.464.107	2.987.509	TP
1870	9.978.892.236	498.458.651	2.989.007	TP
1871	9.978.881.683	498.455.731	2.994.318	TP
1872	9.978.866.688	498.455.133	2.994.671	TP
190	9.978.973.100	498.483.707	2.967.493	P2
191	9.978.912.242	498.484.914	2.967.656	AUX 2
192	9.978.913.100	498.483.707	2.967.493	P2.2

1873	9.978.909.893	498.482.280	2.966.188	PZ
1874	9.978.909.637	498.483.663	2.966.267	BOR INF
1875	9.978.915.514	498.456.002	2.961.399	BOR INF
1876	9.978.911.619	498.459.608	2.960.015	BOR INF
1877	9.978.910.010	498.462.625	2.959.533	BOR INF
1878	9.978.905.743	498.465.881	2.959.617	BOR INF
1879	9.978.906.484	498.473.330	2.958.769	BOR INF
1880	9.978.917.265	498.452.169	2.961.490	BOR INF
1881	9.978.924.787	498.448.889	2.961.497	BOR INF
1882	9.978.925.862	498.441.928	2.963.428	BOR INF
1883	9.978.929.384	498.439.319	2.964.298	BOR INF
1884	9.978.924.934	498.449.324	2.961.537	BOR INF
1885	9.978.924.742	498.454.081	2.961.284	BOR INF
1886	9.978.921.498	498.461.101	2.960.277	BOR INF
1887	9.978.909.174	498.467.129	2.959.324	REP
1888	9.978.906.244	498.474.384	2.958.789	REP
1889	9.978.907.744	498.476.629	2.960.318	REP
1890	9.978.913.740	498.476.417	2.961.588	REP
1891	9.978.910.471	498.477.181	2.959.320	REP
1892	9.978.916.691	498.481.527	2.967.553	CABZ
1893	9.978.911.187	498.483.954	2.967.477	CABZ
1894	9.978.922.390	498.465.357	2.960.909	BOR INF
1895	9.978.925.185	498.472.196	2.962.216	BOR INF
1896	9.978.921.694	498.480.774	2.964.741	BOR INF
1897	9.978.922.336	498.485.401	2.966.329	BOR INF
1898	9.978.922.071	498.485.533	2.968.108	BOR SUP
1899	9.978.924.620	498.480.772	2.971.897	BOR SUP
1900	9.978.925.518	498.477.113	2.972.539	BOR SUP
1901	9.978.930.049	498.462.744	2.974.694	BOR SUP
1902	9.978.905.372	498.493.452	2.966.615	BOR INF
1903	9.978.902.039	498.504.143	2.967.377	BOR INF

Nota. Autoría propia (2023)

3.4 Levantamiento topográfico con Dron

3.4.1 Equipo utilizado

- Dron Mavic Air 2

Figura 18: Dron Mavic Air 2



Nota. Tomada de EMLID - Especificaciones

- GNSS Emlid Reach RS2

Figura 19: HNSS Emlid Reach RS2



Nota. Tomada de DJI - Especificaciones

3.4.2 Fichas técnicas del equipo

Se detalla a continuación las características más importantes tanto del dron como de la antena.

Tabla 3: Ficha Técnicas – Mavic Air 2

Modelo	**Mavic Air 2**
Tamaño	Desplegado: 183×253×77 mm (Largo×Ancho×Alto)
Peso	570 gramos
Sistemas satelitales	GPS+GLONASS
	Cámara
Sensor	CMOS de 1/2" Píxeles efectivos: 12 MP y 48 MP
Resolución máxima de fotos	48MP 8000×6000 píxeles
Modo de fotografía	Sencillo: 12 Megapíxeles y 48 Megapíxeles
Tarjetas SD compatibles	Admite una microSD con capacidad de hasta 256 GB
	Batería
Capacidad	3500 mAh
Tiempo de vuelo promedio	25-30 minutos

Nota. Tomada de EMLID - Especificaciones

Tabla 4: Ficha Técnicas – Emlid Reach RS2

Modelo	**Emlid Reach RS2**
Precisión	Estático H: 4 mm+0.5 ppm V: 8mm+1 ppm PPK H: 5 mm+0.5 ppm V: 10 mm+1 ppm RTK H: 7 mm+1 ppm V: 14 mm+1 ppm
Sistemas satelitales	GPS/QZSS L1C/A, L2C, GLONASS L1OF, L2OF, BeiDou B1I, B2I, Galileo E1-B/C, E5b
Wifi	Sí
Protocolo de datos	NTRIP, VRS, RTCM3, salida de posicionamiento NMEA, LLH/XYZ
Duración Batería	22 horas
Almacenamiento	16 Gb
Resistencia	IP67 protección contra agua y polvo

Nota. Tomada de DJI - Especificaciones

3.4.3 Método utilizado

La realización de productos cartográficos como son ortofotos y curvas de nivel mediante drones requiere que la información levantada por estos se encuentre correctamente posicionada en el espacio, dentro de una proyección y bajo parámetros de precisión que cumplan los objetivos del proyecto.

De esta manera, para el levantamiento de información realizado se utilizó el equipo dron Mavic Air 2 para la toma de fotografía aérea, combinado con una serie de puntos de control corregidos en tiempo real, tomados mediante una antena Emlid Reach RS2, puntos que sirven para ajustar, escalar y posicionar correctamente las imágenes tomadas con el dron.

La recopilación del levantamiento de datos mediante el uso de un dron utiliza una técnica llamada fotogrametría la cual se refiere a la realización de mediciones e interpretaciones confiables por medio de imágenes aéreas, para obtener características geométricas de un área u objeto. Lo que permite medir objetos o superficies en dos o tres dimensiones con sus dimensiones aproximadas reales.

Mientras que para el levantamiento de información con la antena Emlid Reach RS2 se utiliza el método NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), el cual en resumen consiste en la tranferencia de datos de navegación satelital a través de internet, lo que significa que los receptores GNSS no reciben corrección de radio interna o externa, si no que por el protocolo http de internet, lo que facilita y agiliza el trabajo sobre todo en las zonas urbanas.

3.4.4 Descripción del trabajo en campo

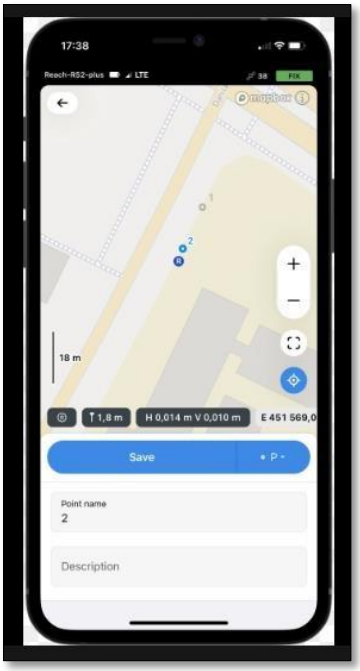
El proyecto inicia con la toma y demarcación de puntos de control alrededor del área de estudio con la antena RS2 y la aplicación móvil Emlid Flow, los puntos demarcados deben ser visibles para la cámara del dron y la altura a la que se está pensado volar, de esta forma, se procedió a tomar un total de 9 puntos de control alrededor de todo el terreno.

Figura 20: Demarcación de ptos. de control – Antena RS2



Nota. Autoría propia (2023)

Figura 21: Aplicación móvil - Emlid Flow

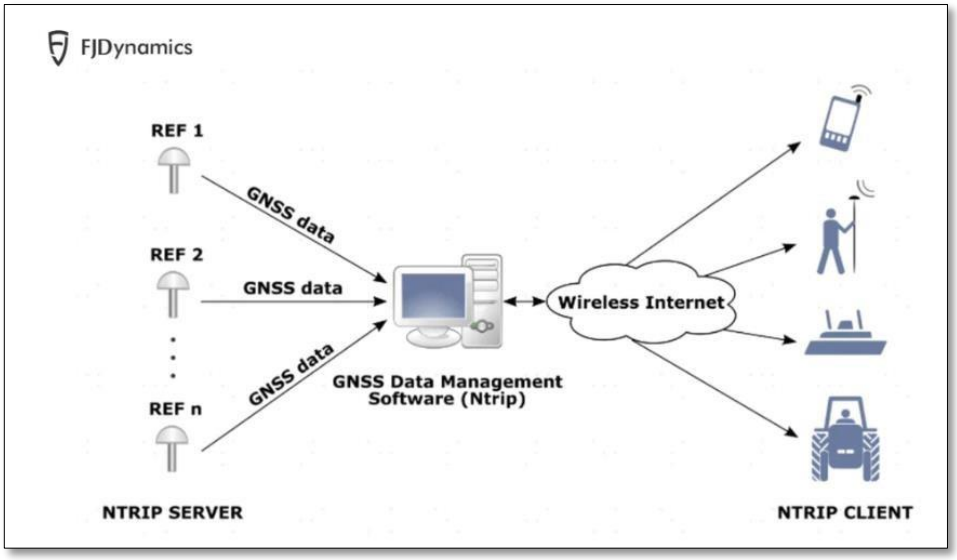


Nota. Tomada de EMLID – Software&Service

Para el levantamiento y determinación de puntos en campo, se utilizó el método RTK (Real Time Kinematic) mediante protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol), el cual se refiere a la transferencia de información de navegación por satélite a través de la red de internet.

Se utilizó el servicio de corrección en tiempo real mediante protocolo NTRIP del Instituto Geográfico Militar (IGM), el cual se conecta vía internet al teléfono celular, después, conectamos la antena Emlid RS2 a la aplicación Emlid Flow y con esta, podemos tomar puntos en tiempo real con una precisión de aproximadamente de 2 a 4 centímetros en condiciones ideales.

Figura 22: Servicio de corrección – NTRIP



Nota. Tomada de FJDynamics - NTRIP

La precisión de este método de levantamiento depende de la señal celular disponible para el equipo móvil, es decir, en un lugar sin internet móvil o wifi, este método no funciona, pero para lugares donde hay señal de internet es un método bastante práctico. Cabe recalcar que este tipo de levantamiento puede perder precisión si la señal de internet es poca o si el lugar a levantar es cubierto con edificios o con mucha vegetación.

De esta manera, los puntos de control tomados fueron los siguientes:

Tabla 5: Ptos. de control

Nombre	Este	Norte	Elevación	Descripción
p2	498483.707	9978913.1	2967.493	Orientación
p3	498548.222	9978874.74	2969.218	Acera
p4	498448.381	9978891.48	2993.214	piedra
p5	498445.753	9978878.89	2993.402	tronco
p6	498424.855	9979007.36	2996.206	adoquín
p10	498519.448	9978960.26	2973.503	mecánica
p11	498551.651	9978890.49	2968.042	cancha vóley
p12	498590.193	9978908.89	2964.016	túnel tope
p13	498550.104	9978920.44	2962.795	bordillo amarillo rojo

Nota. Autoría propia (2023)

Como se puede visualizar se tomaron un total de 9 puntos de control para georeferenciar las imágenes tomadas con el dron.

Las precisiones de los puntos, así como sus características se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 6: Precisiones de los ptos.

Nombre	RMS Vertical (m)	RMS Horizontal (m)	Altura Antena (m)	Solución	Tomas	Nombre Sistema Coordenadas
p2	0.031	0.016	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p3	0.018	0.014	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p4	0.022	0.015	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p5	0.02	0.015	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p6	0.025	0.016	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p10	0.027	0.018	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p11	0.016	0.015	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p12	0.021	0.016	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif
p13	0.017	0.016	2.134	Fija	9	TMQuito + us_nga_egm08_25.tif

Nota. Autoría propia (2023)

Los puntos tomados tienen un error medio cuadrático horizontal de menos de 2 centímetros y un error medio cuadrático vertical de menos de 3.1 centímetros, tienen una solución fija, que significa que tuvo suficiente señal de internet y de satélites al momento de la toma, se hicieron 9 tomas del mismo punto para sacar su media, y se encuentra en el sistema de coordenadas de Quito, con el modelo geoidal EGM08.

Una vez realizado el proceso de toma y demarcación de puntos de control a lo largo del área de estudio se hace el vuelo de dron, el cual es recomendable planificarlo en escritorio para tener mayor detalle de este, además, si en campo hay que cambiar los parámetros del mismo, se lo hace con mayor facilidad.

De este modo, para la realización del sobrevuelo del área de interés, se utilizó el dron Mavic Air 2, en conjunto con una aplicación llamada Dronelink, la cual permite planificar proyectos de vuelo con parámetros a gusto del usuario y del terreno a levantar.

Las características del vuelo fueron:

- Altura de vuelo: 110 metros sobre el punto de despegue.
- Velocidad de Vuelo: 5 metros por segundo.
- Tamaño de píxel en base a la altura de vuelo y resolución de la cámara: 3 centímetros por píxel.
- Traslape frontal entre imágenes: 80%
- Traslape horizontal entre imágenes: 80%
- Tiempo de vuelo; 16 minutos 12 segundos.
- Número de fotografías: 116 fotografías.

Figura 23: Trayectoria de vuelo - Dron



Nota. Tomada de aplicación Dronelink (2023)

Así, una vez configurados los parámetros para realizar este levantamiento con el equipo dron, se pone en marcha el vuelo que se realiza automáticamente, procurando que no debemos perder de vista al dron y tomando todas las precauciones del caso. Además, se debe tomar en cuenta que mientras más alto vuela el equipo, menor resolución tendrán las imágenes.

Posteriormente, una vez obtenidas las fotografías del dron y los puntos de control, procedemos a procesar la información en un software fotogramétrico llamado Pix4D que nos permite crear los productos que necesitamos en función del proyecto a realizar.

La información ingresada fue un archivo de extensión .csv, el cual corresponde a los puntos de control tomados con la antena RTK, y las fotografías del dron en formato .jp2; luego, se configura el sistema de coordenadas, el modelo geoidal, los parámetros de altura de las fotografías, se alinean las fotografías entre otros, y se genera una nube de puntos densa del proyecto.

Figura 24: Producto Fotográfico

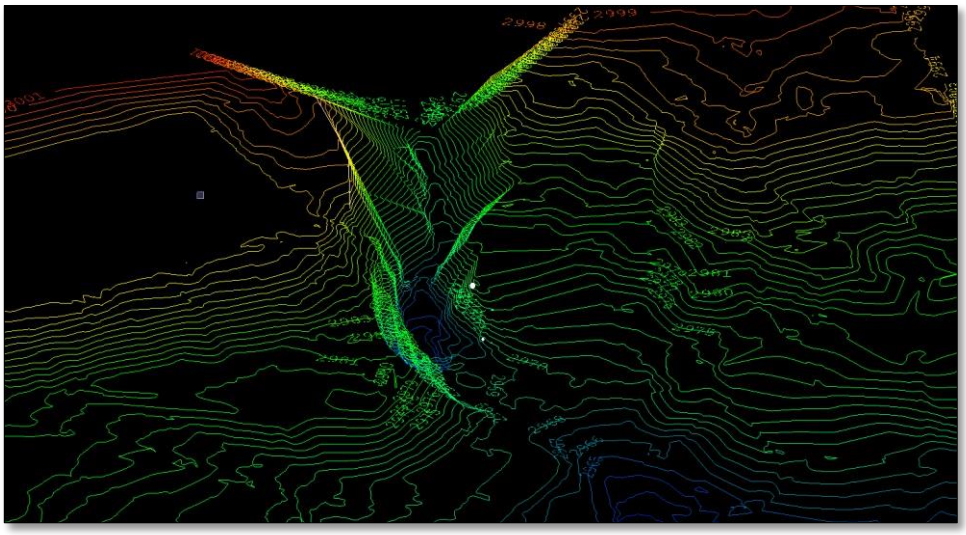


Nota. Tomada de aplicación Pix4D (2023)

Esta nube de puntos se la pasa por un proceso de clasificación en el cual se crean categorías para cada tipo de punto en función del proyecto. En este caso se realizó una clasificación para todos los puntos que representan suelo en su nivel natural, lo que sirve para obtener un modelo digital de terreno.

Posterior a esta clasificación se manda a realizar el proceso de generación de ortofoto, generación de modelo digital de terreno y obtención de curvas de nivel los cuales son los productos finales del proceso.

Figura 25: Curvas de nivel



Nota. Tomada de aplicación Pix4D (2023)

Figura 26: Ortofotografía



Nota. Tomada de aplicación AutoCAD (2023)

Finalmente, se exportan todos los datos para que sean compatibles con los programas que vamos a utilizar para visualizar estos productos, que en este caso fue en formato .jp2000 para la ortofotografía y .dwg para las curvas de nivel.

CAPITULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Precisión

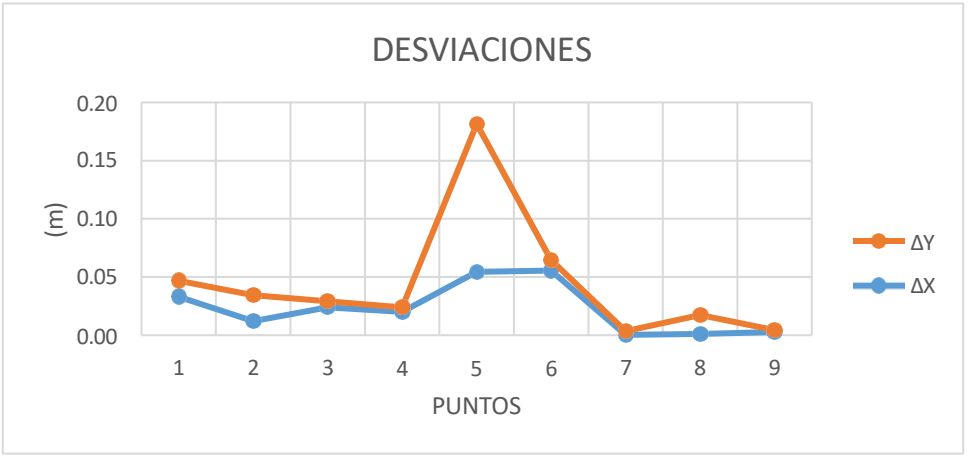
Los resultados se basan en la comparación de las coordenadas obtenidas tanto de la estación total y la planimetría de la ortofotografía del dron.

Tabla 7: Diferencia de coordenadas en X y Y

PTOS.	ESTACION TOTAL		DRONE		DESVIACIÓN	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	ΔX (m)	ΔY (m)
2	9978913,1330	498483,7207	9978913,1000	498483,7070	0,0330	0,0137
3	9978874,7280	498548,1997	9978874,7400	498548,2220	0,0120	0,0223
4	9978891,5040	498448,3860	9978891,4800	498448,3810	0,0240	0,0050
5	9978878,9100	498445,7490	9978878,8900	498445,7530	0,0200	0,0040
6	9979007,3057	498424,9822	9979007,3600	498424,8550	0,0543	0,1272
10	9978960,3155	498519,4571	9978960,2600	498519,4480	0,0555	0,0091
11	9978890,4903	498551,6478	9978890,4900	498551,6510	0,0003	0,0032
12	9978908,8910	498590,1767	9978908,8900	498590,1930	0,0010	0,0163
13	9978920,4428	498550,1057	9978920,4400	498550,1040	0,0028	0,0017

Nota. Autoría propia (2023)

Gráfico 1: Comparación Desviaciones



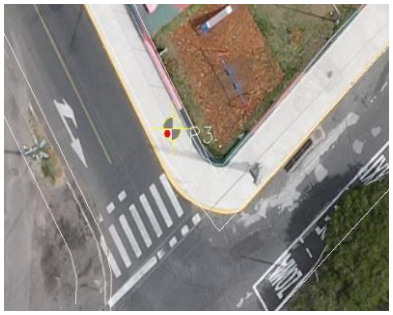
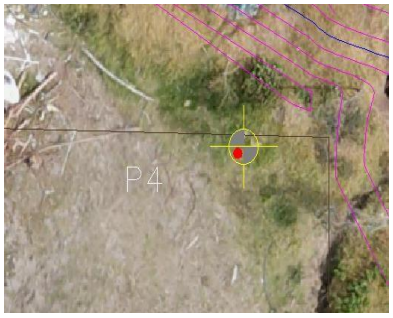
Nota. Autoría propia (2023)

Obteniendo:

- Promedio de Δx y Δy = 0,0225 (m)
- Valor mínimo de Δx = 0,0003 (m) y Δy = 0,0017 (m)
- Valor máximo de Δx = 0,0555 (m) y Δy = 0,1272 (m)

Se seleccionó los puntos visibles e identificables de los 2 métodos.

Tabla 8: Comparación visual de coordenadas

PTOS.	REFERENCIA	VISUALIZACIÓN PTOS.
2	Orientación	
3	Acera	
4	piedra	
5	tronco	
6	adoquín	

		
10	mecánica	
11	cancha vóley	
12	túnel tope	
13	bordillo amarillo rojo	

Nota. Autoría propia (2023)

4.2 Tiempo de ejecución

El estudio topográfico de la zona de investigación se llevó a cabo bajo las condiciones detalladas a continuación:

Tabla 9: Características del área de estudio

Área (m2)	Topografía del terreno	Estado del Tiempo	Rango de Altura (msnm)
20,000 m2	Parte del parque relativamente uniforme, parte de la quebrada es accidentalmente geográfico y tiene inclinaciones abruptas.	seco	2,977 aproximadamente

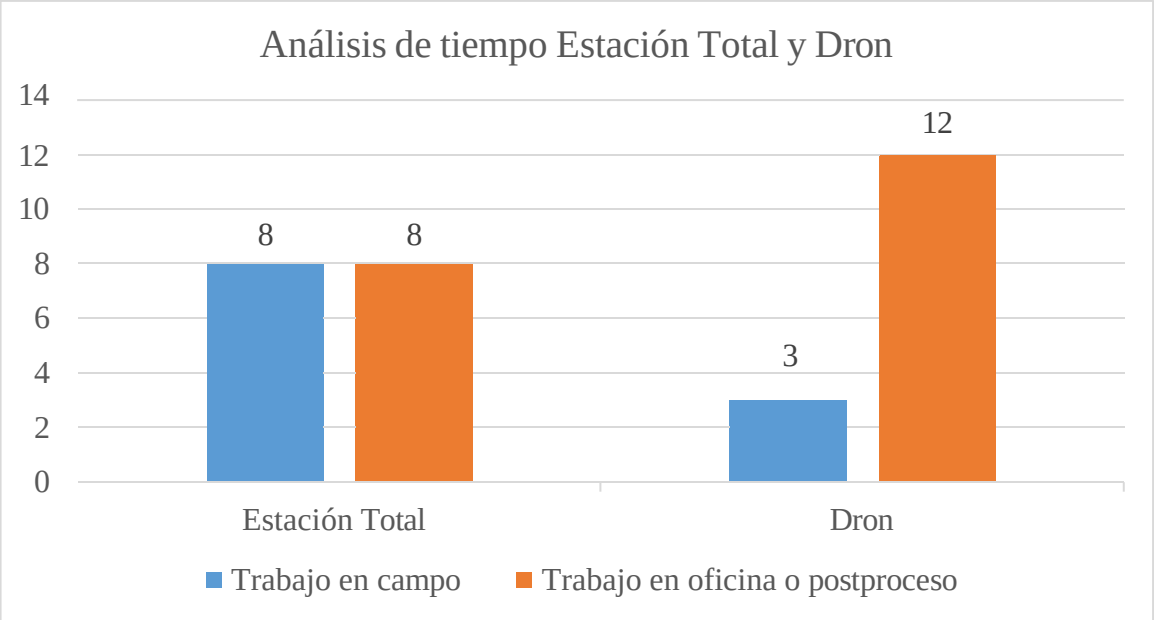
Nota. Autoría propia (2023)

Tabla 10: Tiempo de trabajo

Descripción	Estación Total (hr)	Dron (hr)
Trabajo en campo	8	3
Trabajo en oficina o postproceso	8	12
Total	16	15

Nota. Autoría propia (2023)

Gráfico 2: Tiempo de ejecución



Nota. Autoría propia (2023)

Los intervalos de tiempo proporcionados para cada método de levantamiento utilizada se derivan de las pruebas de campo realizadas en una zona de influencia de deslave, específicamente en el sector de la comuna de Quito, Ecuador.

4.3 Costo

Se considera:

a) Adquisición de Equipo Utilizado

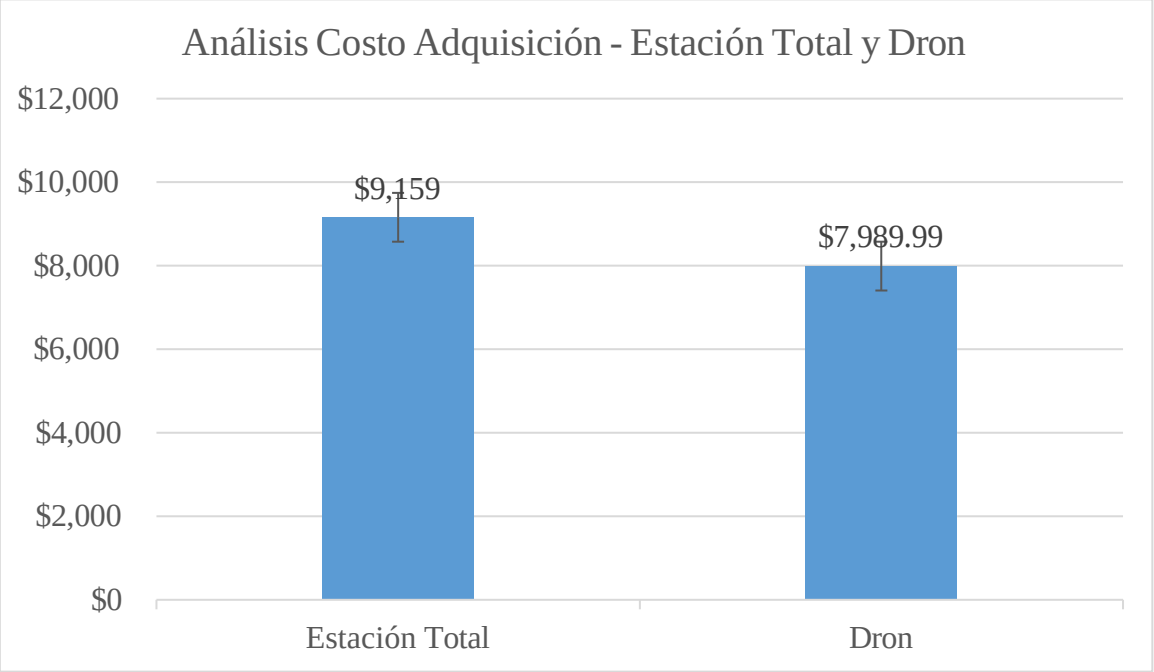
Tabla 11: Adquisición de equipo

Descripción	Estación total	Dron
Adquisición de equipo para la realización del levantamiento	Estación total Kolida KTS 442LLC: $3,304	Mavic Air 2: $1,500
Dispositivo para el manejo y procesamiento de datos	Pc ASUS ROG GL552VW $1,200	Pc ASUS ROG GL552VW $1,200

Software	Civil 3d y AutoCAD $4,205 / año	Pix4D y Dronelink $4,989.99 / LICENCIA PERPETUA
Equipo de Topografía	Área de 20,000 m2 de terreno $ 450	Área de 20,000 m2 de terreno $ 300
Total	$9,159	$7,989.99

Nota. Autoría propia (2023)

Gráfico 3: Costo – Adquisición de equipo



Nota. Autoría propia (2023)

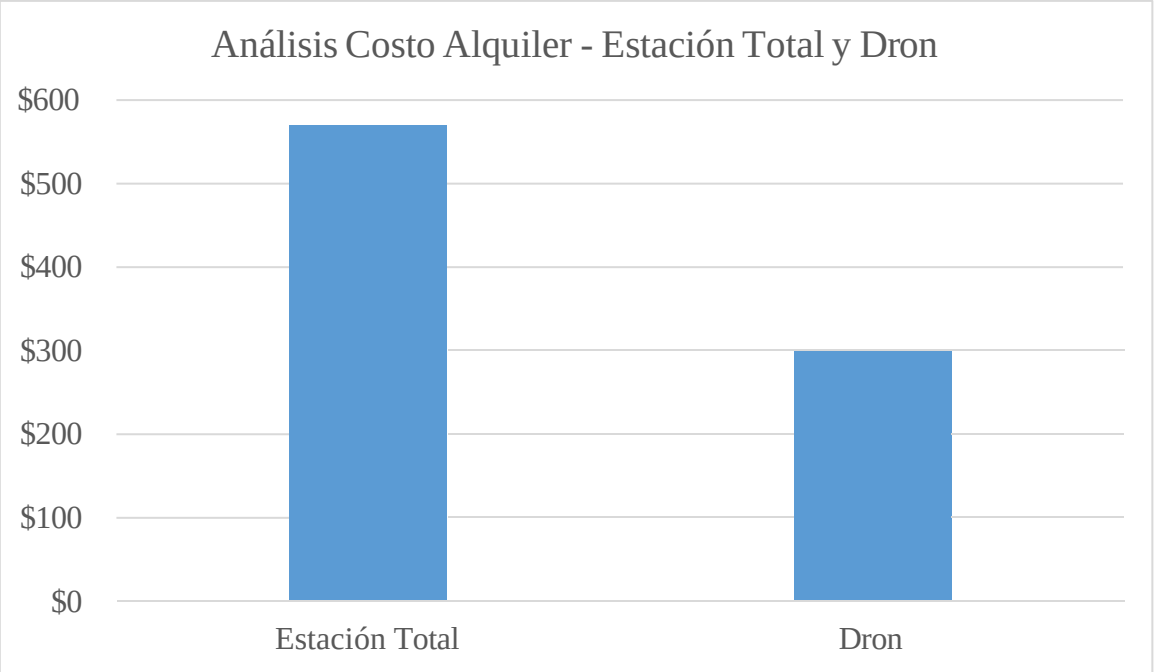
b) Alquiler de Equipo Utilizado

Tabla 12: Alquiler de equipo

Descripción	Estación total	Dron
Alquiler de equipo para la realización del levantamiento	Estación total Kolida KTS 442LLC: $570	Mavic Air 2: $300
Total	$570	$300

Nota. Autoría propia (2023)

Gráfico 4: Costo – Alquiler de equipo



Nota. Autoría propia (2023)

Para determinar el análisis de costo de cada método de levantamiento topográfico, se estimó utilizando tarifas actuales y la experiencia práctica de profesionales especializados en la materia.

4.4 Ventajas y Desventajas

4.4.1 Ventajas

4.4.1.1 Levantamiento topográfico con Estación total

- La estación total tiene una mayor precisión en los datos que aporta esto se da ya que los ángulos están medidos por exploración electroóptica que tiene un alto grado de precisión.
- La estación total empieza con un punto de partida, punto de orientación y se puede ver debajo de la vegetación (arboles), dentro de una mina, dentro de una edificación y no necesita de señal satelital en vivo ya que este es como un distanciómetro láser que en realidad es una computadora y puedo hacer el levantamiento sin problema.

- El aumento de la productividad debido a trabajos de medición rápidos y detallados. Su costo elevado se respalda por la obtención de mediciones más precisas y rápidas.
- La facilidad de su uso debido a la automatización y también a que pueden funcionar de forma remota. La estación total cuenta con una pantalla que muestra los datos en tiempo real y permite al topógrafo realizar cálculos y ajustes en el campo. Además, puede funcionar de forma remota mediante un controlador o una tableta, esto depende del modelo del equipo.
- El almacenamiento de datos que permite la transferencia desde el dispositivo hacia una PC para su procesamiento. La estación total puede almacenar los datos recopilados en su memoria interna o en una tarjeta externa, lo que facilita su transferencia hacia una PC para su procesamiento y generación de mapas o planos.

4.4.1.2 Levantamiento topográfico con Dron

- Menor tiempo de levantamiento de grandes extensiones por ejemplo 80 hectáreas en 1 día. Menor costo por hectárea sobre todo en lugares de difícil acceso.
- No es necesario transportar una gran cantidad de equipos a lugares peligrosos, minimizando los riesgos a los profesionales que ejecutan esta actividad.
- Captura un mayor número de puntos y aporta más información gráfica.
- Mayor detalle al momento de representar el terreno mediante un modelo digital del terreno.
- Se pueden conseguir datos de gran extensión y buena precisión cuando los drones van de la mano de las antenas RTK.

4.4.2 Desventajas

4.4.2.1 Levantamiento topográfico con Estación total

- La materialización de puntos se debe realizar con estacas o pintura
- El eje es diferente ya que no pudimos llegar hasta los puntos que levantamos con el Dron.
- La topografía con estación es más costosa por el hecho de que se demora más levantando superficies grandes y terreno inaccesibles.

4.4.2.2 Levantamiento topográfico con Dron

- Para adquirir el Dron y un software capaz de realizar las tareas asignadas es necesario una inversión económica relativamente alta.
- Dependerá del tipo de terreno y si este tiene vegetación o construcciones que no permitan la visibilidad del suelo, debido a que si hay mucha vegetación no se podrá obtener suficientes datos para modelar la forma real del terreno.
- No sirve hacer levantamiento topográfico con dron en predios que tenga casa con un techo amplio porque dificulta la visibilidad de los linderos a comparación de las antenas RTK o estación que toman puntos exactos de los linderos.
- La batería de un dron comúnmente tiene 30 minutos de duración.
- Depende mucho del estado del clima que si llueve ya no puede volar, a comparación de las antenas que se puede cubrir con una funda y seguir trabajando, al no trabajar afecta el presupuesto ya que se gasta en viáticos del día y esto sería una perdida por día no trabajado.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Un levantamiento topográfico proporciona información importante para la planificación y ejecución de proyectos.
- Para tener un buen levantamiento topográfico se necesita la ayuda de los dos métodos ya que obtendremos un buen resultado en detalle y precisión.
- La precisión de los dos métodos topográficos establece que no existe una diferencia significativa en coordenadas, las que fueron visualizadas en la ortofoto. Es importante definir previamente el tipo de levantamiento a realizar, ya que dependerá también del tipo de proyecto.
- Los resultados obtenidos del levantamiento topográfico con dron van a depender de la cámara y software utilizados para el procesamiento de los datos.
- El levantamiento topográfico con dron reduce el tiempo en campo y los costos del levantamiento.
- La estación total solo mide puntos individuales mientras que el dron produce miles de mediciones.
- Con el dron se pudo cubrir una mayor área de la quebrada, mientras que con la estación total se limitó a un cierto número de puntos. Cabe indicar que la quebrada es considerada como lugar complejo, peligroso o inaccesible.

5.2 Recomendaciones

- Planificar previa y adecuadamente las actividades a realizar.
- Para un levantamiento topográfico es necesario utilizar equipos y herramientas de calidad.
- Si en el levantamiento se lo realiza con un Dron simple se recomienda combinar con un método de puntos de control en terreno en este caso el Dron iría de la mano de la antena RTK para poner puntos de control en el suelo.
- Para el levantamiento topográfico con dron es necesario utilizar una cámara de buena calidad para garantizar las imágenes capturadas.
- El dron debe tener una batería de alta duración, lo cual garantiza vuelos sin ningún tipo de contratiempo y asegura su eficiencia.
- Para cualquier tipo de levantamiento topográfico tomar en consideración las condiciones climáticas.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, C. N. (01 de febrero de 2017). INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO METODOLÓGICO DEL USO DE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) EN LAS GEOCIENCIAS. Quito.

Aguirre Contreras, J. J., & Señalin Morocho, K. A. (2023). Análisis comparativo entre un levantamiento topográfico con estación total y levantamiento fotogramétrico con dron (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2023.).

Coello Romero, A., & Ballesteros Abellán, G. (2015). Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

Del Río Santana, O., Córdova, F. D. J. G., Carrillo, N. V. L., Esqueda, J. A. S., & Fraire, A. T. E. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. Revista de arquitectura e ingeniería, 14(2), 1-10.

Ferreira, M. R., & Aira, V. G. (2017). Aplicaciones topográficas de los drones. Obtenido de: http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb, 8(11).

García, D. A. A. (2014). Topografía y sus aplicaciones. Grupo Editorial Patria.

Hernández Valencia, L. (2011). Manual de operación de la Estación Total. Recuperado el 30 de septiembre de 2017, de http://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaclones/Manual%20de%200peracion%20de%20Estacion%20Total.pdf

Pachas, L. P. (23 de 11 de 2009). Saber.ula. ve. Obtenido de http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30397/1/articulo3.pdf

Puerta, C. (2015). Tecnología drone en levantamientos topográficos. Esc. Ing. Mil.–ESING, 151.

Valencia, M. L. (2011). Manual de operación de la Estación Total. Enseñanza de la topografía.

Vargas, W. E. V., Villalba, M. A. R., & Vergara, C. J. G. (2023). Topografía. Ecoe Ediciones.

Zeiske, K. (2000). Principios básicos de Topografia. Heerbrugg. Recuperado el 16 de julio de 2017 de http://www.aguatop.cl/archivos/PRINCIPIOS%20BASICOS%20DE%20TOPOGRAFIA.pdf

ANEXOS

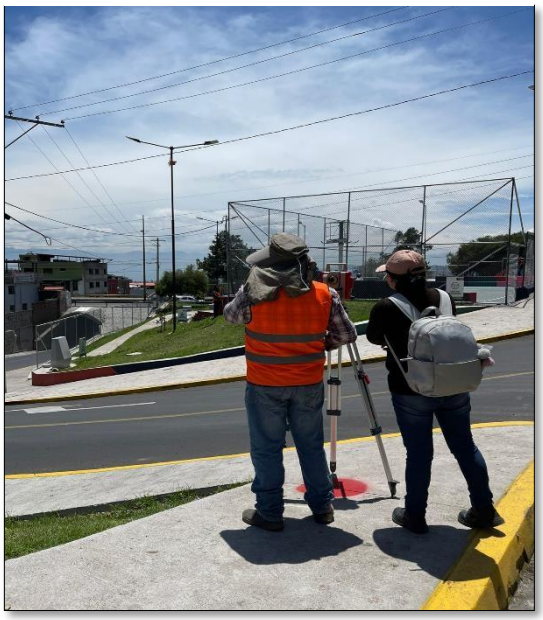
Anexo 1. Registro Fotográfico – Estación total

Foto 1: Colocación del pto. inicial del levantamiento



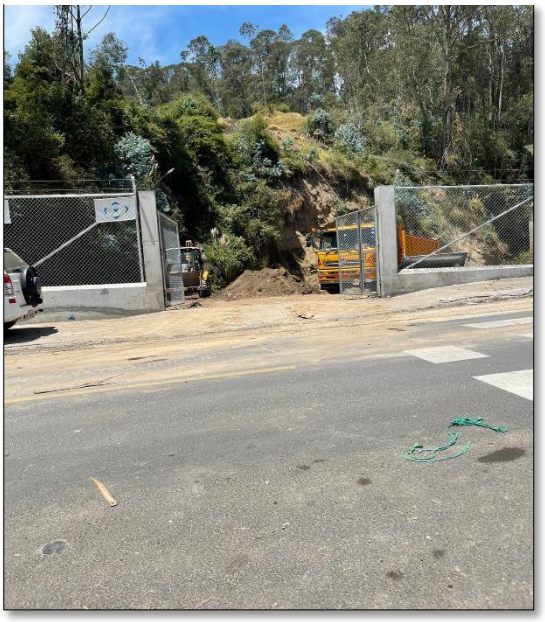
Nota. Autoría propia (2023)

Foto 2: Toma de ptos. exteriores



Nota. Autoría propia (2023)

Foto 3: Entrada a la quebrada

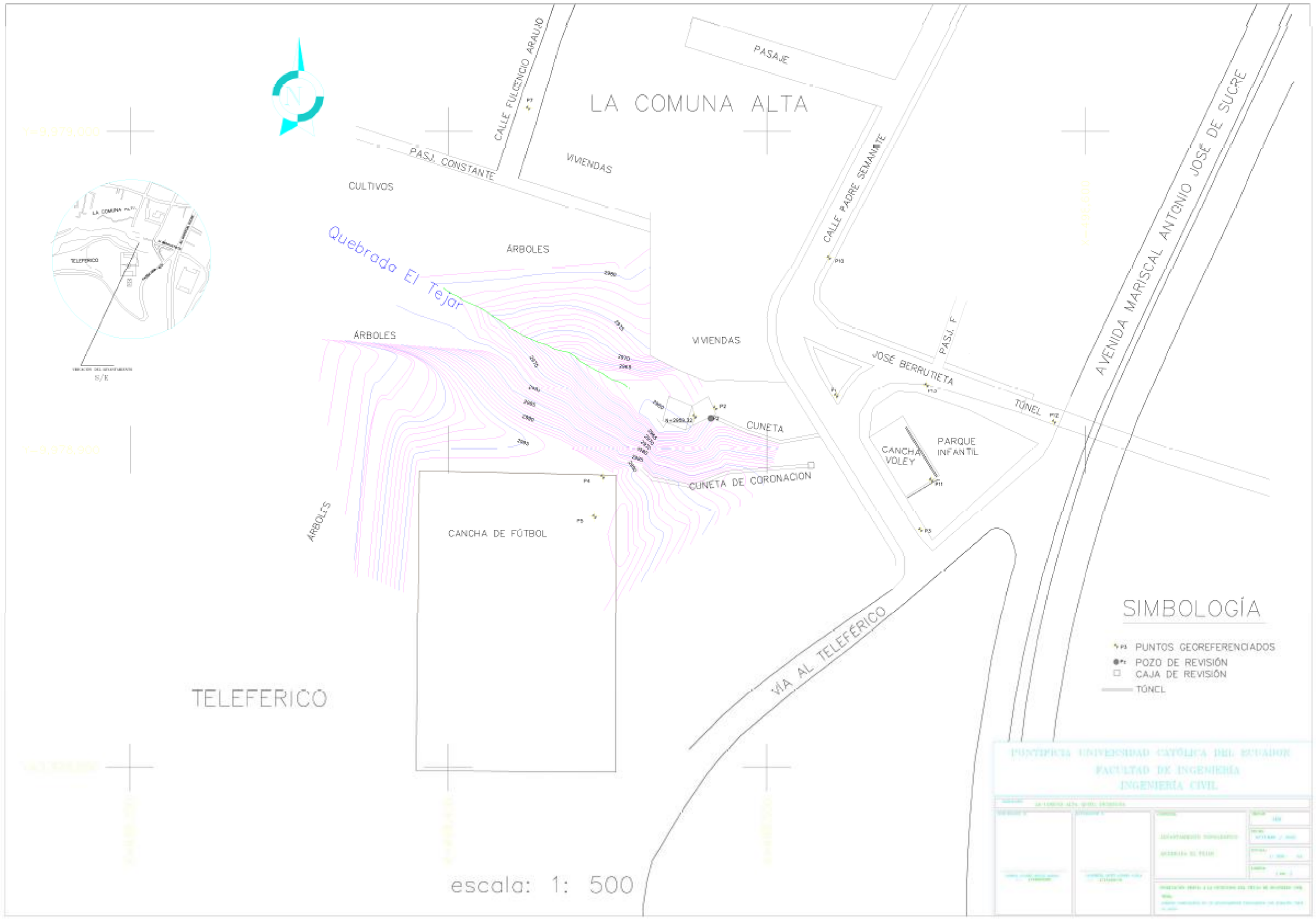


Nota. Autoría propia (2023)

Foto 4: Toma de ptos. dentro de la quebrada



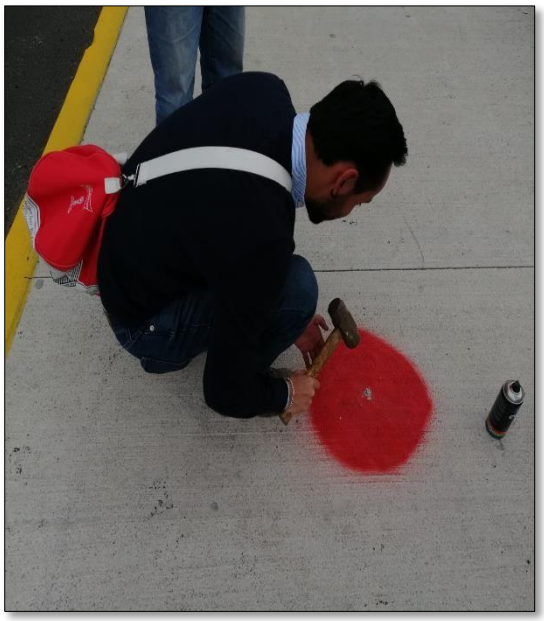
Nota. Autoría propia (2023)



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

Anexo 3. Registro Fotográfico – Dron

Foto 3: Colocación de ptos. de control



Nota. Autoría propia (2023)

Foto 6: Toma de coordenadas dentro de la quebrada



Nota. Autoría propia (2023)

Foto 7: Toma de coordenada en pto. exterior



Nota. Autoría propia (2023)

Foto 8: Colocación del dron para inicio de vuelo



Nota. Autoría propia (2023)

Foto 9: Vuelo del dron



Nota. Autoría propia (2023)



SIMBOLOGÍA

P1 PUNTO DE CONTROL

escala: 1:1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN: LA COMUNA ALTA. QUITO. PICHINCHA

ESTUDIANTE 1:

ESTUDIANTE 2:

CONTIENE: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON

DISEÑO: AEM

FECHA: OCTUBRE / 2023

ESCALA: 1: 1 A3

LÁMINA: 1 DE 1

TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL VS. DRON



SIMBOLOGÍA

- P1 PUNTO DE CONTROL
- P3 PUNTOS GEOREFERENCIADOS
- P2 POZO DE REVISIÓN
- CAJA DE REVISIÓN
- ==== TÚNEL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN: LA COMUNA ALTA, QUITO, PICHINCHA

CONTIENE: COMBINACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

DIBUJO: AEM

FECHA: OCTUBRE / 2020

ESCALA: 1: 1 A3

LÁMINA: 1 DE 1