

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO CON RPAS, HUARAZ, 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Clemente Benites, Lyncol Herbert

Asesor:

Solar Jara, Miguel Angel

Código Orcid (0000-0002-8661-418X)

Huaraz – Perú

2024

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Formulación del Problema	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Hipótesis	3
METODOLOGÍA	25
2.1 Tipo y diseño de investigación	25
2.2 Variables	26
2.5 Población y Muestra	32
2.6. Técnicas e instrumentos	32
2.7. Ubicación	38
RESULTADOS	56
DISCUSIÓN	73
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Metodología de estudio.	26
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables.....	27
Tabla 3 Matriz de consistencia.....	30
Tabla 4 Puntaje obtenido con la Estación Total.	47
Tabla 5 Distancia obtenida con soporte del Estación Total.	47
Tabla 6 Puntaje obtenido con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.....	53
Tabla 7 Distancia obtenida con soporte del Dron DJI Mavic3.....	53
Tabla 8 Punto GNSS.....	59
Tabla 9 Puntaje obtenido con la Estación Total.	59
Tabla 10 Puntaje obtenido con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.	60
Tabla 11 Comparativa (topografía - geodesia).....	60
Tabla 12 Comparativa (fotogrametría - geodesia).....	60
Tabla 13 Comparativa (Fotogrametría - Top. Tradicional).....	61
Tabla 14 Comparativa de errores.	61
Tabla 15 Distancias obtenidas GPS Diferencial.	62
Tabla 16 Distancia Obtenida con soporte del Estación Total.....	63
Tabla 17 Distancia obtenida con soporte del Dron DJI Mavic3.....	63
Tabla 18 Error porcentual con la Estación Total.....	63
Tabla 19 Error porcentual compilados con soporte del Dron DJI Mavic3.....	64
Tabla 20 Costo para el levantamiento topográfico con la Estación Total.....	65
Tabla 21 Costos para el levantamiento topográfico mediante el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.	66
Tabla 22 Actividades para el levantamiento mediante la Estacion Total.	68
Tabla 23 Actividad para el levantamiento mediante el Dron DJI Mavic 3.....	68
Tabla 24 Costo de trabajo en ambos tipos de levantamiento.	70
Tabla 25 Tiempo de trabajo en ambos tipos de levantamiento.....	71
Tabla 26 Precisión de trabajo en ambos tipos de levantamiento.	72
Tabla 27 Coordenadas obtenidas con la Estación Total.	86
Tabla 28 Coordenadas obtenidas con RPAS.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Nos muestra la figura de como se visualiza de una topografía RPAS</i>	16
Figura 2	<i>GPS Diferencial Trimble R8-3</i>	34
Figura 3	<i>Estacion Total SOUTH N4</i>	36
Figura 4	<i>Dron DJI Mavic 3 Enterprise</i>	37
Figura 5	<i>Ubicación Política</i>	38
Figura 6	<i>Reconocimiento de terreno y plan de trabajo</i>	40
Figura 7	<i>Colocación de trípode</i>	41
Figura 8	<i>Fijación de trípode</i>	41
Figura 9:	<i>Fijación de trípode</i>	42
Figura 10	<i>Fijación de la plomada óptica</i>	42
Figura 11	<i>Recolección de datos con estación total</i>	43
Figura 12	<i>Procedimiento en el Civil3D</i>	44
Figura 13	<i>Importar puntos al Civil3D</i>	45
Figura 14	<i>Puntos en el Civil3D - tomados con la estación</i>	46
Figura 15	<i>Vista de la unión de puntos</i>	46
Figura 16	<i>Instalación de las hélices de la RPAS</i>	48
Figura 17	<i>Delimitación del área de recorrido del RPAS</i>	49
Figura 18	<i>Fotos cargados al programa</i>	50
Figura 19	<i>Generación de la nube de puntos</i>	50
Figura 20	<i>Generación de nube de puntos densa</i>	51
Figura 21	<i>Generación de modelo digital de elevaciones</i>	51
Figura 22	<i>Ortomosaico</i>	52
Figura 23	<i>Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS, Huaraz, 2023</i>	54
Figura 24	<i>Colocación de un equipo DGPS</i>	56
Figura 25	<i>Comienzo en el levantamiento topográfico utilizando la Estación Total</i>	57
Figura 26	<i>Montaje del equipo y elección del plan de vuelo</i>	58
Figura 27	<i>Comienzo del levantamiento topografico con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise</i>	58
Figura 28	<i>Gráfico comparativo de distancias</i>	64
Figura 29	<i>Comparativo de errores porcentuales</i>	65
Figura 30	<i>Comparativo de costos</i>	66
Figura 31	<i>Grafica comparativo con el tiempo</i>	69

PALABRAS CLAVES:

TEMA	Levantamiento topográfico, método tradicional, análisis comparativo.
ESPECIALIDAD	Gestión de la Construcción

KEY WORDS:

THEME	Topographic survey, traditional method, comparative analysis.
SPECIALITY	Construction Management

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
ÁREA	INGENIERÍA CIVIL
SUBÁREA	INGENIERÍA CIVIL
DISCIPLINA	INGENIERÍA CIVIL

Constancia de originalidad



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS, HUARAZ, 2023" del (a) estudiante: CLEMENTE BENITES LYNCOL HERBERT, identificado(a) con Código N° 1419100119, se ha verificado un porcentaje de similitud del 23%, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 06 de septiembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TÍTULO

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS,
HUARAZ, 2023”**

RESUMEN

El presente estudio realizado titulado “Análisis Comparativo del Levantamiento Topográfico Tradicional y el Levantamiento Topográfico con RPAS, Huaraz, 2023”, se realizó en el Estadio Rosas Pampa, localizado en la ciudad de Huaraz, en la Región Ancash. El objetivo planteado fue hacer una comparación detallada de lo hallado a realizar el levantamiento topográfico mediante el uso de un dron y la metodología clásica. Investigación de metodología de propósito aplicado, de paradigma cuantitativo y de diseño transeccional y en la que no se manipuló ninguna de las variables. Se utilizó en el recojo de los datos se realizó mediante la observación, con fichas de recojo de los datos. En la investigación se emplearon diversos equipos de topografía: el GPS Trimble R8, utilizado para la obtención de datos exactos de los BM que luego fueron usados como base para los análisis comparativos; la Estación Total South N4, empleada en la metodología tradicional; y el Dron DJI Mavic 3 Enterprise, utilizado en la metodología fotogramétrica. Los resultados mostraron que la Estación Total South N4 obtuvo una precisión de 0.0024 %, con un costo de S/. 2,030.00 y un tiempo de 24 horas. En contraste, el Dron DJI Mavic 3 Enterprise logró una precisión de 0.0402 %, con un costo de S/. 1,360.00 y un tiempo total de 31.5 horas. Estos hallazgos indican que, aunque la metodología tradicional ofrece mayor precisión y requiere menos tiempo, su costo es considerablemente más alto.

ABSTRACT

The present study carried out titled "Comparative Analysis of Traditional Topographic Survey and Topographic Survey with RPAS, Huaraz, 2023", was carried out at the Rosas Pampa Stadium, located in the city of Huaraz, in the Ancash Region. The objective was to make a detailed comparison of what was found during the topographic survey using a drone and the classic methodology. Research of applied purpose methodology, quantitative paradigm and transectional design and in which none of the variables were manipulated. It was used in data collection through observation, with data collection sheets. Various topography equipment was used in the investigation: the Trimble R8 GPS, used to obtain exact data from the BMs that were later used as a basis for comparative analyses; the South N4 Total Station, used in the traditional methodology; and the DJI Mavic 3 Enterprise Drone, used in the photogrammetric methodology. The results showed that the South N4 Total Station obtained an accuracy of 0.0024%, with a cost of S/. 2,030.00 and a time of 24 hours. In contrast, the DJI Mavic 3 Enterprise Drone achieved an accuracy of 0.0402%, at a cost of S/. 1,360.00 and a total time of 31.5 hours. These findings indicate that, although the traditional methodology offers greater precision and requires less time, its cost is considerably higher.

INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En tiempos anteriores, la topografía hizo posible la realización de grandiosas edificaciones al permitir representar el terreno de manera precisa. Esto facilitó el cálculo y los drenajes necesarios para construir acueductos y canales, así como de las pendientes, logrando alcanzar una notable eficacia hidráulica, como es el caso del Acueducto en Segovia.

La topografía tradicional estaba representada por la utilización de metodología clásica con restricciones en cuanto a zonas que resultaban inaccesibles y las áreas que debía cubrir. Los costos eran elevados y la precisión era restringida debido a la poca exactitud de los equipos disponibles, sin embargo, con la llegada de nuevas herramientas como los distanciómetros para medir distancias cortas y los teodolitos electrónicos, que optimizaron la lectura de ángulos para la recolección de datos, llegando a mejorar la precisión.

La Estación Total surgió a base de los avances tecnológicos en dispositivos topográficos, este dispositivo admite ejecutar trabajos de manera mecanizada, la cual cuenta con un distanciómetro integrado y una memoria para la recolección de datos, lo que facilita la realización de controles en las construcciones tanto pre y pos a la construcción.

Hoy en día, la tecnología de drones está revolucionando la topografía como una opción para procesar datos y realizar mediciones, permitiendo obtener datos topográficos usando técnicas fotogramétricas y a través de imágenes, lo cual se refleja en levantamientos topográficos con sistemas RPAS.

A nivel internacional, ya no se utilizan las técnicas tradicionales sino las aplicaciones eficientes de drones en levantamientos topográficos, lo cual permite procesar imágenes aéreas mediante software especializado y medir numerosos puntos de apoyo. Anteriormente, los trabajos se realizaban con teodolitos mecánicos, pero no se podían ejecutar en cualquier estación del año.

En Perú, últimamente se ha comenzado a utilizar drones como una alternativa para realizar levantamientos topográficos en zonas de difícil acceso y áreas de gran extensión. Gracias al conocimiento en topografía y a la aplicación de estas nuevas tecnologías, se logra obtener una mayor exactitud en los trabajos. (Cabrejos, et al. 2020)

En el ámbito local, se ha comenzado a implementar el uso de drones como una alternativa para los levantamientos topográficos en áreas de difícil acceso y extensas. Mediante la aplicación de tecnología avanzada y conocimientos topográficos, es posible obtener mejores niveles de precisión. En este contexto, se propone el proyecto “Análisis Comparativo del Levantamiento Topográfico Tradicional y el Levantamiento Topográfico con RPAS, Huaraz, 2023”, el cual se analizara en los levantamientos topográficos el costo, el tiempo y la precisión.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en el estadio Rosas Pampa de Huaraz, 2023?

1.3 Objetivos

Para el desarrollo del estudio de acuerdo con la problemática presentada, se considera alcanzar como objetivo general:

- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos de un levantamiento topográfico haciendo uso de drones y método tradicional Huaraz 2023.

Asimismo, como objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar la medición y precisión obtenida a través de fotografías utilizando drones y la metodología tradicional.
- Determinar la metodología más económica haciendo uso de drones y metodología tradicional.
- Identificar la metodología que requiera menor tiempo de realización.

1.4 Hipótesis

Se tiene como hipótesis: Las diferencias que existen entre los resultados obtenidos del levantamiento topográfico del uso de drones y método tradicional, son en relación a las precisiones de trabajo, tiempo y costos de operaciones. Siendo el levantamiento topográfico con estación total, el que tendrá un mayor grado de precisión, pero con la desventaja de requerir más tiempo para su realización y más costo con respecto al levantamiento topográfico realizado con Dron.

1.5 Antecedentes Teóricos

Para la elaboración del proyecto se recolectó antecedentes e información acerca del tema a investigar, internacionales, nacionales y locales, evidenciándose lo siguiente:

Jimenez et al. (2019), propuso como objetivo llevar a cabo una observación comparativa entre los levantamientos topográficos utilizando como el método directo la Estación Total y métodos indirectos el uso de Dron y GPS. Su metodología empleada se dio bajo un diseño no experimental- transeccional, alcance correlacional, propósito básico y paradigma cuantitativo. La muestra y el universo consistieron en los levantamientos topográficos del área de estudio. Para recolectar la información, se utilizó la técnica de observación y como instrumento una ficha de observación. Los resultados mostraron que, al comparar la Estación Total con el GPS, se encontró una elevada desviación en X de 0.023 m, una mayor desviación en Y de 0.020 m y una mayor desviación en Elevación de 0.039 m. Se concluye que, el método de la Estación Total es el más viable debido a su versatilidad, aunque las medidas de la Estación Total y los datos obtenidos con el Dron presentan resultados muy similares.

Santana et al. (2020), se propusieron como objetivo determinar qué equipo tecnológico o método ofrece mayor precisión en los cálculos de un terreno. La metodología utilizada fue de diseño no experimental, alcance correlacional, de tiempo transeccional, de paradigma cuantitativo y propósito aplicado. La

población y muestra incluyeron levantamientos topográficos, y para recopilar la información se empleó el instrumento una ficha de observación y como técnica la observación. Los resultados de los levantamientos a distintos niveles fueron: con la cinta métrica, el punto 4 a 1 mide 63,82 m; con la estación total, 63,84 m; con el Dron, 64,15 m; y con el nivel topográfico, 63 m. Se concluye que el levantamiento con el Dron ofrece superioridades en cuanto al tiempo requerido para realizar el levantamiento, ya que solo necesita de un personal para operar el Dron y programar.

En tal caso, Carrillo (2021), se puso como objetivo establecer, a través del cotejo de diferentes métodos de levantamiento (dron, nivel, estación y cinta métrica), cuál ofrece mejores resultados. Metodológicamente fue aplicado, de alcance explicativo, diseño no experimental y paradigma cuantitativo. La población y muestra incluyeron a 5 propietarios de finca. Recolectaron la información utilizando cuestionarios como instrumentos y encuestas como técnica. Los resultados indicaron que el método del dron, que es más rápido porque ofrece mayor confiabilidad y genera menos errores, a diferencia del nivel debido a que presenta un mayor margen de error en comparación. Se concluye que el levantamiento mediante dron es el método más adecuado y seguro para los propósitos planteados en su estudio.

Así también se tiene a Matsimbe et al. (2022), que propusieron como objetivo llenar los vacíos mediante la realización de un análisis comparativo del cálculo volumétrico de existencias utilizando un enfoque tradicional y con drones. Su metodología fue de paradigma cuantitativo, alcance correlacional, propósito aplicado, diseño sin manipulación, corte transeccional. En la recopilación de la data se empleó cuestionarios por cada variables llegando a ser estos los instrumentos y respecto a la técnica estas fueron las encuestas. Los resultados fueron que el porcentaje de error del respecto al volumen real es de 2.6%, y el enfoque tradicional es de 1.3%. Se concluye que la tecnología de drones proporciona una distancia de trabajo segura, precisa, rápida y rentable, adecuada para cálculos volumétricos de existencias en canteras a cielo abierto.

Según Cortés (2021), en su trabajo desarrollado se propuso como objetivo resaltar el interés de los drones en la gestión y ejecución de procesos constructivos actuales. La metodología utilizada fue cuantitativa, a base del tiempo fue transversal con un diseño no experimental, propósito aplicado, con un alcance explicativo. La población y muestra consistieron en levantamientos topográficos, y para recopilar la información se utilizó la técnica de guía de observación y las fichas de observación como instrumento. Los resultados mostraron que, en comparación con los métodos convencionales, el uso de cinta métrica requiere más tiempo el nivel y la estación total presentan características similares, mientras que el uso del dron ofrece numerosas ventajas en cuanto al tiempo y reduce el riesgo humano al necesitar solo una persona para su operación. Se concluye que para crear modelos digitales de terrenos con alta precisión y realizar levantamientos topográficos se es necesario los drones.

Pedraza (2019), quien en su estudio se propuso establecer las diferencias entre un levantamiento topográfico tradicional y otros usando un dron. Investigación cuantitativa, de metodología descriptiva y aplicada, la muestra estuvo conformada por el levantamiento topográfico en la “Huaca Aznapuquio”. Los resultados hallados indican que los levantamientos topográficos realizados usando un dron supone un mayor costo, comparado con el levantamiento topográfico clásico mediante la determinación de puntos geodésicos, la precisión de los levantamientos topográficos con el método tradicional es de 0.015 m respecto a los realizados con drones con 0.031 m, el tiempo de duración con la metodología clásica es de 32 horas en tanto con los drones es de 40 horas. Conclusiones: ambos métodos empleados alcanzan precisiones diferentes, asimismo, diversos tiempos en la ejecución del levantamiento, diferencias en el costo, y la necesidad de personas que son empleadas en el levantamiento. Los resultados hallados en el estudio realizado aporta al estudio concluido una perspectiva integral, respecto a las similitudes existentes entre los dos métodos, porque se emplean equipos parecidos.

Así también, según Rivas y Vilca (2020), quienes se propusieron establecer las diferencias entre los levantamientos topográficos tradicionales y los levantamientos topográficos realizados con Drones en las elaboraciones del plano Topográfico de las áreas seleccionadas como alternativas de terrenos aparentes para la disposición final de los desechos producidos en Paca. Investigación de enfoque cuantitativo, de nivel relacional, propósito aplicado, de diseño transversal y en el que no se manipuló ninguna variable. Su población muestral la conformó el levantamiento topográfico del acceso vial en el distrito mencionado. Para recabar la información hizo uso de guías de observación como instrumentos utilizados en el recojo de los datos. Se obtuvo el resultado que la diferencia en las coordenadas norte se obtuvo 0.05 m que son aceptables. El costo ambas metodologías, la metodología tradicional fue de 2km es de s/. 12 538.69 y la metodología alternativa es el más rentable para el levantamiento topográfico. Se concluye que se puede aseverar que los dos métodos empleados logran alta precisión, y con relación al costo de ejecución ambos son rentables.

Del mismo modo, Orosco (2022), se propuso como objetivo establecer mediante análisis comparativos entre un levantamiento topográfico con estación total, un levantamiento geodésico usando un equipo receptor GNSS como método directo y otro levantamiento fotogramétrico mediante las RPA-dron a manera de metodología indirecta a ser utilizada en un proyecto para sembrar y cosechar Agua. Su metodología fue de paradigma cuantitativa, alcance explicativo, propósito aplicado, diseño transversal y en el que no se manipularon las variables de estudio. La población muestral la conformó el levantamiento topográfico, para recabar la información hizo uso de la observación y su instrumento la ficha de observación. Se obtuvieron los resultados que los volúmenes de cortes arrojan diferencias de 55.7 metros³ entre ambas metodologías, son mayores los resultados obtenidos en los levantamientos con dron, en porcentajes representan el 5 % con relación a los volúmenes de cortes calculados. La diferencia es de 25.59 metros³, en porcentajes representan 4.9 % con relación a los volúmenes de rellenos calculados con levantamientos con dron. Se concluye que la metodología topográfica tradicional realizada con estación total respecto a la

metodología geodésica realizada con un equipo receptor GNSS-diferencial arroja volúmenes de movimiento de tierra similar, no cuando es realizado el análisis por alineamientos.

También tenemos a Medrano y Zuñiga (2022), que se propusieron como objetivo ejecutar levantamientos topográficos con estación total para calibrar los resultados alcanzados con vuelos de drones, en saneamientos básicos realizados en el CCPP Canizal Chico, en la Región Piura. Investigación de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, propósito aplicado, diseño transversal y sin manipulación intencional de ninguna variable. Su población estuvo conformada por los pobladores del Centro Poblado estudiado y su muestra está conformado por 88 hectáreas y 713 lotes con 2856 pobladores. Los datos fueron recopilados mediante una encuesta y como instrumentos dos cuestionarios. Se halló como resultados que el levantamiento estación total (GPS-02) tiene una coordenada este de 533 501,98; coordenada norte de 9.404.46; coordenada de elevación de 15,186; y levantamiento Dron (PC-02) con coordenada este de 533 501.973, coordenada norte de 9494901.44, coordenada elevación de 15.12. Se concluyó que los levantamientos topográficos georreferenciados con estación total permitieron establecer los puntos para hacer el control, dado que se iniciaron en un punto geo referenciado de orden C, el PC02, encontrando disconformidades en las cotas.

Así mismo Ticona y Turpo (2021), se propusieron como objetivo analizar las variaciones de la data obtenida mediante fotogrametría a diversas alturas de vuelos con puntos de controles terrestres, con relación a los levantamientos topográficos convencionales para diseñar una red de conexiones domiciliarias de agua. Hizo uso de la metodología cuantitativa, de nivel relacional, propósito aplicado, diseño transversal y sin manipular las variables. El universo poblacional lo conformó los terrenos pertenecientes a la comunidad de Collana y su muestra estuvo conformada por un área de 73.75 ha. Para recopilar la información se empleó la observación y como instrumentos fichas de observación. Se obtuvo como resultado que, a alturas de vuelos del dron de 150

mts, con punto de control a 260 mts; a alturas de vuelo del dron de 260 m y 380 m y no a 630 m para diseñar las redes domiciliarias de agua potable. Se concluye que los levantamientos fotogramétricos con dron; son aceptables con puntos de control obtenidos para diseñar las redes domiciliarias de agua potable en el sector estudiado.

En ese sentido Yomona (2021), quien en su trabajo se propuso comparar la precisión de levantamientos topográficos mediante la metodología tradicional con relación a la metodología usando drones modelo Phantom 4 pro en AAHH. Investigación de metodología cuantitativa, de nivel explicativo, propósito aplicado, diseño transversal y sin manipulación intencional de ninguna variable. Su población estuvo conformada por los terrenos de la ciudad de Chiclayo y la muestra lo conformaron los terrenos del A. H, Nuevo Progreso. En la recopilación de los datos se empleó la observación y como instrumentos las fichas de observación. Se obtuvo como resultados el mejor valor con relación a calcular la precisión fue producto del dron con valor = 0.000369, valor inferior a el valor de precisión permitido de 0.0005. Se concluye que los drones tienen mayor precisión en tanto equipos.

Como también, Bejarano y Palomino (2022), se propusieron como objetivo establecer mediante análisis comparativos de los levantamientos fotogramétricos con dron Phantom 4 RTK marca DJI y los levantamientos realizados con una estación total Nikon 632 en los diseños geométricos en la vía de evitamiento Km 0+000.00 y Km 3+836.26 – Otuzco, La Libertad. Su metodología fue cuantitativa, de nivel relacional, propósito aplicado, diseño transversal y en el que no se manipularon adrede las variables en estudio. Su población y muestra estuvo conformado por la mencionada vía descrita en el objetivo, en la vía Otuzco – Usquil, con progresivas 0+000.00 al 3+836.26. Para recopilar la información hizo uso de la observación y como instrumentos fichas de observación. Se obtuvo como resultado que se obtuvo un indicador ponderado negativo de 18,42 contra los 18,72 del procedimiento con dron. Se concluye que la estación total al final se constituye como la mejor opción porque obtuvo los menores indicadores ponderados negativos, en resumen, los levantamientos con

una estación total resultan en un 98.36 % mejor que los levantamientos con drones.

Así mismo, Ochoa (2021), se propuso como objetivo establecer la precisión en levantamientos topográficos mediante una estación total, drones y gps diferenciales y establecer el nivel de fiabilidad. Estudio de enfoque cuantitativo, de nivel explicativo, propósito aplicado, diseño transversal y sin manipular ninguna variable. Su población muestral estuvo conformada por el estadio Huachenca. Para recopilar la información hizo uso de la observación y su instrumento la ficha de observación. Se hallaron como resultados que la fiabilidad topográfica en lo referente a elevación, la estación total arroja valores entre altos y muy altos, el Dron equivalente bajos, GPS diferencial equivalente a moderado y muy altos. Se concluye que se logró mayores niveles de fiabilidad entre altos y muy altos en datos recogidos en elevación en coordenadas y en longitudes siendo aceptable su uso para todo levantamiento topográfico preciso.

Y finalmente, García y Polo (2020), se propusieron establecer sendos análisis comparativos del levantamiento topográfico usando Dron PHANTOM 4 y Estación Total TOPCON ES-105 en el Rio Moche, en Quirihuac. Estudio de enfoque cuantitativo, de propósito aplicado y de nivel relacional, con relación al diseño fue transversal y sin manipular ninguna variable. Su población y muestra estuvo conformada por el río Moche. Los datos fueron recolectados mediante la observación como técnica, y como instrumentos fichas de observación. Se obtuvo como resultado que para los costos, tiempos y precisión en los levantamientos topográficos con Estación Topcon ES-105 ascendieron a S/.4 300.00, 8 días y 0.0425 % equitativamente, en tanto que con el Dron Phantom 4 se alcanzó S/.3 380.00, 6 días y 1.96089 % correspondientemente.

En referencia a los fundamentos científicos de la ciencia topográfica, es aquella que sirve para establecer las dimensiones y el contexto (particularidades en tres dimensiones) de las superficies de las áreas mediante medir las distancias, la dirección y las elevaciones; definen, asimismo, las líneas y niveles que resultan necesarios para construir vías, edificaciones, pistas, represas y diversas

edificaciones; aparte de realizar estas medidas en los terrenos, se encarga y realizar cálculos de los terrenos, volúmenes y otras mediciones, como también elaborar los esquemas y los planos pertinentes, (Charles, 2016).

Según Gallardo (2020) este concepto define en términos muy amplios lo que se utiliza en la descripción de estudios detallados de las superficies de los terrenos. Estas labores contemplan variaciones en las superficies, con en una montaña y valle, asimismo, las peculiaridades de ríos y caminos. Con las labores topográficas es posible establecer y registrar las ubicaciones de cada punto en los terrenos mediante planimetría (X-Y) y en altimetría (Z).

En cuanto al levantamiento topográfico, el vocablo topografía deviene de un palabra griega, la misma que la componen dos voces griegas *topos*, que se entiende como un área, un determinado lugar o terreno, y *grafos*, que representa describir, tratado o caracterización; entonces la topografía es una ciencia que se ocupa las características de las superficies de determinadas tierras, considerando su forma y los detalles, ya sean de origen natural, artificial o ficticio (Real Academia Española, 2023).

De acuerdo con Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2022) lo que se denomina como “levantamiento topográfico” corresponde a estudios técnicos y descriptivos de ciertos terrenos, evaluando ciertas superficies terrestres en las cuales se deben considerar las particularidades de carácter físico, geográfico y geológico de los terrenos, asimismo, los cambios y alteraciones, se denominan al proceso de acopiar datos o planos que reflejen detalladamente y sirvan con herramienta para planificar una construcción en particular o cierta edificación; existen diversos tipos de levantamientos en los terrenos: levantamiento topográfico urbano, levantamiento topográfico catastral, levantamiento topográfico de edificación, levantamiento topográfico hidrográfico y levantamiento topográfico forestal.

Para Reyes (2019) los levantamientos topográficos, representan unas de las primeras etapas de los estudios técnicos y descriptivos de los terrenos, en los cuales se determinan las particularidades de carácter físico, geográfico y

geológico; asimismo los cambios y las modificaciones que se presentan en estos, mediante una serie de metodologías y procesos que incluyen mediciones, procesamiento de datos y representación de las particularidades de los terrenos, que hacen posible la representación con abundantes detalles y exactitud gráfica en planos y a escalas reducidas, señalando cada punto que tenga cierto interés y relevancia, asimismo, se representan las modificaciones existentes en los terrenos realizadas por los hombres, tal como edificaciones, hoyos, etc.

Para Bonel (2023) realmente, los levantamientos topográficos consisten en acopiar datos con el fin de elaborar, posteriormente, planos que reflejen de manera detallada y exacta las características de los terrenos para edificaciones. Asimismo, constituyen elementos vitales en la elaboración de los planos de ciertos terrenos, los levantamientos topográficos son herramientas muy relevantes en la tareas de construcción debido a que con ellos se van colocando los hitos en los terrenos, estos sirven de guías en las edificaciones.

De acuerdo con Geoespacial RMS (2021) resultan relevantes los levantamientos topográficos dado que se conocen todos los elementos de los terrenos en los que se va a edificar o inmuebles a construir; es generalmente el arquitecto o ingeniero quién solicita los datos exactos con la finalidad de hacer de manera correcta el diseño y las estrategias necesarias para construir; al hacer los levantamientos topográficos se pueden conocer todas las peculiaridades naturales o las alteraciones realizadas por los hombres en cierta superficie terrestre, se obtienen datos ya sea del terreno y, asimismo de otras construcciones a través de lo que se llama o conoce como: mapa topográfico, que es la representación a cierta escala que caracteriza cada área del terreno en el que se realizan los levantamientos, y ofrece un entendimiento integral de la superficie y sus particularidades.

Según Rubio (2020) los levantamientos topográficos, como el mismo origen del vocablo señala, es la representación de carácter técnico o de tipo gráfico de las superficies de ciertos lugares. El propósito es evaluar las superficies con esmero, considerando las particularidades de tipo físico, geográfico y geológico de los

terrenos, igualmente de las variaciones realizadas producto de las intervenciones humanas.

Según García (2021) los levantamientos topográficos tradicionales representan acumulaciones de datos pertinentes que luego son trasladados a planos que muestran detalladamente y de manera exacta cierto terreno. Y son fundamentales en la elaboración de los planos necesarios; los levantamientos topográficos son considerados como herramientas fundamentales en los trabajos de construcción porque hacen posible delimitar las labores en los terrenos mediante marcas.

Según Pérez (2021) **estos** levantamientos topográficos tradicionales son aquellos procedimientos realizados en terrenos empleando una estación total que a través de mediciones de puntos particulares, permiten determinar exactamente, los linderos, las superficies y las posiciones de los terrenos, que se realizan a través de medidas lineales y estableciendo los ángulos, y con ayuda de fórmulas geométricas y trigonométricas; estos levantamientos son realizados por lo general por especialistas, entre ellos los topógrafos o cartógrafos.

Según Gallardo (2020) detalla que se emplean con tal finalidad instrumental topográfico existente, para realizar proyectos topográficos es necesario: señalizadores, jalón, mira, trípode, plomada, nivel, cinta métrica, brújula, distanciómetros, teodolito, una estación total, GPS, prisma, mapa, etc.

Conforme con Icochea (2018) las tareas que son ejecutadas por cada topógrafo son: realizar un correcto levantamiento de las características topográficas, previo a iniciar los proyectos ; por ende, para que se cumpla correctamente sus funciones (dirigir, ejecutar, supervisar y analizar proyectos de medición y presentación de la superficie terrestre determinada), a continuación se presenta las ocho herramientas más importantes utilizando por un topógrafo que son: teodolito, piquetes, plomada, estación total, miras, estacas, trípode, libreta de campo.

El acrónimo RPA deviene de las palabras inglesas “Remotely Piloted Aircraft”, las cuáles son traducidas como aeronave controlada de manera remota; esta particularidad es el sello distintivo de lo que se conoce con el vocablo de dron,

y que se caracteriza por ser aeronaves no tripuladas que son controladas desde estaciones remotas, es diferente a cualquier otro dron que puede ser programable y que ejecuta sus tareas autónomamente; en resumen, un RPA es cualquier aeronave que no es tripulada, y es controlada remotamente por una persona a una distancia apropiada, (UMILES, 2022).

Para Ibáñez et al. (2019) RPAS (Aeronave Remotamente Pilotada) que se le conoce como Dron, es una estructura aérea autónoma o, asimismo, puede ser piloteada a cierta distancia; posee diferentes usos en muchos contextos, su uso es frecuente en: fotografías, topografías, fotogrametrías, geología, avisos publicitarios, labores meteorológicas, actividades agrícolas, y demás, es de señalar que existen diferentes tipos de RPAS, en función a sus usos y pesos.

Según Ibáñez et al. (2019) las ventajas de una RPA Dron son: garantía en las labores, eficientes servicios, al obtener millones de puntos, eficaces en las entregas de los trabajos, se maximizan los tiempos de realización en recopilar los datos; la desventaja de un RPA Dron son: restricción de vuelos en distintos espacios, son vulnerables a ciertos fenómenos atmosféricos, vuelos limitados a ciertas alturas, poca autonomía de vuelos.

Según Imasgal (2023) al introducirse una RPAS (Aeronave pilotada remotamente) en las actividades topográficas se inició una revolución, dado que se pudo realizar levantamientos más precisos y con un mayor rendimiento si se compara al método tradicional.

De acuerdo con Pérez et al. (2021) el levantamiento topográfico con RPAS ofrece enormes ventajas a todo topógrafo o ingeniero, dado que se puede realizar un levantamiento topográfico de mayor calidad que aquel realizado mediante la recopilación de datos con otros instrumentos que se usan en el levantamiento topográfico tradicional, y además en menor tiempo; lo cual representa una considerable reducción del costo de los trabajos topográficos y de la cantidad de trabajos realizados en los terrenos.

Según Pérez et al. (2021) algunos beneficios que tiene con el levantamiento topográfico con RPAS son lo siguiente:

a. Reduce los tiempos de los trabajos de campo y el costo de los levantamientos topográficos: las capturas de los datos requeridos mediante el uso de una RPAS son menores en 05 veces referido a la rapidez, en comparación con la metodología terrestre y no se necesitan muchas horas de trabajo.

b. Suministra data de mayor precisión y absoluta, una estación total solamente mide puntos de manera individual; la RPAS realiza miles de cálculos, estos se representan en distintos formatos (ortomosaicos, nubes de puntos, MDT, MDS, curvas de nivel, y demás), los píxeles de los mapas producidos o puntos en modelamientos contienen los datos recopilados en 3D.

c. Realiza mapeos de áreas que, de otra manera son inaccesibles: las RPAS cartográficas pueden despegar y realizar vuelos s todos los lugares, los trabajos ya no se limitan por lo inaccesible de una determinada área, o por una pendiente empinada, o insegura o terrenos accidentados, inadecuados para instrumental topográfico tradicional; no se necesita el cierre temporal de vías o de carreteras, por la razón que se puede obtener los datos en las operaciones sin sobrecargas organizativas.

De acuerdo con Imasgal (2023) entre los beneficios que se obtienen con el uso de estas RPAS con relación a la metodología tradicional son:

–Mayor rendimiento de trabajo conlleva importantes ahorros de tiempos.

– Se reducen los costes en gastos de profesionales y asistentes, lo mismo en materiales en la labores topográficas.

– Hace posible levantar datos sobre terrenos de difícil acceso o en las áreas en las que la medición topográfica resulta compleja por una serie de dificultades y ciertos obstáculos.

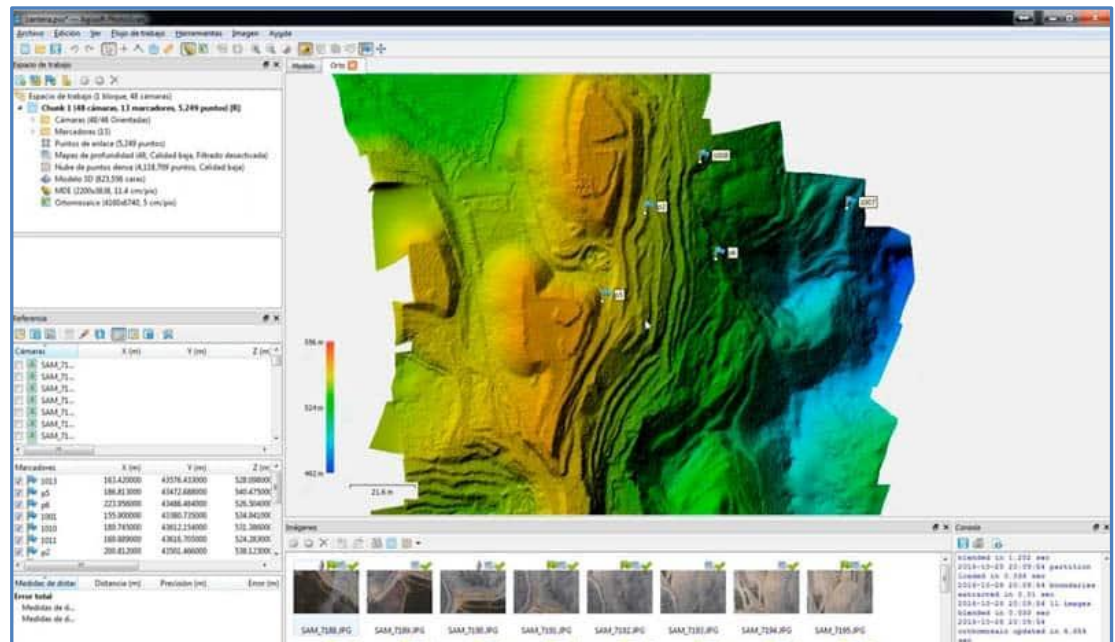
–Registros de nubes de puntos con datos a todo color que ofrecen apariencias similares a lo real de los terrenos.

–Ofrece más seguridad a los trabajadores, quienes van a desarrollar sus actividades en ciertas áreas peligrosas sin poner en riesgo su integridad física.

Según Imasgal (2023) menciona que estas naves son apropiadas para realizar trabajos relacionados a: levantamiento topográfico, inspeccionar estructuras, controles de movimientos de tierras en obras civiles y actividades mineras; se hace mención que los modelos digitales de los terrenos son unos de los productos que se generan con los datos recopilados y capturados en los vuelos y que resultan de gran utilidad a los topógrafos e ingenieros de obras civiles.

Figura 1

Nos muestra la figura de como se visualiza de una topografía RPAS



En la figura nos muestra una serie de punto georreferenciadas, según Imasgal (2023)

De acuerdo con Castañeda (2020) el levantamiento fotogramétrico con RPAS es una técnica relativamente económica considerando costo/beneficio, permite obtener información de la superficie de una manera mucho más rápida que con levantamiento topográfico convencional; dependiendo del equipo a usar, en un solo vuelo se pueden cubrir vastas extensiones en un tiempo relativamente corto, lo que permite ahorrar en personal y equipos; con tecnologías mucho más recientes como los drones RPAS se pueden realizar levantamientos con menos puntos de foto control que en levantamientos convencionales, y estos puntos son para la validación ya que las correcciones se realizan en tiempo real.

La fotogrametría según Ibáñez et al. (2019) se la entiende como el arte y la ciencia que posibilita la obtención de datos cuantificables a partir de las

fotografías capturadas por diferentes artefactos o sensores a distancia y la fotointerpretación consiste en leer, analizar e interpretar cualitativamente las fotografías obtenidas.

Para Cortéz (2021) en relación con el vocablo apropiado para denominar a la ciencia que hace posible la medición de las superficies mediante capturas fotográficas (aéreas) es la FOTOGRAMETRÍA. Que se detalla, mediante el uso de un dron resulta imposible hacer de manera directa levantamientos topográficos, solo se toman fotografías sobrepuestas transversales y longitudinales y mediante el empleo de estereoscopía se puede realizar mediciones de las distancias y de las elevaciones, porque se dispone de al menos dos fotografías de los mismos puntos, pero con diferentes ángulos.

Por otro lado, la presente investigación se justifica en diversos aspectos, en lo referente a la relevancia teórica, se justifica en este caso debido a que, en sus bases teóricas, en la cual se sabe que se tienen que obtenerse de autores que son reconocidos de manera científica. Además, se sustenta en documentación relevante y pertinente, en obras, tesis, entre otras teorías relacionadas a la problemática desarrollada, también los levantamientos topográficos y su implicancia en la metodología clásica (RPAS), permitiendo hacer el uso de la tecnología aplicada.

Respecto a la justificación social, debido a que el estudio sirve como refuerzo en las labores de ingenieros y topógrafos, con el fin de establecer el análisis comparativo de levantamientos topográficos tradicionales y levantamientos topográficos mediante RPAS, de esa manera conseguir establecer los costos, la precisión y el tiempo que implica desarrollar un trabajo topográfico.

Finalmente, la presente investigación halla justificación práctica debido que, al finalizar el estudio se brinda aportes, dando a conocer un nueva forma de alternativas metodológicas de los trabajos de levantamiento topográfico, mediante el RPAS que hace que realizar proyectos tengan efectos positivos en los costos, mayor precisión y en menor tiempo.

Ahora bien, se planteó la siguiente problemática, en la actualidad, se realizan actividades profesionales en contextos de rápidos avances de las tecnologías que requiere el uso de metodologías alternativas para la recopilación de datos, especialmente en las labores de topografía. Los levantamientos topográficos representan las fases iniciales en los análisis técnicos y descriptivos de los terrenos. Implica una evaluación minuciosa de las superficies, considerando no solamente las particularidades de tipo físico, geográfico y geológico de una superficie, sino, asimismo considerando las modificaciones que puedan existir debido a las intervenciones humanas, como la construcción de terraplenes, excavaciones, canteras, entre otras.

Es por ello, que muchos ingenieros buscaron la forma de emplear nuevos métodos los cuales viene a ser el levantamiento topográfico con RPAS o mejor dicho drones, ya que suelen ser muy ventajosos, debido a que suelen llegar a zonas no accesibles y puedan realizar las tomas necesarias, convirtiéndose en uno de los métodos más apto y factible frente a otros métodos, aparte de que el costo promedio de los drones semiprofesionales es de alrededor de los 1850 US\$ y que pueden mapear por día alrededor de 100 hectáreas de terrenos y los que tienen un costo cercano a los 16000 US\$, que tienen una mayor tecnología y rendimiento cubre hasta 5000 hectáreas (Mamami, 2020).

La utilización de drones en topografía ha experimentado un crecimiento significativo en Latinoamérica y el Caribe en las últimas décadas. Los drones, también conocidos como vehículo aéreo no tripulado (VANT) o UAV, se han convertido en herramientas valiosas para obtener datos topográficos y que permiten generar modelos digitales de los terrenos. En la país del Ecuador, precisamente en el ciudad de Manta se halla en un permanente progreso, procesos continuos de mejora, y esto hace que las edificaciones se hallan potenciado exponencialmente y que su desarrollo sea significativo, por lo que se requieren de estudios obligatorios para empezar las edificaciones, entre ellos se requieren de levantamientos topográficos, estos se vienen ejecutando en la actualidad mediante nuevas metodologías con el propósito de obtener resultados en el menor tiempo posible, y que asimismo, sean precisos y confiables, mejor

dicho en esta ciudad ya aplican los RPAS para los levantamientos topográficos (Baque, Cuadrado, & Palacios, 2022).

En Perú, la utilización de drones en topografía ha experimentado un crecimiento significativo en diversas actividades, en ingeniería civil, en minería, agricultura y el control de recursos naturales. El avance en modernas tecnologías se orienta a la optimización de capturar y registrar datos, que es la tarea de los profesionales a cargo, que se responsabilizan de la gestión de los datos, transformándolos en valiosa información, y que se presentan en formato digital y gráfico, (Bejarano & Palomino, 2022).

La ciudad de Huaraz es una urbe ubicada en la sierra de Ancash, ubicada a 3,100 m. s. n. d. m., y es la capital de la referida Región, con una orografía muy accidentada debido a las montañas que la atraviesan y que generan un escenario de dramática belleza. Esta ciudad ha venido creciendo urbanísticamente y por tanto muchos ingenieros han buscado la forma de poder realizar sus análisis topográficos, esto porque existe lugares donde los topógrafos van y necesitan análisis de la tierra, pero estos no pueden quizás llegar a alcanzar a tener datos exactos o precisos debido a la complejidad de la zona y porque suelen aplicar técnicas tradicionales, asíndose muchas veces complicado y hasta pérdida de tiempo, así como de dinero. Por tanto, es necesario que los topógrafos utilicen nuevas tecnologías en estos análisis como son los RPAS o drones, que ayudan a captar mejor la zona y tomar fotos y datos que quizás con el método tradicional no se encuentra.

Por ello, el presente estudio se enfocó en establecer las diferencias entre levantamientos topográficos tradicionales y levantamientos topográficos con RPAS en el estadio Rosas Pampa de Huaraz, 2023.

1.6. Bases Teóricas

Las teorías asociadas a los temas abordados son:

La topografía, está referida a la ciencia que establece la ubicación de particularidades específicas sobre ciertas superficies terrestres, que implica

medir ángulos, distancias y elevaciones que facilitan su representación en los planos, que incluyen detalles de ciertas superficies de terrenos, que además requieran de otras mediciones, acotaciones, y ubicación real de posiciones, que representan requerimientos necesarios previos a la ejecución de futuras edificaciones, (Tacca, 2016)

Los levantamientos topográficos son entendidos como la serie de procesos de tareas referidas a levantar datos que luego va a ser representados en planos topográficos, mediante curvas a nivel y detalles de puntos de superficies de terrenos, (Pedraza, 2019)

Sánchez (2017) por su parte considera que la topografía es de suma importancia porque sirve de apoyo en la lógica, en el planteamiento de proyectos meticulosos y exactos, es de ayuda en los aprendizajes respecto a la relevancia que tienen las mediciones, desarrolla el sentido de la proporción y para adquirir apropiados hábitos para revisar los cálculos numéricos y las mediciones. Las metodologías tradicionales sobre levantamientos topográficos se realizan con mediciones de ángulos y distancias, inclusive al aplicar métodos de poligonales cerrados y la radiación para el abordaje de las superficies estudiadas y realizar los ajustes de los procedimientos en ciertos puntos en la elaboración de planos, (Villareal, 2015)

Como uno de los métodos de levantamientos topográficos tradicionales se tiene a la metodología de radiación, mediante el uso de equipos de topografía y a través de la aplicación de la metodología de trabajo es posible hacer lecturas de puntos referidos a distancias, ángulos, elevaciones y registrarlas en la libreta de campo que incluyen la descripción numérica y las observaciones de los puntos requeridos; en resumen, esta metodología es empleada para levantar datos sobre superficies de media y gran extensión en superficies de topografía accidentada, o con espesa vegetación. Estas metodologías se sustentan en bases poligonales previamente levantadas y que partiendo del vértice se ejecuta la radiación con el propósito de determinar la ubicación de los puntos de rellenos.

La metodología directa, el caso del uso de la Estación Total, se denomina de esta manera debido al instrumental electro-óptico topográfico, cuyas funciones se apoyan en tecnología electrónica, que consiste en incorporar un distanciómetro y microprocesador a cierto teodolito electrónico, su función está sustentada en fórmulas geométricas sencillas que se usan al triangular, que es determinar las coordenadas geográficas de cada punto cualquiera, partiendo de los demás, lo que se resume en que a partir de dos puntos con coordenadas conocidas y a partir de estas posiciones se observan y se calculan las coordenadas de los demás puntos específicos de los terrenos.

Método poligonal, es empleado en los levantamientos topográficos y la poligonación es parte del proceso topográfico más usual. La metodología poligonal es empleada de manera general en la determinación los puntos de control y de apoyo en el levantamiento de detalles y al elaborar los planos, para replantear proyectos y para el control al ejecutar obras. Las poligonales son ciclos de líneas quebradas, conectadas entre ellas y los vértices, (Mallma, 2020)

La eficiencia del proceso de levantamiento topográfico, el levantamiento topográfico por medios técnicos ha impulsado exitosamente el trabajo en ingeniería, arquitectura, etc., así como también ha permitido el desarrollo de diversos trabajos, ya que proporciona datos rápidos, eficientes y precisos para la toma de decisiones sobre el proyecto, sin embargo, es importante recordar que estos han estado en continua transformación, ya que colaboran en la realización de proyectos que requieren intervenciones meticulosas. Gracias a sus herramientas, logran obtener medidas precisas y claras para garantizar que la obra se lleve a cabo de manera eficaz. En contraste, la topografía ofrece una variedad de enfoques que pueden ser utilizados en diferentes tipos de levantamientos. Dependiendo de los elementos específicos de los proyectos, se eligen métodos que garantizan la precisión en este tipo de tareas. Esto permite detectar y corregir posibles errores que puedan surgir (Rivas y Vilca, 2020).

En lo que respecta a la exactitud de la medición topográfica, suele verse afectada por una variedad de imprecisiones, las cuales son intrínsecas a las mediciones

realizadas con las herramientas utilizadas, como errores fortuitos que pueden deberse a inconsistencias en la misma dirección y persistentes a lo largo del tiempo, conocidos como errores sistemáticos, o a fallos motivados como los errores graves. Además, es importante distinguir entre las precisiones y exactitudes de las mediciones, ya que las precisiones se refieren a la cantidad de dígitos decimales que representan ciertas magnitudes. Las precisiones se reflejan en la precisión con la que se llevan a cabo las mediciones, representando las discrepancias entre los promedios y los valores auténticos de las magnitudes medidas.

Según lo expuesto por Reyes (2017), existen diferentes modelos de levantamiento topográfico, técnico donde se observan: Levantamientos de control, levantamientos catastrales de terrenos y linderos, levantamientos hidrográficos, levantamientos aéreos, terrestres, satelitales y levantamientos topográficos y arquitectónicos.

En otro sentido, a finales del siglo XX, los drones, que solían ser llamados vehículos aéreos no tripulados, empezaron a ser utilizados en el ámbito militar y en diversas áreas civiles como la agricultura y la protección del medio ambiente. En los últimos años, el progreso de esta tecnología ha experimentado un notable incremento en su desarrollo y mejora (Jimenez, et al. 2019).

El dron, un artefacto volador sin tripulación que se manejaba a distancia, inicialmente se empleaba para labores de reconocimiento y ataque en el ámbito militar. Sin embargo, tras la caída del muro de Berlín en 1989, la tecnología desarrollada por la industria bélica encontró nuevas utilidades civiles que aportan beneficios a la sociedad. De este modo, la ciencia ha sabido aprovechar al máximo las posibilidades y ha incursionado con gran acierto en el uso de esta plataforma, integrando diversos dispositivos para medir los VANT. Asimismo, ha logrado reducir el costo de una gran cantidad de información de alta calidad, lo que ha dado como resultado datos más exactos (Florentino, 2017). Los drones, conocidos también como RPA, no son creaciones novedosas. Durante más de medio siglo, las aeronaves no tripuladas controladas a distancia han sido

utilizadas en entornos militares. Sin embargo, su popularización y disponibilidad para el gran público se han producido en el siglo XXI, época en la que han experimentado un notable crecimiento (Hinostroza, 2021).

Se creó con el propósito de incrementar la seguridad en las operaciones, contar con sistemas flexibles y adaptables que satisfagan las necesidades en cuanto a demandas, volúmenes, tecnologías y el modelo de negocio y aplicación en la aviación tripulada. Estos sistemas permiten gestionar altas densidades de operaciones con múltiples drones automatizados bajo supervisión, aseguran un acceso equitativo y justo a los espacios aéreos para todos, fomentan la competencia técnica y económica, y agilizan las implementaciones a través de tecnologías y estándares provenientes de otros sectores que pueden ser aprovechados por el U-Space, entre otros beneficios.

Para los autores Machado y Pertúz (2020) son variadas las aplicaciones que sacan provecho de las ventajas de este instrumento, entre las cuales se incluyen: la realización de levantamientos topográficos y modelos digitales de terreno precisos, la realización de cálculos de volumen y movimiento de tierra, la gestión y actualización catastral, la creación de cartografías digitales, así como el seguimiento y la monitorización de obras, inventarios, trabajos de subcontratación, entre otros.

Hinostroza (2021) nos muestra una clasificación, tal que:

Los drones de ala fija se diferencian de los convencionales al no emplear hélices, sino que presentan una apariencia similar a la de los aviones tradicionales. Se caracteriza por que no logran planear a alturas fijas, ni se desplazan o aterrizan de forma abierta.

Drones con hélices, son los cuales presentan propulsores individuales, con una única hélice y el multicolor era el más recurrente. El dron multirotor se preservó en el aire por la capacidad de sus hélices, es flexible y si pueden embarcar y despegarse en posición vertical.

En lo presentado por Machado y Pertúz (2020) Se menciona que los drones cuentan con beneficios, los cuales se describen a continuación: En lo que respecta a sus beneficios: Aumentan la eficiencia mientras se reduce significativamente el tiempo necesario para completar las tareas. Se logra una precisión milimétrica en todas las zonas sobrevoladas, con acceso ilimitado y un control detallado sobre los niveles de precisión obtenidos. Además, se evita exponer al personal a entornos de alto riesgo.

Así como también, Rivas (2020) menciona que los drones tienen sus aspectos negativos, por lo tanto, se tuvieron en cuenta los siguientes: Límites de altura permitidos: Alcanzando una elevación de hasta 120 metros, estas estructuras no resultan óptimas para cada tipo de proyecto. Alcances radiofónicos: Es fundamental que aquellos a cargo de operar los drones se encuentren dentro de un alcance determinado mientras realizan la medición. Momento de despegues: La limitación más importante es la batería, ya que suele ofrecer un tiempo de vuelo restringido, lo que hace que no sean completamente eficaces.

En ese sentido, el trabajo encuentra su justificación en la necesidad de determinar cuál es la metodología más eficiente entre los métodos tradicionales de levantamiento topográfico y el uso de drones. Teóricamente, se apoya en una amplia base documental, incluyendo artículos científicos, revistas especializadas, tesis y otros informes que abordan las variables del estudio y su impacto en los levantamientos topográficos. En el ámbito social, este estudio proporciona un valioso recurso para los profesionales en topografía, facilitando un análisis comparativo entre la metodología convencional y la que incorpora drones, con el fin de evaluar aspectos como costos, tiempos y precisión en la ejecución de estos trabajos. Desde una perspectiva económica, la investigación se justifica por su contribución al conocimiento de nuevas alternativas metodológicas, destacando el uso de drones como una opción que optimiza costos, reduce tiempos y mejora la precisión, alineándose con los estándares técnicos requeridos por los profesionales del sector.

METODOLOGÍA

2.1 Tipo y diseño de investigación

Por su propósito,

El presente estudio fue de tipo **aplicado**. En ese caso Barbosa et al. (2020) afirma que este tipo de investigación se concentra en la solución de la problemática en un ambiente particular, con el propósito de aplicar conocimientos provenientes de una o más disciplinas especializadas con el fin de utilizarlos de forma práctica, inmediata y satisfacer necesidades específicas. Su objetivo fundamental es ofrecer soluciones a problemas en la productividad y la sociedad.

Por su enfoque

La metodología en la que se fundamentó este estudio fue de carácter **cuantitativo**. Para Sánchez (2019) este enfoque se dedica a examinar fenómenos que son susceptibles de medición. Se hará uso de técnicas estadísticas para analizar la información recopilada. Su principal propósito radica en la predicción, la clarificación, la descripción y el control objetivo de las causas de dicho fenómeno, así como en anticipar su ocurrencia a través del descubrimiento de dichas causas.

Con respecto a su nivel, este estudio se encontró en el nivel descriptivo - explicativo, dado que su objetivo es proporcionar una comprensión más profunda y determinar las diferencias entre los tipos de evaluación (Ramos, 2020).

Por su Diseño

El enfoque de la investigación adoptó un diseño **no experimental**, dado que el investigador no interviene en la manipulación de la variable independiente ni en la formación de los grupos de estudio. En este tipo de diseño, el investigador actúa como un observador que contempla los fenómenos en su estado natural, permitiendo que se desarrollen de manera espontánea y sin influencias externas. Así, se recogen los datos tal como se presentan en la realidad, respetando la autenticidad de los acontecimientos sin alterar su curso natural (Neill y Cortez, 2018).

Y por el tiempo de aplicación fue **transversal**, ya que la recolección de datos se realizó en un período específico, concentrando toda la información en un momento único. En este caso, las variables se describen y se analizan las relaciones e incidencias entre ellas dentro de un marco temporal singular, siendo en tiempo único, siendo este el año 2023.

Tabla 1

Metodología de estudio.

Diseño			
Propósito	Enfoque	Diseño	Tipo/Nivel
Aplicado	Cuantitativo	No Experimental	Transversal

Fuente: Propia

2.2 Variables

2.2.1 Variable Independiente, en mi investigación, la variable independiente es el tipo de levantamiento topográfico, ya que puede ser analizada de manera autónoma, sin depender de ninguna otra variable para su estudio.

2.2.2 Variable Dependiente, en mi investigación, la variable dependiente es el análisis comparativo de resultados, ya que está directamente influenciada por el tipo de levantamiento topográfico realizado.

2.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2

Matriz de operacionalización de variables

Variab es	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimens iones	Indica dores	Instrumentos	Escala de Medició n
Variab le indepe ndiente : Tipo de levanta miento topográ fico	Es un proceso técnico que se dedica a examinar y describir un terreno en detalle, tomando en cuenta no solo sus aspectos físicos, geográficos y geológicos, sino también sus variaciones y posibles alteraciones. Este análisis minucioso se traduce en un plano detallado, que	se llevará a cabo utilizando una Estación Total y un Colector Carlson. El proceso comenzará a partir de dos puntos con coordenadas conocidas o, en su defecto, asumidas, y desde esa posición se observarán y calcularán las coordenadas de otros puntos en el terreno. El Colector Carlson, una libreta electrónica que se integra con la Estación Total, permite realizar diversas funciones de manera eficiente. Según el manual de referencia de Carlsons SurvCE (2007), esta herramienta es fundamental para optimizar el proceso de medición en campo.	1. Costo de Trabajo 2. Tiempo de Trabajo 3. Precisió n de trabajo	1. Radia ción; Poligo nal; Medic ión RTK. 2. Equip os; Cuadr	Guía de observación: Se llevaron a cabo dos levantamientos topográficos utilizando dos equipos distintos, cada uno con técnicas propias para la recopilación y procesamiento de datos. Como	Ordinal

	se convierte en una herramienta crucial para la planificación de construcciones y edificaciones. Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, este acopio de datos es esencial para lograr una representación precisa del terreno https://www.igac.gov.co/en/node/455	https://files.carlsonsw.com/mirror/manuals/Spainsh_SurvCEV2_5_Manual.pdf		illas; Clima	resultado, se emplearon plantillas de Excel específicas para cada uno de los levantamientos topográficos.
Variab le depend iente: Análisi s	Implica la utilización de un dron, también conocido como vehículo aéreo no tripulado (VANT), para recolectar datos aéreos mediante	Se realizará utilizando las imágenes capturadas por el dron. Este proceso consiste en proyectar ortogonalmente la imagen obtenida sobre un plano de referencia, trasladando la información registrada en la fotografía, que ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central,	1.Fotogrametría terrestre. 2.Fotogrametría	1.Principio de la toma de	Se utilizó la herramienta Excel para procesar los datos a través de diagramas de barras, que ofrecen

comparativo de resultados o	sensores dirigidos hacia el suelo, como cámaras RGB o multiespectrales y equipos LIDAR. Según Ingeodrone, este procedimiento permite capturar información detallada del terreno desde el aire, optimizando la precisión y eficiencia del levantamiento topográfico. https://ingeodrone.es/que-es-un-levantamiento-topografico/	típica de las lentes. Según Jiménez, Magaña y Soriano (2019), este método permite comparar levantamientos topográficos realizados con estación total, como método directo, con aquellos realizados mediante drones y GPS, considerados métodos indirectos.	rametría aérea.	fotografías desde la tierra. 2. Análisis. Análisis. Digital. 1.	el nivel de confiabilidad y validez requerido para este estudio. Estos diagramas fueron empleados con el propósito de describir y representar visualmente las características y fenómenos observados en la zona de estudio	Ordinal
-----------------------------	---	--	-----------------	---	--	----------------

2.4 Matriz de consistencia

Tabla 3

Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿Cuál es el resultado del análisis comparativo- obtenidos de un levantamiento topográfico haciendo uso de drones y método tradicional Huaraz 2023?	Se tiene como hipótesis: Las diferencias que existen entre los resultados obtenidos del levantamiento topográfico del uso de drones y método tradicional, son en relación con las precisiones de trabajo, tiempo y costos de operaciones. Siendo el levantamiento	General: Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos de un levantamiento topográfico haciendo uso de drones y método tradicional Huaraz 2023. Específicos: OE1: Analizar la medición y precisión obtenida a través de fotografías utilizando drones y la metodología tradicional.	Variable independiente: Tipo de levantamiento topográfico. Variable dependiente: Análisis comparativo de resultados	1. Costo de Trabajo 2. Tiempo de Trabajo 3. Precisión de trabajo 1. Fotogrametría terrestre. 2. Fotogrametría aérea	Tipo de investigación: aplicada Técnica: Observación. Instrumentos: Ficha de recolección de datos. Población: está conformada por los levantamientos topográficos en la ciudad de Huaraz. Muestra: está conformada por el levantamiento topográfico en la ciudad de Huaraz.

topográfico con OE2: Determinar la estación total, el que metodología más tendrá un mayor económica haciendo grado de precisión, uso de drones y pero con la desventaja metodología de requerir más tradicional. tiempo para su OE3: Identificar la realización y más metodología que costo con respecto al requiera menor tiempo levantamiento de realización topográfico realizado con Dron.

Muestreo: por conveniencia.

Técnicas e instrumentos

-Técnica de recolección de datos: Observación -

Instrumentos de recolección de datos:

Guía de observación

Análisis de datos

Instrumento Excel

(Diagrama de barras y tablas

2.5 Población y Muestra

Población

Según Hernández y Mendoza (2018) está consolidado por el conjunto de diversas situaciones que suelen tener las mismas especificaciones, por lo tanto, en este caso estuvo conformada por el estadio Rosas Pampa de Huaraz, 2023.

Muestra

Se define como una porción característica de la población, de la cual se recopilará la información esencial para llevar a cabo un estudio específico (Hernández y Mendoza, 2018). Siendo así, la muestra llegó a ser censal, quedando conformada por el mismo estadio Rosas Pampa de Huaraz, 2023.

Criterio de inclusión: Se analizaron aquellas áreas que conforman el campo del estadio Rosas Pampa de la ciudad de Huaraz.

Criterio de exclusión: No se tomaron en cuenta otras áreas que no tengan que ver con el campo del mismo estadio analizado.

2.6. Técnicas e instrumentos

2.6.1. Técnicas de recolección de datos

De acuerdo con Carrasco (2018) se utilizó en el estudio la observación, puesto a que se registró el fenómeno para realizar un posterior testeo o análisis. Además, esta técnica es eficiente puesto que con ella se podrá obtener mayor información.

2.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Como lo va a realizar

En este proyecto se llevaron a cabo dos levantamientos topográficos empleando equipos distintos, cada uno con sus propias técnicas para la recopilación y procesamiento de datos. Como resultado, se utilizaron plantillas de Excel específicas para cada levantamiento. Uno de los métodos aplicó el enfoque tradicional con una estación total, mientras que

el otro incorporó el uso de un dron RPAS. Ambos procedimientos se realizaron en el estadio Rosas Pampa, situado en la ciudad de Huaraz, provincia de Huaraz, en el departamento de Ancash.

Para Ñaupas et al. (2019) estos se consideran como herramientas materiales que se utilizan para obtener y preservar información. En consecuencia, en la realización del proyecto de investigación se escogió utilizar las fichas de observación, así como fichas topográficas.

En el levantamiento topográfico tradicional, se estructurará el proyecto en dos fases principales. En la etapa de planificación, se elaborará un esquema de trabajo detallado, y durante el trabajo de campo, se empleará el método de radiación para recopilar datos, utilizando prismas y protapismas para las mediciones. Además, se establecerá una poligonal de apoyo que será crucial para garantizar un control riguroso de los detalles capturados y luego la debida georreferenciación.

Validez y confiabilidad

Validez

Tres expertos en topografía y manejo de drones RPAS evaluaron y evaluaron los instrumentos utilizados en esta tesis para determinar su validez. Estos expertos evaluaron y confirmaron que los instrumentos elegidos para medir las variables y recopilar datos eran adecuados.

Se empleará la metodología de trabajo apropiada con personal técnico capacitado en Topografía y operador de manejo de vuelo de dron RPAS. Además, los planos topográficos deben ser firmados por un ingeniero civil y los trabajos de postproceso deben ser firmados por un ingeniero especialista con licencia de vuelo registrado en DGAC.

Se presentan a los validadores:

Ing. Carlos Iván Carretero Azaña con DNI N° 32931662 - C.I.P N°221085.

Ing. German Orlando Osorio Broncano con DNI N° 72051430 - C.I.P N°64279.

Confiabilidad

Asimismo, al respecto a la confiabilidad debido a que se contará con el apoyo de especialistas en el tema cuestionado y con los certificados aprobados, se va a tener la certeza y la confiabilidad de que los resultados obtenidos son las correctas.

2.6.3. Equipos

Figura 2

GPS Diferencial Trimble R8-3



Fuente: Imagen referencial del GPS Diferencial Trimble R8-3.
Tomado de proviasnac.gob.pe

Particularidades del equipo

Mediciones:

- Tecnología Trimble R-Track para el rastreo de la señal civil L2
- Chip GPS topográfico personalizado Trimble Maxwell

- Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia de L1 y L2
- Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y una respuesta de alta dinámica
- Medidas de fase portadora de L1 y L2 de muy bajo ruido con una precisión <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz

Hardware:

- Dimensiones (Ancho×Alto) 19 cm (7,5 pulg) × 10 cm (3,9 pulg)
- Peso 1,31 kg (2,89 lb) con la batería interna, Móvil RTK completo de 3,67 kg (8,09 lb) incluyendo las baterías
- Batería de litio-ion recargable
- Entrada de alimentación externa de 11 a 28 V - Puerto de comunicaciones (Bluetooth)
- Almacenamiento de datos en 6 MB de memoria interna
- Almacenamiento de datos en el controlador con 128 MB de memoria
- Opción de radio receptora/transmisora de 450 MH
- Compatible con GSM, teléfonos celulares y módem CDPD externo para operaciones RTK y VRS
- Entrada y salida CMR11, CMR+, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0
- 14 salidas NMEA. Salidas GSOFF y RT17. Compatible con fase portadora suavizada y BINEX

Figura 3

Estacion Total SOUTH N4



Fuente: Imagen referencial de la Estación Total SOUTH N4 tomado de estaciontotal.com

Características del equipo

Mediciones:

- Prisma de Rango 3500m a 4000m
- Hoja reflectante 800m
- Mini prisma 1200m
- Sin reflector 1000m
- Exactitud prisma único $\pm (2+2\text{ppm} \times D)$ mm
- Exactitud hoja reflectante $\pm (2+2\text{ppm} \times D)$ mm
- Exactitud sin reflector $\pm (2+2\text{ppm} \times D)$ mm - Lectura Máximo: 99999999.999m; Mínimo: 1mm
- Auto corrección atmosférica y auto corrección en medición de ángulos

Hardware:

- Diámetro del absoluto disco de codificación 79 mm

- Longitud del telescopio 152 mm
- Apertura efectiva del telescopio 45mm
- Aumento del telescopio 30X
- Compensador automático
- Plomada laser
- Plomada óptica
- Cámara
- 2 pantallas LCD de 3,5 pulg
- Batería de litio recargable

Figura 4

Dron DJI Mavic 3 Enterprise



Fuente: Imagen referencial de Dron DJI Mavic 3 Enterprise tomado de Geoperu SAC

Características del equipo

- Autonomía de vuelo: 45 minutos
- Resistencia máxima al viento 12 m/s
- Sensor CMOS de 4/3 y 20MP

- Control RC Pro
- Zoom óptico de 16x
- Alcance del telémetro 1200m
- Zoom: distancia focal equivalente de 162 mm, 12 MP, zoom híbrido 56x
- Gran angular: CMOS 4/3, 20 MP
- Cámaras térmicas
- Resolución de vídeo: 4K/30fp

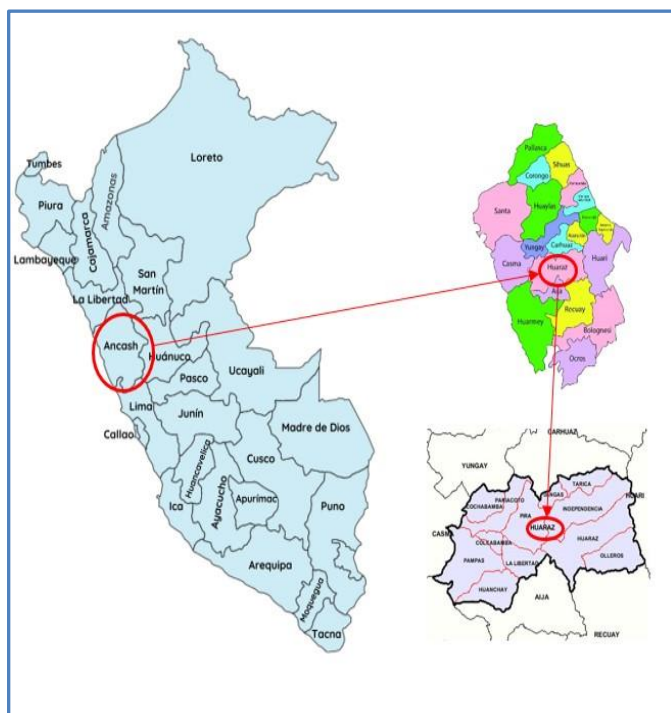
2.7. Ubicación

Ubicación Política

El Estadio Rosas Pampa se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz, distrito Huaraz de la ciudad de Huaraz.

Figura 5

Ubicación Política



Ubicación Geográfica

El Estadio Rosas Pampa

Ubigeo: 020101

Latitud Sur: 9° 31' 35.7" S (-9.52658333)

Longitud Oeste: 77° 32' 1" W (-77.53361111)

Altitud: 3040 m s. n. m

2.8. Procesamiento y análisis de la información

Recolección de datos con estación total

Para procesar los datos se presentó un permiso de realización de un estudio en el estadio Rosas Pampa y para ello se llevó a cabo la recolección de datos, en primer lugar, se estableció la ubicación de la zona de estudio utilizando Google Earth, lo que permitió identificar los puntos de acceso y posibles ubicaciones para instalar el equipo necesario.

Luego, se realizó un reconocimiento físico del área para confirmar los puntos de instalación. Por tanto, se procedió a colocar el equipo DGPS (GPS Diferencial) para establecer los BM necesarios para los levantamientos, y posteriormente, se colocó la estación total en cada BM para registrar los datos del DGPS e iniciar el levantamiento topográfico.

Figura 6

Reconocimiento de terreno y plan de trabajo.



Fuente: *Tomado por el tesista, 2023*

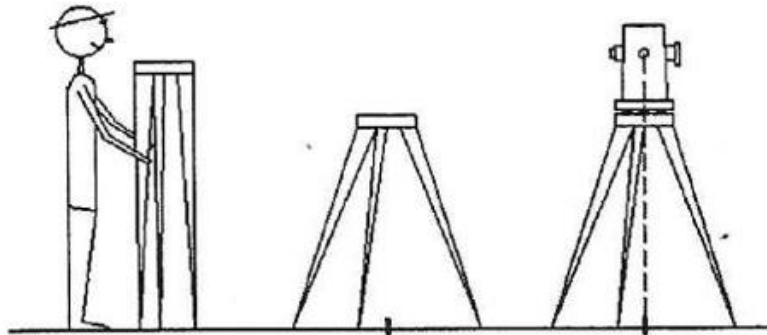
Posteriormente, tras el reconocimiento del terreno, se procedió a elaborar el plan de trabajo para la recopilación de datos con la estación total. Para ello, se utilizó la libreta de campo en la que se registró las coordenadas de punto de referencia y altura de instrumento.

Procedimiento

- Una vez que las patas del trípode estén juntas, afloje los tornillos de sujeción para que la plataforma quede aproximadamente entre el pecho y el mentón. A continuación, ajuste los tornillos de las patas del trípode y estire las patas para que el eje de la plataforma se aproxime al punto de estación definido anteriormente. Asegúrese de que la plataforma esté lo más horizontal posible. Por último, coloque la estación total sobre el trípode y fíjela con el tornillo de fijación a la plataforma del trípode.

Figura 7

Colocación de trípode.

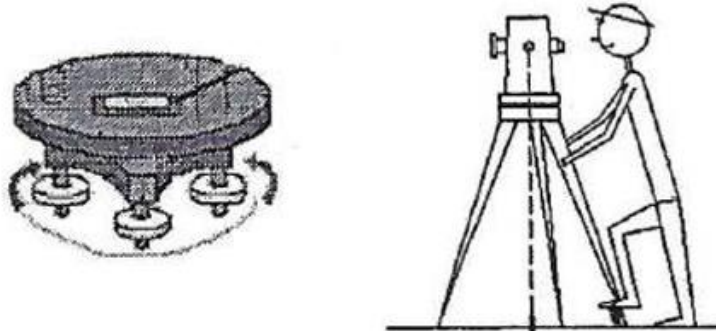


Fuente. Apuntes del curso (p. V-14), por Alva Villacorta, O. F., 2007.

- A continuación, se deben colocar los tornillos de nivelación de la plataforma en la mitad de su recorrido. Posteriormente, se debe fijar una de las patas del trípode en el suelo pisando la punta de la pata hasta lograr que la punta del trípode esté hundida en el terreno. Tal y como se muestra en la figura 10. Teniendo como punto fijo y de apoyo a la pata fijada del trípode se procede a bisecar la plomada óptica con el punto de estación tal como se muestra en la figura 11

Figura 8

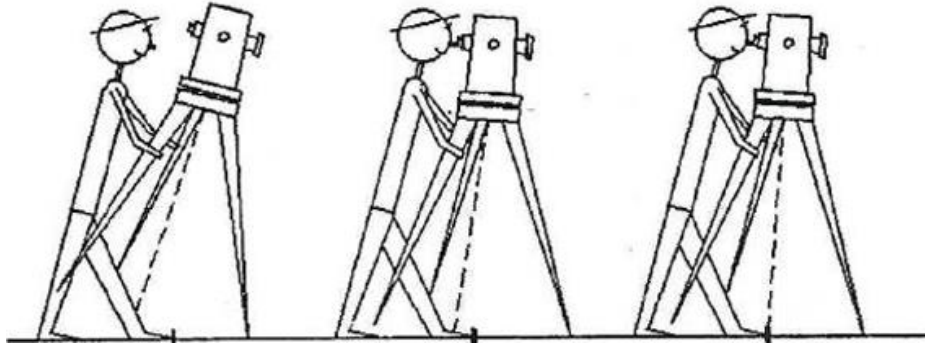
Fijación de trípode.



Fuente. Apuntes del curso (p. V-14), por Alva Villacorta, O. F., 2007.

Figura 9:

Fijación de trípode.

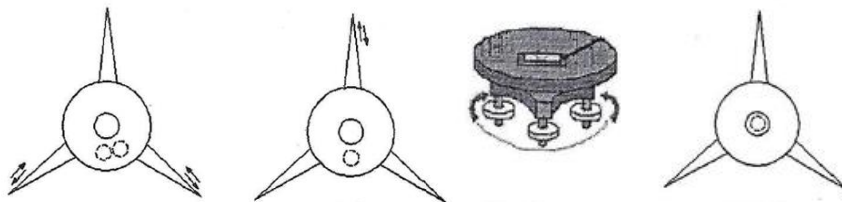


Fuente. Apuntes del curso (p. V-14), por Alva Villacorta, O. F., 2007.

- A continuación, se vuelve a mirar por la plomada óptica para asegurar si el equipo se ha desplazado del punto de estación. En caso de desplazamiento, se procede a nivelar la plataforma y bisecar nuevamente con los pasos anteriores y calando nuevamente el nivel esférico si fuera necesario, tal como se representa en la figura 14.

Figura 10

Fijación de la plomada óptica



Fuente. Apuntes del curso (p. V-14), por Alva Villacorta, O. F., 2007.

- Posteriormente, se coloca una batería dentro del equipo para encenderlo y nivelarlo mediante su nivel esférico digital a través de la maniobra de los tornillos de la plataforma tratando de lograr un desnivel de cero.

- Luego de nivelado a través del nivel esférico digital del equipo, se procede a configurar el trabajo colocando el nombre del trabajo, ingresando el punto de estación definido por el tesista, ingresando la altura del equipo medido desde el punto de estación hasta el eje central de la estación total, ingresando las coordenadas del punto de referencia, ingresando la altura referencial de la porta prisma.
- Luego se inició realizar el levantamiento topográfico.

Figura 11

Recolección de datos con estación total.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Trabajo en gabinete

Materiales y equipos:

Se utilizó una computadora con el programa Civil3D y Excel

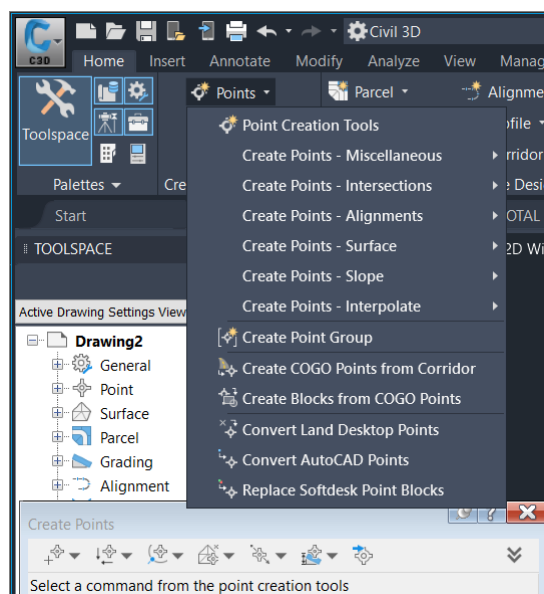
Procedimiento

- Con una memoria externa se exportó los datos de la estación total en formato CSV. Dicha información se extraerá en un formato que contiene (Punto, norte, este, elevación y descripción), dicho cuadro se podrá observar en el Anexo N°01.

- Posteriormente se inicia el programa Civil3D con un archivo nuevo, en ello se importa los puntos tal como se muestra en las imágenes. Dentro del menú **Home** del programa desplegamos la opción de **Points** la cual desplegará varias opciones en donde se escoge la primera opción **Point Creation Tools**, la cual abrirá una ventana llamada **Create Points** en la cual escogemos la última opción de **Import Points**, esta opción nos permitirá importar al programa nuestros puntos tomados en campo.

Figura 12

Procedimiento en el Civil3D



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

- Una vez abierto el programa nos aparecerá una ventana como se muestra en la figura 122, en la cual pulsamos en el cruz verde y importamos nuestro archivo CSV. A continuación en el cuadro siguiente se define el formato con el cual exportamos la base de datos de la estación total, es decir que escogeremos:

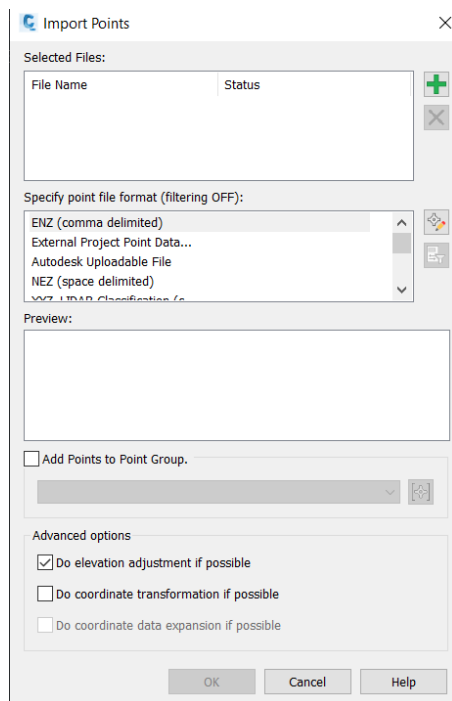
1. Número de punto
2. Coordenada Este

3. Coordenada Norte
4. Elevacion
5. Descripcion

Dicha configuracion permitira reconocer cada componente en el orden correcto. Por ultimo, se da clic en OK. En caso que no se muestra aun los puntos digitamos el comando ZE y en seguida ENTER. En seguida nos mostrara los puntos importados al programa.

Figura 13

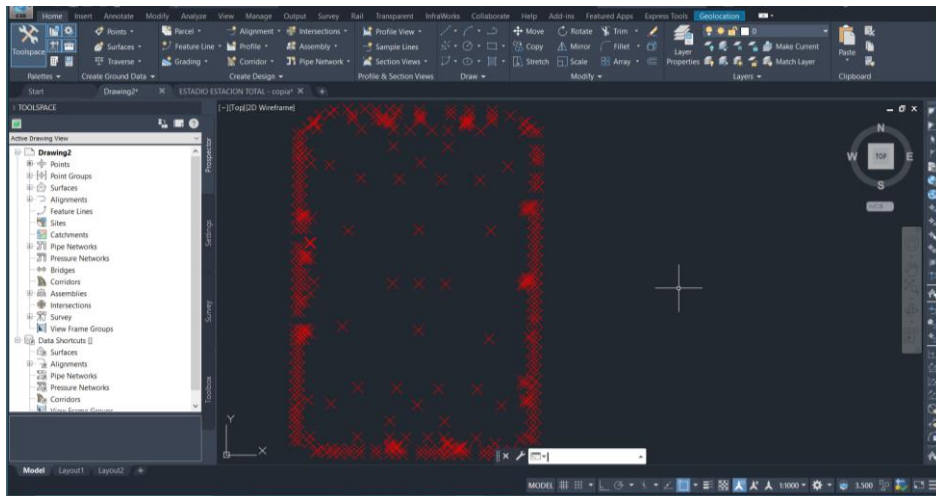
Importar puntos al Civil3D



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 14

Puntos en el Civil3D - tomados con la estación.

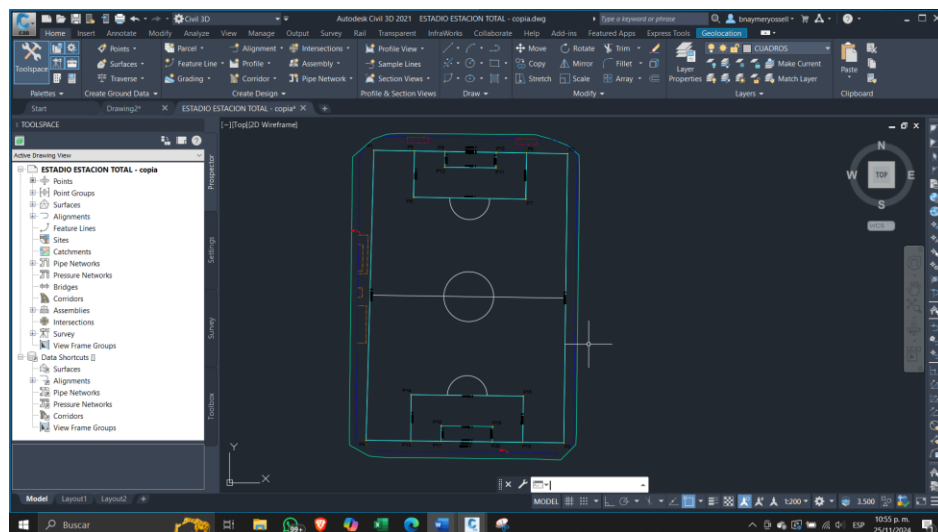


Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

- Para concluir, unimos cada punto para formar el campo y componentes lo cual nos ayudará en el análisis en este caso la precisión que tendrá con la estación total.

Figura 15

Vista de la unión de puntos.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Finalmente, teniendo como constante la altura del prisma, se procedió a realizar la toma de datos de los puntos fijos y perimetricos con un mínimo de cinco observaciones por punto para su análisis.

Datos obtenidos

Se tomo 4 puntos de coordenadas Bms y 4 medidas del terreno de juego

Tabla 4

Puntaje obtenido con la Estación Total.

TOPOGRAFIA TRADICIONAL - ESTACION TOTAL				
CUADRO ESTACION TOTAL				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	8945955.9367	221810.7613	3053.9873	bm-01
P2	8945954.7268	221879.0383	3053.9881	bm-02
P3	8945852.8897	221877.7157	3053.8289	bm-03
P4	8945853.7802	221808.0147	3053.9290	bm-04

Fuente. Elaborado por el tesista, 2023.

En cuanto al uso del dron, se cargó el recorrido previsto en Google Earth; en el área de estudio, se ingresaron los datos obtenidos con el DGPS para comenzar el trabajo. Una vez completados los levantamientos, se procedió a transferir los datos de cada equipo utilizando sus programas correspondientes.

Tabla 5

Distancia obtenida con soporte del Estación Total.

DISTANCIAS OBTENIDAS CON ESTACION TOTAL					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	68.2877	90°31'30"	221810.7613	8945955.9367
P2	P2 - P3	101.8457	90°16'16"	221879.0383	8945954.7268
P3	P3 - P4	69.7068	90°0'44"	221877.7157	8945852.8897
P4	P4 - P1	102.1934	89°11'31"	221808.0147	8945853.7802

Fuente. Elaborado por el tesista, 2023.

Recolección de datos con dron

Para procesar los datos del dron, se empleó Pix4D; se creó un nuevo proyecto, se añadieron las imágenes capturadas por el dron, se seleccionó el sistema de coordenadas y unidades, y se configuró la plantilla 3D Maps. El programa realizó automáticamente el procesamiento de datos, generando un informe y una nube de puntos, que luego se importaron a Global Mapper para determinar las coordenadas de los puntos a evaluar

Procedimiento

- Instalamos las hélices de la RPAS, así mismo, colocamos la batería teniendo en cuenta que este cargada completamente. Retiramos los accesorios de seguridad del RPAS.

Figura 16

Instalación de las hélices de la RPAS.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 17

Delimitación del área de recorrido del RPAS



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Trabajo en gabinete:

Materiales y equipos:

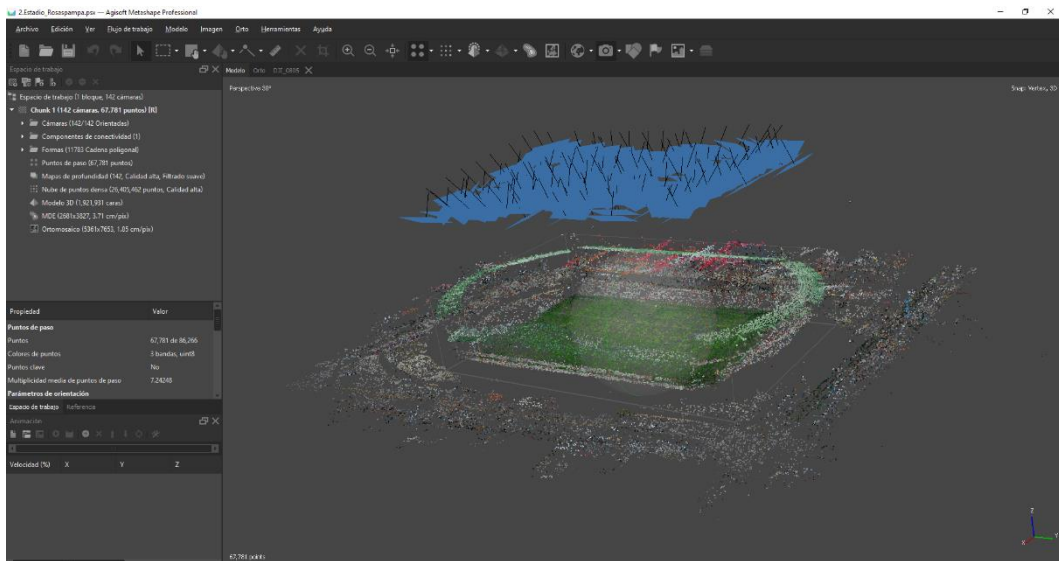
Se requiere de una computadora con el programa de Civil 3D, Global Mapper y Agisoft Metashape.

Procedimiento:

- En la memoria externa SD del RPAS se procede a exportar la fotografía de tomo la cámara del RPAS a una carpeta vacía dentro del almacenamiento de la computadora para su posterior procesamiento de data tal como se ve en la Imagen.
- Con el software Agisoft Metashape se carga importa las fotos capturadas con el dron y también se cargan los puntos de control

Figura 18

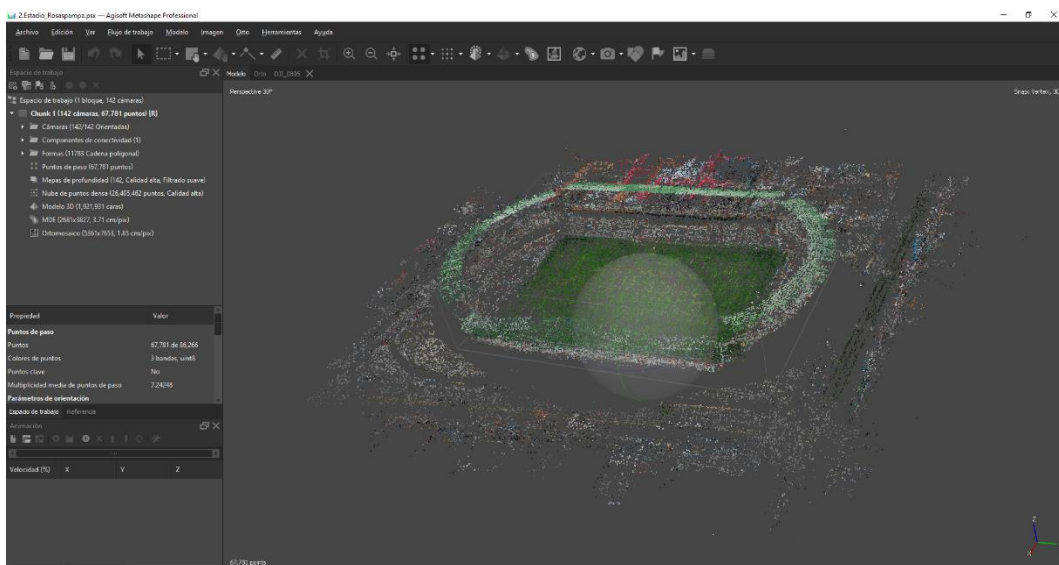
Fotos cargadas al programa.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 19

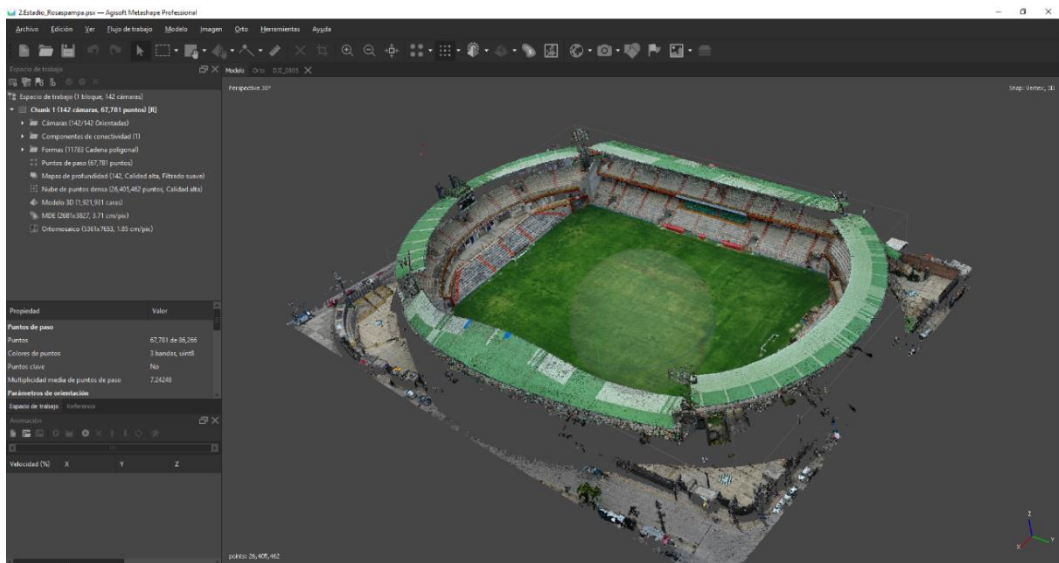
Generación de la nube de puntos.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 20

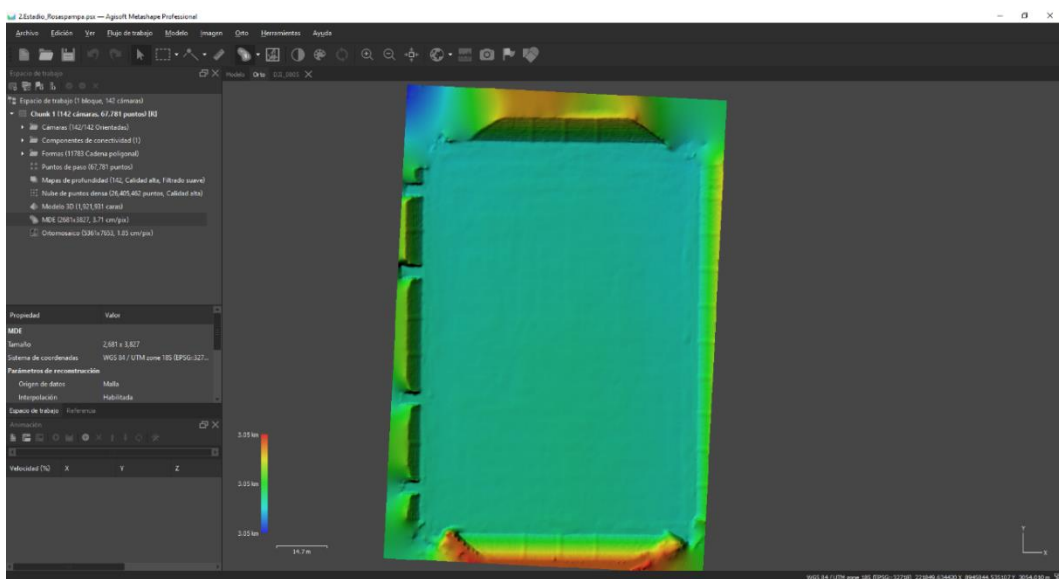
Generación de nube de puntos densa.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 21

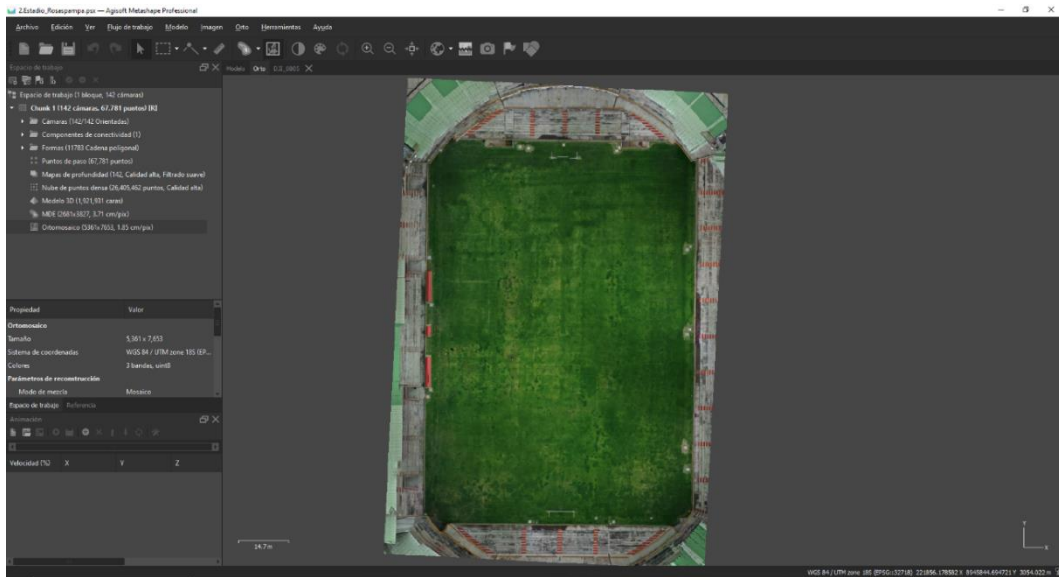
Generación de modelo digital de elevaciones.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 22

Ortomosaico



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

- Luego de ello se exporta el Modelo digital de elevaciones y el ortomosaico a un programa GIS y al Civil3D en donde se realizarán los procesos correspondientes para su comparación.
- Una vez completados los levantamientos, se procedió a transferir los datos de cada equipo utilizando sus programas correspondientes.

Para procesar los datos del dron, se empleó Pix4D; se creó un nuevo proyecto, se añadieron las imágenes capturadas por el dron, se seleccionó el sistema de coordenadas y unidades, y se configuró la plantilla 3D Maps. El programa realizó automáticamente el procesamiento de datos, generando un informe y una nube de puntos, que luego se importaron a Global Mapper para determinar las coordenadas de los puntos a evaluar.

Para analizar su precisión, considerar costos y tiempos de cada levantamiento, y finalmente comparar los resultados obtenidos.

Datos obtenidos:

Se tomo 4 puntos de coordenadas Bms y 4 medidas del terreno de juego.

Tabla 6

Puntaje obtenido con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.

FOTOGRAMETRIA				
CUADRO FOTOGRAMETRIA				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	8945955.9162	221810.7261	3053.7790	PD-01
P2	8945954.6998	221879.0124	3053.8830	PD-02
P3	8945852.8531	221877.7076	3053.8370	PD-03
P4	8945853.7506	221807.9967	3053.9210	PD-04

Fuente. Elaborado por el tesista, 2023.

Tabla 7

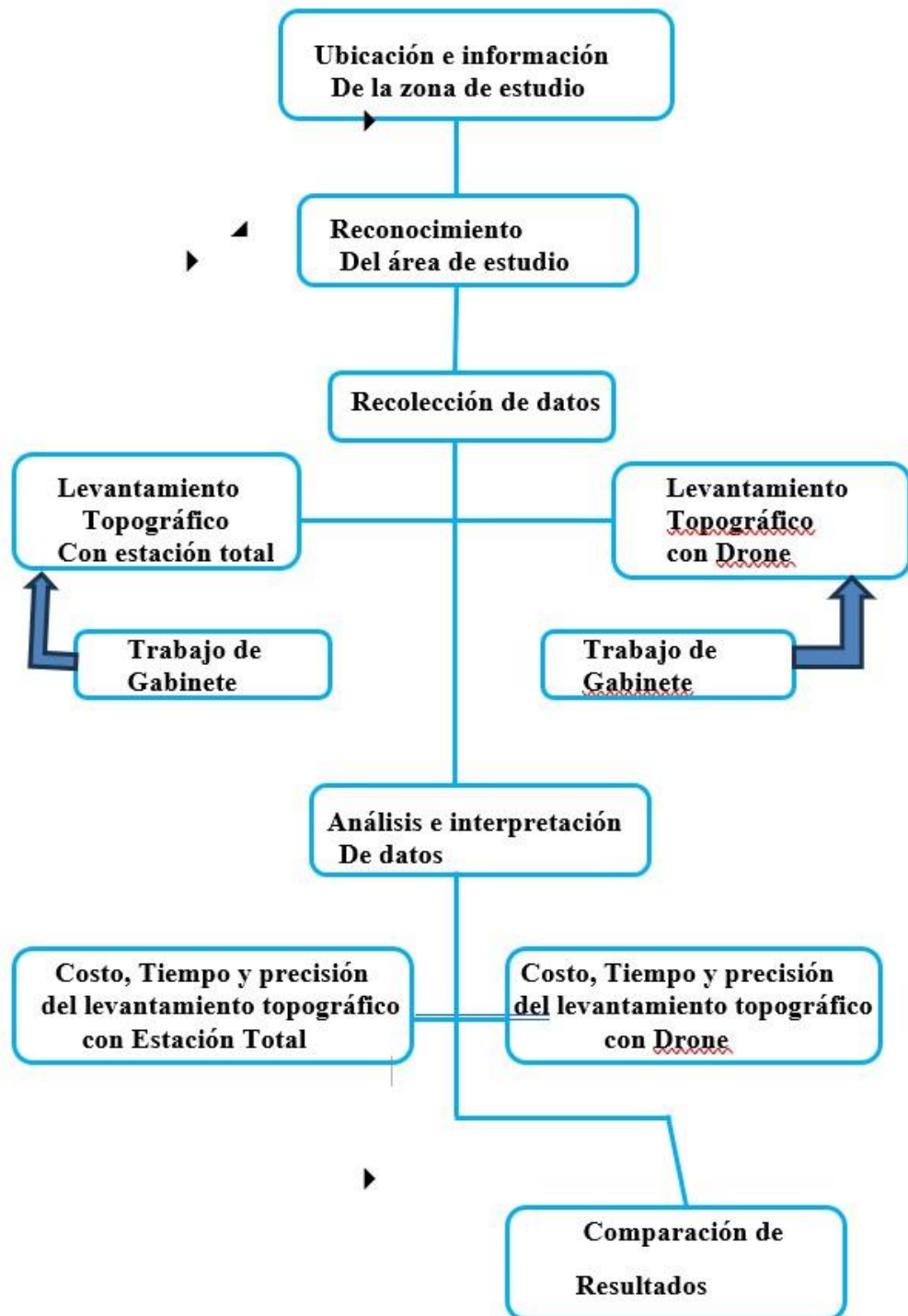
Distancia obtenida con soporte del Dron DJI Mavic3.

DISTANCIAS OBTENIDAS CON DRON					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	68.2970	90°30'35"	221810.7261	8945955.9162
P2	P2 - P3	101.8550	90°17'11"	221879.0124	8945954.6998
P3	P3 - P4	69.7166	89°59'47"	221877.7076	8945852.8531
P4	P4 - P1	102.2020	89°12'26"	221807.9967	8945853.7506

Fuente. Elaborado por el tesista, 2023.

Figura 23

Analisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS, Huaraz, 2023.



Fuente. Elaborado por el tesista, 2023.

2.9. Aspectos éticos

El investigador evidencia que el estudio se llevó a cabo con total transparencia y precisión en la información recopilada a lo largo del proyecto. Además, se muestra un firme compromiso con la veracidad de los resultados obtenidos y con el respeto a la propiedad intelectual de los autores cuya data se ha utilizado en la investigación.

RESULTADOS

3.1. Respondiendo al O1:

3.1.1. Levantamiento topográfico con Estación Total South N4.

El levantamiento topográfico utilizando la Estación Total South N4 se llevó a cabo con el propósito de representar de manera integral el levantamiento topográfico de la cancha de fútbol del estadio Rosas Pampa en la ciudad de Huaraz. El resultado incluye los planos adjuntos: un plano de planta general (Anexo N°03, Figura 32) y un plano topográfico (Anexo N°04, Figura 33), elaborados en agosto de 2023. El trabajo comenzó con la instalación del equipo DGPS para la obtención de los BM necesarios para el levantamiento topográfico.

Figura 24

Colocación de un equipo DGPS



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Luego se ubicó la estación total en el punto de control desde lo cual se hizo las lecturas en los Bms obteniendo la data para luego ser procesado.

Figura 25

Comienzo en el levantamiento topográfico utilizando la Estación Total



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

3.1.2. Levantamiento topográfico con Dron DJI Mavic 3 Enterprise.

El levantamiento topográfico con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise se llevó a cabo con el objetivo de presentar el estado actual del Estadio Rosas Pampa en Huaraz y compararlo con el método tradicional realizado con la Estación Total South N4. Como resultado de este proceso, se obtuvo el plano anexado: el **plano ortofoto (Anexo N°05, Figura 34)**, diseñado en agosto de 2023. Para realizar el trabajo, se preparó un plan de vuelo que se cargó previamente en el software del dron.

Luego, se seleccionó este plan de vuelo para iniciar el levantamiento.

Figura 26

Montaje del equipo y elección del plan de vuelo.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

El dron lleva a cabo automáticamente el recorrido previamente cargado, capturando fotografías en cada etapa para su posterior procesamiento con el software Pixy4D

Figura 27

Comienzo del levantamiento topografico con el Dron DJI



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

3.1.3. Evaluación y comparación de resultados para establecer la precisión de ambos métodos.

Para determinar la precisión entre el levantamiento topográfico realizado con Estación Total South N4 y Dron DJI Mavic 3 Enterprise, se empleó las coordenadas obtenidas por el equipo GNSS (GPS Diferencial) como base, debido al alto grado de precisión que brinda, y se procedió a comparar los puntos representativos obtenidos con cada uno de los equipos.

Tabla 8

Punto GNSS.

GEODESIA				
CUADRO DE DGPS				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	8945955.9367	221810.7613	3053.9873	BM-01
P2	8945954.7360	221879.1090	3053.9621	BM-02
P3	8945853.4670	221877.9037	3053.8209	BM-03
P4	8945854.7250	221808.3836	3053.9490	BM-04

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Esta tabla presenta los puntos recolectados por el equipo DGPS, que se utilizaron como referencia para comparar los dos levantamientos topográficos.

Tabla 9

Puntaje obtenido con la Estación Total.

TOPOGRAFIA TRADICIONAL - ESTACION TOTAL				
CUADRO ESTACION TOTAL				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	8945955.9367	221810.7613	3053.9873	bm-01
P2	8945954.7268	221879.0383	3053.9881	bm-02
P3	8945852.8897	221877.7157	3053.8289	bm-03
P4	8945853.7802	221808.0147	3053.9290	bm-04

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Tabla 10

Puntaje obtenido con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.

FOTOGRAMETRIA				
CUADRO FOTOGRAMETRIA				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	8945955.9162	221810.7261	3053.7790	PD-01
P2	8945954.6998	221879.0124	3053.8830	PD-02
P3	8945852.8531	221877.7076	3053.8370	PD-03
P4	8945853.7506	221807.9967	3053.9210	PD-04

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Esta tabla presenta los puntos utilizados para el análisis y comparación.

Tabla 11

Comparativa (topografía - geodesia)

TABLA DE COMPARACION (GEODESIA - TOPOGRAFIA)				
CUADRO COMPARACION				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	0.0000	0.0000	0.0000	BM-01/bm-01
P2	0.0092	0.0707	-0.0260	BM-02/bm-02
P3	0.5773	0.1880	-0.0080	BM-03/bm-03
P4	0.9448	0.3689	0.0200	BM-04/bm-04

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Esta tabla muestra las diferencias entre los puntos recolectados con los equipos DGPS y la Estación Total South N4.

Tabla 12

Comparativa (fotogrametría - geodesia)

TABLA DE COMPARACION (GEODESIA - FOTOMETRIA)				
CUADRO COMPARACION				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	0.0205	0.0352	0.2083	BM-01/PD-01
P2	0.0362	0.0966	0.0791	BM-02/PD-02
P3	0.6139	0.1961	-0.0161	BM-03/PD-03

P4	0.9744	0.3869	0.0280	BM-04/PD-04
----	--------	--------	--------	-------------

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla ilustra las diferencias entre los puntos obtenidos con el DGPS y el Dron DJI Mavic 3.

Tabla 13

Comparativa (Fotogrametria - Top. Tradicional)

TABLA DE COMPARACION (TOP. TRADICIONAL - FOTOMETRIA)				
CUADRO COMPARACION				
VERTICE	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
P1	-0.0205	-0.0352	-0.2083	bm-01/PD-01
P2	-0.0270	-0.0259	-0.1051	bm-02/PD-02
P3	-0.0366	-0.0081	0.0081	bm-03/PD-03
P4	-0.0296	-0.0180	-0.0080	bm-04/PD-04

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla destaca las diferencias entre cada punto obtenido con la Estación Total South N4 y el Dron DJI Mavic 3.

Tabla 14

Comparativa de errores.

TABLA DE COMPARACIONES DE ERRORES											
NORTE				ESTE				ELEVACION			
E.T	DRON	Error mayor/Equipo	Dron	E.T	DRON	Error mayor/Equipo	Dron	E.T	DRON	Error mayor/Equipo	Dron
0.0000	0.0205	0.0205	Dron	0.0000	0.0352	0.0352	Dron	0.0000	0.2083	0.2083	Dron
0.0092	0.0362	0.0362	Dron	0.0707	0.0966	0.0966	Dron	-0.0260	0.0791	0.0791	Dron
0.5773	0.6139	0.6139	Dron	0.1880	0.1961	0.1961	Dron	-0.0080	-0.0161	-0.0161	Dron
0.9448	0.9744	0.9744	Dron	0.3689	0.3869	0.3869	Dron	0.0200	0.0280	0.0280	Dron

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla compara los errores en las coordenadas Norte, Este y elevación entre la Estación Total South N4 y el Dron DJI Mavic 3

La Tabla 10 indica claramente que el dron presenta mayores errores en las coordenadas Norte y Este, mientras que la estación total muestra una mayor precisión. Para una evaluación más precisa entre los equipos, se analizaron las distancias derivadas de las coordenadas Norte y Este de cada punto representativo en los levantamientos topográficos, utilizando las siguientes fórmulas.

Distancias entre 2 puntos.

$$DISTANCIA A, B = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

Error Porcentual

$$\%Error Estacion Total = \left| \frac{D_{E.T} - D_{DGPS}}{D_{DGPS}} \right| \times 100$$

$$\%Error Dron = \left| \frac{D_{DRON} - D_{DGPS}}{D_{DGPS}} \right| \times 100$$

Tabla 15

Distancias obtenidas GPS Diferencial.

DISTANCIAS OBTENIDAS CON GPS DIFERENCIAL					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	68.2887	90°30'35"	221810.7613	8945955.9367
P2	P2 - P3	101.8417	90°17'11"	221879.1090	8945954.7360
P3	P3 - P4	69.7078	89°59'47"	221877.9037	8945853.4670
P4	P4 - P1	102.1922	89°12'26"	221808.3836	8945854.7250

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla presenta las distancias derivadas de las coordenadas Norte y Este de los puntos obtenidos con el GPS Diferencial.

Tabla 16*Distancia Obtenida con soporte del Estación Total.*

DISTANCIAS OBTENIDAS CON ESTACION TOTAL					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	68.2877	90°31'30"	221810.7613	8945955.9367
P2	P2 - P3	101.8457	90°16'16"	221879.0383	8945954.7268
P3	P3 - P4	69.7068	90°0'44"	221877.7157	8945852.8897
P4	P4 - P1	102.1934	89°11'31"	221808.0147	8945853.7802

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Esta tabla muestra las distancias derivadas de las coordenadas Norte y Este de los puntos obtenidos con la Estación Total South N4.

Tabla 17*Distancia obtenida con soporte del Dron DJI Mavic3*

DISTANCIAS OBTENIDAS CON DRON					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	68.2970	90°30'35"	221810.7261	8945955.9162
P2	P2 - P3	101.8550	90°17'11"	221879.0124	8945954.6998
P3	P3 - P4	69.7166	89°59'47"	221877.7076	8945852.8531
P4	P4 - P1	102.2020	89°12'26"	221807.9967	8945853.7506

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla indica las distancias derivadas de las coordenadas Norte y Este de los puntos obtenidos con el Dron DJI Mavic 3.

Tabla 18*Error porcentual con la Estación Total.*

COMPARACION GEODESIA - ESTACION TOTAL	
BM-01-BM-02/bm-01-bm-02	0.0015%
BM-02-BM-03/bm-02-bm-03	0.0039%
BM-03-BM-04/bm-03-bm-04	0.0014%
BM-04-BM-01/bm-04-bm-01	0.0012%
PROMEDIO	0.0020%

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla exhibe los errores porcentuales entre las distancias del GPS Diferencial y la Estación Total South N4.

Tabla 19

Error porcentual compilados con soporte del Dron DJI Mavic3

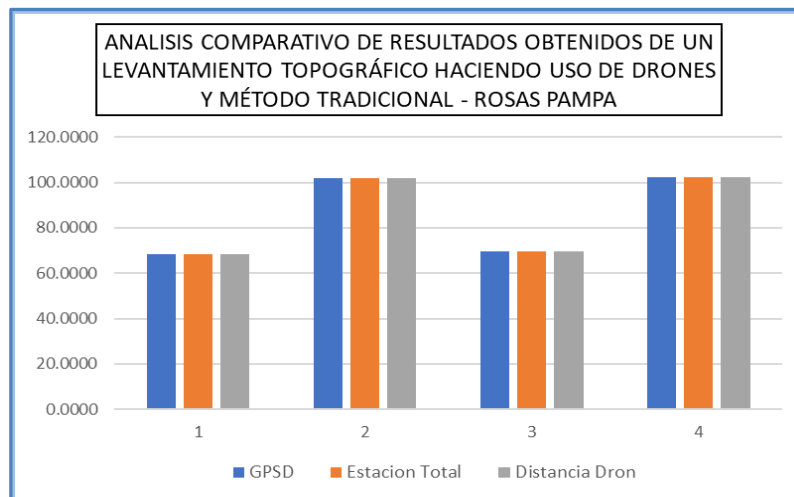
COMPARACION GEODESIA - DRON	
BM-01-BM-02/PD-01-PD-02	0.0122%
BM-02-BM-03/PD-02-PD-03	0.0131%
BM-03-BM-04/PD-03-PD-04	0.0126%
BM-04-BM-01/PD-04-PD-01	0.0096%
PROMEDIO	0.0119%

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla presenta el error porcentual entre las distancias del GPS Diferencial y el Dron DJI Mavic 3.

Figura 28

Gráfico comparativo de distancias.

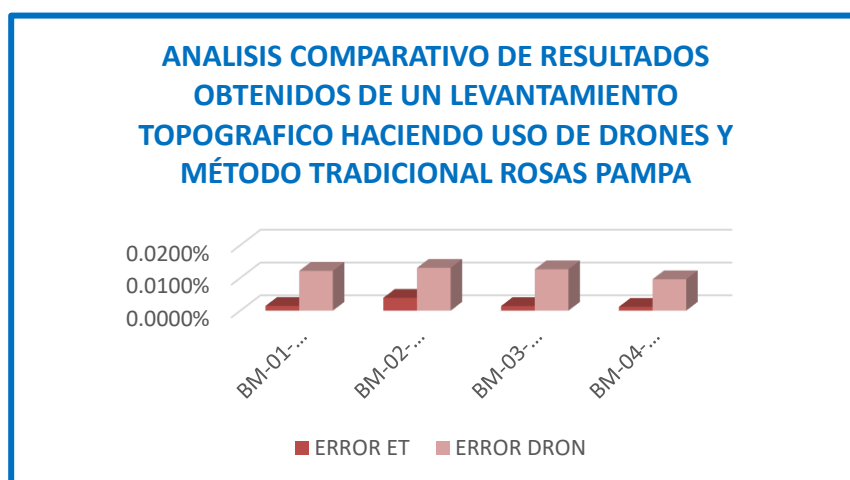


Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La gráfica ilustra una comparación de cada distancia entre los diversos equipos topográficos.

Figura 29

Comparativo de errores porcentuales.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Las figuras 28 y 29 demuestran que el levantamiento topográfico con la Estación Total South N4 es más preciso en comparación con el levantamiento desarrollado con soporte del Dron DJI Mavic 3.

Respondiendo al O2:

Para alcanzar el fin de la investigación, que fue identificar la metodología más económica, se elaboró un presupuesto simple para ambos levantamientos topográficos, con la Estación Total South N4 y el Dron DJI Mavic 3 Enterprise, considerando todos los gastos desde las actividades preliminares hasta la producción de los planos.

Tabla 20

Costo para el levantamiento topográfico con la Estación Total.

COSTO LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
1	Alquiler De Estacion Total	Glb	1	1250.00	1250.00
2	Topógrafo Honorarios	Glb	1	400.00	400.00
3	Servicio de Seguridad	Glb	1	120.00	120.00

4	Movilidad	Glb	1	30.00	30.00
5	Alimentación	Glb	1	20.00	20.00
6	Trabajo de Gabinete	Glb	1	150.00	150.00
7	Ploteo de Planos	Glb	1	60.00	60.00
COSTO TOTAL				S/. 2030.00	

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla especifica los presupuestos para el levantamiento realizado con la Estación Total South N4.

Tabla 21

Costos para el levantamiento topográfico mediante el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.

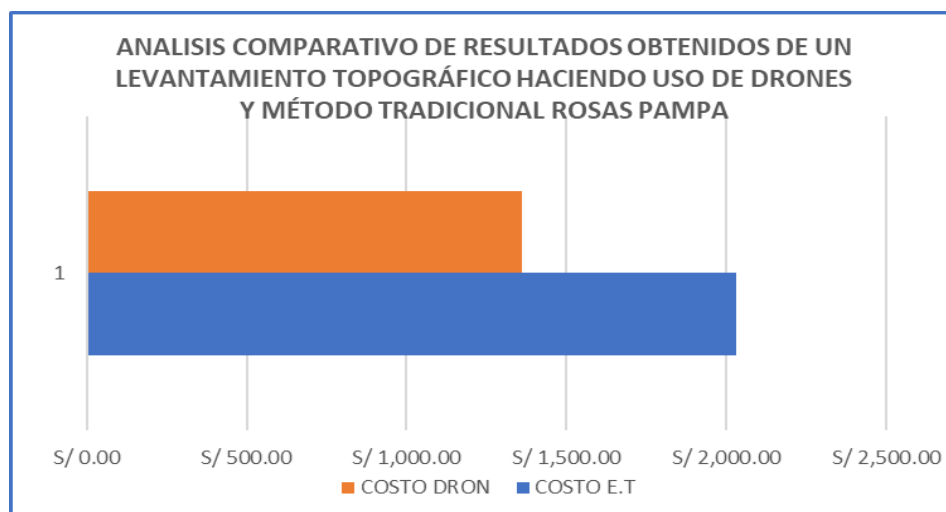
COSTO LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRON					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
1	Alquiler De Dron	Glb	1	700.00	700.00
2	Topógrafo Honorarios	Glb	1	200.00	200.00
3	Servicio de Seguridad	Glb	1	120.00	120.00
4	Movilidad	Glb	2	15.00	30.00
5	Alimentacion	Glb	5	20.00	100.00
6	Trabajo de Gabinete	Glb	1	150.00	150.00
7	Ploteo de Planos	Glb	1	60.00	60.00
COSTO TOTAL				S/. 1360.00	

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Esta tabla detalla los presupuestos para el levantamiento realizado con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.

Figura 30

Comparativo de costos.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

El gráfico ostenta una comparativa de los costos entre la Estación Total South N4 y el Dron DJI Mavic 3.

La figura 13 indica que el levantamiento topográfico con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise resulta ser la metodología más económica en comparación con la Estación Total South N4, con una diferencia de 670.00 nuevos soles.

3.3. Respondiendo al O3.

Para evaluar el tiempo de los levantamientos topográficos con la Estación Total South N4 y el Dron DJI Mavic 3 Enterprise, se utilizó la ficha de recolección de datos (Tiempo), que detalla todas las fases, desde las actividades preliminares como el reconocimiento del área de estudio, movilización y desmovilización del personal, equipos y herramientas, hasta la entrega de los productos finales, que son la producción de planos.

Tabla 22*Actividades para el levantamiento mediante la Estacion Total.*

DESCRIPCION	N° DE HORAS
Reconocimiento del área de estudio y planificación de trabajo de forma remota (Google Earth)	3
Movilización de personas y equipos	1
Reconocimiento del área de estudio (Presencial)	1
Toma de Puntos con DGPS	2
Levantamiento Topográfico	8
Desmovilización de equipos y personal	1
Trabajo en gabinete y procesamiento de datos	3
Elaboración y ploteo de planos	5
TOTAL, DE HORAS	24

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

La tabla detalla cada actividad desarrollada con su tiempo utilizado en cada una.

Tabla 23*Actividad para el levantamiento mediante el Dron DJI Mavic 3*

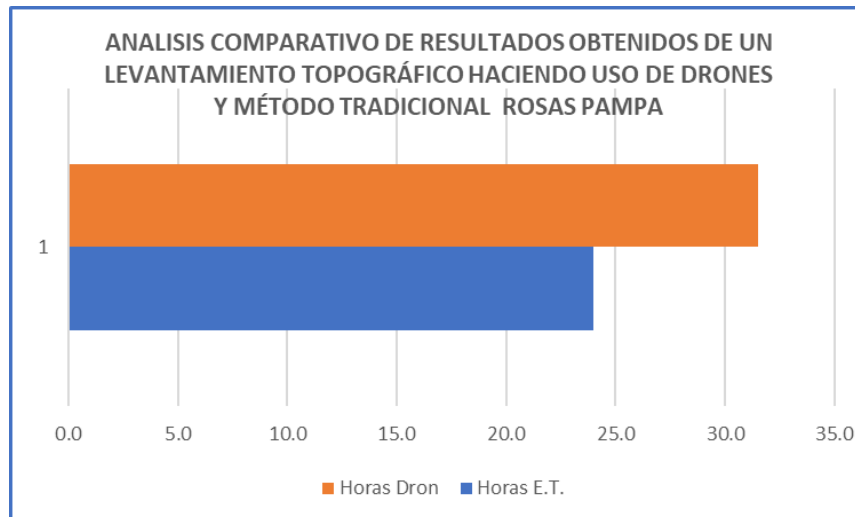
DESCRIPCION	N° DE HORAS
Reconocimiento del área de estudio y planificación de trabajo de forma remota (Google Earth)	3
Movilización de personas y equipos	1
Reconocimiento del área de estudio (Presencial)	1
Toma de Puntos con DGPS	2
Levantamiento Topográfico	0.5
Desmovilización de equipos y personal	1
Trabajo en gabinete y procesamiento de datos	20
Elaboración y ploteo de planos	3

TOTAL DE HORAS	31.5
-----------------------	-------------

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Figura 31

Grafica comparativo con el tiempo.



Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Nota. La figura exhibe una comparativa del tiempo entre la Estación Total South N4 y el Dron DJI Mavic 3. La figura 14 revela que el levantamiento con la Estación Total South N4 es más eficiente en términos de tiempo en comparación con el levantamiento realizado con el Dron DJI Mavic 3 Enterprise, con la diferencial de 7.5 horas.

3.4. Según el objetivo general de identificar las diferencias entre el levantamiento topográfico tradicional y el realizado con RPAS en el Estadio Rosas Pampa de Huaraz en 2023, se han encontrado variaciones en el costo de trabajo, la precisión de los métodos y el tiempo requerido. A continuación, se detallará específicamente la diferencia en el costo de trabajo.

Costo de trabajo

Tabla 24

Costo de trabajo en ambos tipos de levantamiento.

<i>Costo levantamiento con estación</i>		<i>Costo levantamiento con dron</i>	
<i>Concepto</i>	<i>Costo</i>	<i>Concepto</i>	<i>Costo</i>
<i>Alquiler</i>	1,250.00	<i>Alquiler</i>	700.00
<i>Topógrafo</i>	400.00	<i>Topógrafo</i>	200.00
<i>Seguridad</i>	120.00	<i>Seguridad</i>	120.00
<i>Movilidad</i>	30.00	<i>Movilidad</i>	30.00
<i>Alimentación</i>	20.00	<i>Alimentación</i>	100.00
<i>Trabajo de gabinete</i>	150.00	<i>Trabajo de gabinete</i>	150.00
<i>Ploteo de planos</i>	60.00	<i>Ploteo de planos</i>	60.00
<i>TOTAL</i>	2,030.00	<i>TOTAL</i>	1,360.00

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Interpretación. La tabla comparativa muestra los levantamientos topográficos con dron que resultan de mayor aprovechamiento de recursos que lo ejecutado con la estación global, con un costo total igual que S/. 1,360.00 frente a S/. 2,030.00, lo que representa una diferencia de S/. 670.00. Aunque el alquiler y el pago al topógrafo son menores para el dron, los costos de alimentación son significativamente más altos, posiblemente debido a las necesidades operativas específicas. Los costos de seguridad, movilidad, trabajo de gabinete y ploteo de planos son similares en ambos métodos, lo que subraya que la principal ventaja económica del dron radica en su menor costo de alquiler y pago al topógrafo.

Tiempo de trabajo

Tabla 25

Tiempo de trabajo en ambos tipos de levantamiento.

<i>Concepto</i>	<i>Tiempo levantamiento con estación</i>	<i>Tiempo levantamiento con dron</i>
<i>Inspección del área de investigación y planeación</i>	3	3
<i>Movilización de personas y equipos</i>	1	1
<i>Inspección física del área</i>	1	1
<i>Captura de puntos con DGPS</i>	2	2
<i>Realización del levantamiento topográfico</i>	8	0.5
<i>Desmontaje de equipos y personal</i>	1	1
<i>Actividad de oficina y procesamiento de la información</i>	3	20
<i>Creación y diseño de planos</i>	5	3
GENERAL	24	31.5

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Interpretación. La tabla muestra que el levantamiento topográfico con estaciones totales toma menor tiempo en comparación con el realizado con dron (31.5 horas). Aunque el dron reduce significativamente el tiempo de campo (0.5 horas frente a 8 horas), el procesamiento de datos en gabinete es mucho más largo (20 horas con dron en comparación con 3 horas con estación total), lo que incrementa el tiempo total requerido para la metodología con dron, a pesar de la mayor rapidez en el levantamiento topográfico en sí.

Precisión de trabajo

En cuanto a la precisión del trabajo, considerando los errores en los puntos cardinales, comparando ambos tipos.

Tabla 26

Precisión de trabajo en ambos tipos de levantamiento.

<i>E.T.</i>	<i>NORTE</i>		<i>E.T.</i>	<i>ESTE</i>		<i>E.T.</i>	<i>ELEVACIÓN</i>	
	<i>Dron</i>	<i>Tipo</i>		<i>Dron</i>	<i>Tipo</i>		<i>Dron</i>	<i>Tipo</i>
<i>0.0000</i>	0.0205	<i>Dron</i>	0.0000	0.0352	<i>Dron</i>	0.0000	0.2083	<i>Dron</i>
<i>0.0092</i>	0.0362	<i>Dron</i>	0.0707	0.0966	<i>Dron</i>	-0.0260	0.0791	<i>Dron</i>
<i>0.5773</i>	0.6139	<i>Dron</i>	0.1880	0.1961	<i>Dron</i>	-0.0080	-0.0161	<i>Dron</i>
<i>0.9448</i>	0.9744	<i>Dron</i>	0.3869	0.3869	<i>Dron</i>	0.0200	0.0280	<i>Dron</i>

Fuente. Tomado por el tesista, 2023.

Interpretación. La tabla de precisión de trabajo muestra que, en general, la estación total (E.T.) ofrece una mayor precisión en cada punto cardinal Este, Norte con elevación en comparación con el dron. En los errores correspondientes a la coordenada Norte, la estación total presenta valores consistentemente menores que el dron, indicando una mayor exactitud. Lo mismo se observa en la coordenada Este, donde la estación total muestra menores errores en casi todos los casos. En cuanto a la Elevación, la estación total también supera al dron en precisión, mostrando errores menores o similares, salvo en un caso donde el dron presenta un valor ligeramente mejor. Estos resultados sugieren que, aunque el dron ofrece ventajas en otras áreas, la estación total sigue siendo superior en términos de precisión para la mayoría de las coordenadas medidas.

DISCUSIÓN

En la investigación, se compararon el levantamiento topográfico tradicional realizado con la Estación Total South N4 y el levantamiento topográfico mediante el método fotogramétrico utilizando el Dron DJI Mavic 3 Enterprise.

Según el fin general de analizar de forma comparativa cada resultado obtenido en el levantamiento topográfico utilizando el dron, así como el método habitual en Huaraz 2023, los resultados revelan diferencias significativas en términos de costo, tiempo y precisión entre ambos métodos. Respecto al coste, el levantamiento mediante la estación total resultó ser más caro, con un total de S/. 2,030.00, en comparación con los S/. 1,360.00 que costó el levantamiento con dron, lo que representa una economía del 33% a favor del dron. En relación con el tiempo, el levantamiento mediante estación total dispuso de 24 horas, pero su proceso completo por medio del dron se extendió a 31.5 horas, principalmente debido al mayor tiempo necesario a fin de procesar la data en los gabinetes. Pese a que los costos son inferiores y aparentemente más eficiente en campo, el dron fue menos preciso, presentando mayores errores en la coordenada Norte y Este en comparación con la estación total. Estos hallazgos sugieren que, aunque el uso de drones puede ser más económico y rápido en ciertas etapas, la precisión obtenida con la estación total es superior. Sin embargo, en contraste con estos resultados, un estudio realizado por Santana et al. (2020) concluyó que el uso de drones no solo fue más rápido y económico, sino que también alcanzó una precisión comparable a la de los métodos tradicionales. En dicho estudio, los errores de precisión entre los métodos de levantamiento con estación total y drones fueron mínimos, lo que llevó a los autores a sugerir que la tecnología de drones puede igualar o incluso superar la precisión de los métodos tradicionales en ciertas condiciones. No obstante, el hallazgo obtenido específica en el contexto del estadio Rosas Pampa de Huaraz que la

estación total sigue siendo superior en términos de precisión, lo que sugiere que la efectividad de los drones puede depender de factores específicos del terreno y las condiciones del proyecto. Estos resultados se fundamentan en lo mencionado por Tacca (2016), quien destaca que la topografía forma parte de la ciencia que establece posiciones de detalle específico sobre la superficie terrenal, a través de mediciones en los ángulos, distancias, así como elevaciones, lo que brinda facilidades en la elaboración de cada plano detallados para futuros proyectos. En resumen, aunque la tecnología de drones ofrece ventajas significativas en costo y rapidez, la precisión sigue siendo un desafío en contextos específicos como el del estadio Rosas Pampa de Huaraz. Esto subraya la importancia de evaluar cuidadosamente las condiciones del terreno y las exigencias del proyecto antes de decidir la metodología a emplear. La elección entre métodos debe equilibrar factores como la precisión, el tiempo y los costos, reconociendo que la tecnología tradicional aún tiene un lugar importante en situaciones donde la exactitud es esencial.

Según el objetivo específico 1, que buscó evaluar la medición, así como precisión lograda mediante fotografías tomadas con drones en comparación con la metodología tradicional, el análisis de precisión reveló que la estación total proporciona mediciones más exactas que el dron, especialmente en las coordenadas Norte y Este. Por ejemplo, en la coordenada Norte, el error máximo registrado con la estación total fue de 0.9448, mientras que con el dron fue de 0.9744. De manera similar, en la coordenada Este, los errores fueron menores con la estación total, mostrando el error máximo idéntico igual que .3869 para ambos, pero con un promedio general más favorable para la estación total. Además, los errores porcentuales fueron significativamente menores para la estación total (0.0020%) en comparación con el dron (0.0119%). Estos resultados confirman que la estación total sigue siendo el método preferido cuando la precisión es el factor más crítico en un levantamiento topográfico. Sin embargo, estudios como el de Rivas y Vilca (2020) han encontrado que las

diferencias de precisión entre el dron y la estación total eran mínimas, con ambos métodos ofreciendo resultados suficientemente precisos para la mayoría de los proyectos de ingeniería. En su investigación, los drones lograron una precisión cercana a la de las estaciones totales, con la ventaja adicional de poder acceder a áreas difíciles de medir mediante métodos tradicionales. Esta divergencia en los resultados sugiere que, aunque la estación total sigue siendo superior en precisión en ciertos contextos, los avances en tecnología de drones podrían cerrar esta brecha en proyectos futuros. Estos hallazgos se fundamentan en la teoría de Pedraza (2019), quien señala que el levantamiento topográfico consiste en un conglomerado de cada operación en el trabajo destinado a la adopción de información que luego se representan en planos topográficos con cada curva de nivel, así como detalle de puntos en la superficie del espacio. En resumen, este análisis subraya que, aunque la tecnología de drones ha avanzado considerablemente, la estación total sigue siendo el método preferido en situaciones donde la precisión es crítica. La comparación realizada muestra que, si bien las diferencias en precisión pueden ser mínimas en algunos estudios, en el contexto específico de este proyecto, la estación total ofrece una ventaja clara. Esto resalta la importancia de considerar no solo las capacidades tecnológicas, sino también las exigencias específicas del terreno y el proyecto. La evolución de los drones promete cerrar esta brecha en el futuro, pero por ahora, la fiabilidad de la estación total sigue siendo difícil de superar en escenarios que demandan alta precisión.

Respecto al segundo objetivo específico, que buscó establecer la metodología más económica utilizando drones y el método tradicional, se encontró que, en términos económicos, el levantamiento topográfico realizado con dron fue de mayor rentabilidad que la de estación total. El costo total del levantamiento con dron fue de S/. 1,360.00, mientras que el uso de la estación total ascendió a S/. 2,030.00. Este ahorro de S/. 670.00, equivalente a un 33% del costo total, se debe principalmente al menor

costo de alquiler del equipo (S/. 700.00 para el dron frente a S/. 1,250.00 para la estación total) y al pago reducido al topógrafo (S/. 200.00 con dron en comparación con S/. 400.00 con estación total). Estos datos sugieren que, para proyectos donde el costo es un factor determinante, el uso de drones podría ser la mejor opción. No obstante, Pedraza (2019) encontró que, en ciertos escenarios, el uso de drones puede incrementar los costos debido a la necesidad de equipos más avanzados y personal especializado para el procesamiento de datos, lo que en algunos casos contrarresta los ahorros iniciales en el alquiler del equipo. Este contraste resalta que, aunque los drones pueden ofrecer una alternativa más económica en ciertos contextos, es esencial considerar todos los factores asociados al proyecto, incluyendo la complejidad del terreno y los requerimientos de post procesamiento, para tomar la decisión más rentable. Los resultados obtenidos, por lo tanto, se fundamentan en lo señalado por Pérez et al. (2021), quienes mencionan que el levantamiento topográfico con RPAS ofrece un gran potencial a los profesionales y topógrafos, permitiendo realizar el levantamiento topográfico con la misma calidad que el método tradicional, pero en una fracción del tiempo; esto disminuye notablemente los costos de topografía y la cantidad de trabajo en el terreno. Este análisis subraya la ventaja económica que los drones pueden ofrecer en levantamientos topográficos, especialmente en proyectos donde la reducción de costos es prioritaria. Sin embargo, también plantea una consideración crítica: los ahorros iniciales pueden verse afectados por la necesidad de tecnología avanzada y personal especializado para procesar los datos. Esto resalta la importancia de un enfoque integral al evaluar la rentabilidad, donde no solo se considere el costo del equipo, sino también los costos asociados al post procesamiento y las características específicas del terreno. En resumen, aunque los drones presentan una opción atractiva desde una perspectiva económica, las decisiones finales deben basarse en el análisis absoluto de cada factor involucrado en la actividad.

Con relación al objetivo específico 3, que buscó reconocer el método que necesita tiempo menor de ejecución, se observó que el levantamiento con dron mostró ventajas significativas en la fase de trabajo en campo, ya que solo requirió 0.5 horas, en comparación con las 8 horas que tomó la estación total. No obstante, esta ventaja se ve contrarrestada por el tiempo adicional necesario para procesar la información recolectada con el dron, que fue igual que 20 horas, en contraste con las 3 horas necesarias para el procesamiento de la data de la estación total. Por resultado, el tiempo total requerido para completar el levantamiento con dron fue de 31.5 horas, frente a las 24 horas requeridas para el método tradicional con estación total. Esto demuestra que, aunque el dron puede acelerar significativamente la recolección de datos, el tiempo total del proyecto puede aumentar debido a las exigencias de procesamiento en gabinete. Sin embargo, Martínez y García (2021) encontraron en su estudio que el uso de drones no solo redujo el tiempo de trabajo en campo, sino también el tiempo total del proyecto al implementar flujos de trabajo optimizados y software avanzado de procesamiento de datos que permitió una integración más rápida de los resultados. Este contraste sugiere que la eficiencia del dron en términos de tiempo total podría mejorar con el uso de tecnologías más avanzadas y un enfoque más integrado en el procesamiento de datos, resaltando la significancia de tener en cuenta la tecnología disponible y los procesos de trabajo en cada proyecto. Así mismo, estos resultados se sustentan en lo mencionado por Castañeda (2020), quien señala que, con tecnologías más recientes, como los drones RPAS, se pueden realizar levantamientos con menos puntos de fotocontrol que en levantamientos convencionales, y estos puntos son para la validación, ya que las correcciones se realizan en tiempo real. Este análisis revela una perspectiva crucial sobre el uso de drones en levantamientos topográficos: aunque los drones ofrecen una notable ventaja en la compilación de la data de campo, tal ventaja puede verse compensada por el tiempo adicional necesario para el procesamiento de esos datos. Esto subraya la necesidad de optimizar no solo la fase de captura, sino también el flujo de trabajo

posterior, lo que sugiere que la implementación de tecnologías más avanzadas y un enfoque más integrado podría reducir significativamente el tiempo total del proyecto. En conclusión, la elección de la metodología debe considerar tanto la rapidez en campo como la eficiencia en gabinete, especialmente en proyectos donde el tiempo es un factor crítico.

CONCLUSIONES

Referente con el objetivo general se concluye que, aunque el uso de drones ofrece ventajas en términos de costos y rapidez en la recolección de datos, la estación total sigue siendo superior en cuanto a precisión, especialmente en contextos que requieren alta exactitud en las mediciones. Esto subraya la importancia de seleccionar la metodología adecuada basada en las necesidades específicas del proyecto, equilibrando precisión, tiempo y costos.

Según el primer objetivo específico, la precisión de cada levantamiento topográfico resultó muy parecida, con diferencias mínimas en milímetros al analizar las distancias entre puntos. No obstante, el análisis del error porcentual revela que la metodología tradicional es la más precisa, con un error porcentual promedio de 0.0020 %, en comparación con el 0.0119 % de la metodología con dron. En conclusión, la metodología tradicional demuestra ser la más exacta.

En detalle al segundo objetivo específico, cada análisis económico reveló que el coste global para el método tradicional resultó 2,030 soles con diferencia en el método con empleo del dron que resultó 1,360 soles, siendo la diferencial de 670 soles en costes globales, de esa manera se concluyó que el método utilizado con drones genera mayor rentabilidad respecto al coste.

Con relación al objetivo específico 3, si bien el dron mostró una ventaja significativa para la compilación de la data de campo, esta fue contrarrestada por el tiempo adicional necesario para el procesamiento de los datos. Por lo tanto, aunque los drones pueden acelerar algunas etapas del proyecto, la metodología debe ser seleccionada considerando tanto la rapidez en campo como la eficiencia en gabinete, especialmente en proyectos donde el tiempo es un factor determinante.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los ingenieros topógrafos y responsables de proyectos en Huaraz que realicen un análisis previo detallado de las necesidades del proyecto antes de seleccionar la metodología de levantamiento topográfico. En situaciones donde la precisión es esencial, debería priorizarse el uso de la estación total, a pesar de los posibles costos adicionales, para propiciar que cada decisión basada en la data sea la más adecuada para el desarrollo del proyecto.

Para los técnicos y operadores de drones, se sugiere invertir en capacitación continua y en la mejora de los equipos RPAS. Esto permitirá reducir la brecha de precisión con la estación total, haciendo que los levantamientos realizados con drones sean más competitivos en proyectos que requieren alta exactitud.

A los responsables de presupuesto en proyectos topográficos se les aconseja considerar el uso de drones como una alternativa rentable en escenarios donde el costo es un factor clave. Sin embargo, deben tener en cuenta los posibles costos adicionales asociados al procesamiento de datos y la necesidad de personal especializado, lo que permitirá una planificación financiera más precisa.

Finalmente, se recomienda a los gerentes de proyectos y planificadores de tiempos optimizar los flujos de trabajo y los procesos de post procesamiento cuando se utilicen drones. Esto ayudará a que la ventaja en la rápida recolección de datos en campo no se vea comprometida por tiempos prolongados en gabinete, garantizando así el cumplimiento de los plazos sin afectar la calidad de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baque, J., Cuadrado, L., & Palacios, B. (2022). Análisis comparativo topográfico sobre levantamientos altimétricos con RTK. *Revista Polo del Conocimiento*, 7(12), 586-602. doi:10.23857/pc.v7i8
- Barbosa, A., Orozco, C., & Molar, J. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. Patria Educación. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_M%C3%A9todo/e5otEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- Bejarano, J., & Palomino, J. (2022). *Análisis comparativo del levantamiento fotogramétrico y estación total en el diseño geométrico de la carretera de avitamiento progresiva 0+837.26 KM-Otuzco, La Libertad, Perú 2021*. Trujillo: [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/9003/1/REP_JOS%C3%89.BEJARANO_JUAN.PALOMINO_LEVANTAMIENTO.FOTOGRAF%C3%89TRICO.pdf
- Bonel, M. (2023). *Levantamiento topográfico*. Obtenido de <https://www.certicalia.com/levantamiento-topografico>
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Carrillo, J. (2021). El dron método de levantamiento topográfico más eficaz para el municipio de Villanueva departamento del Casanare Colombia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/40316/CarrilloRamirezJohnErney2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castañeda, B. (2020). *Levantamiento fotogramétrico con RPAS en el distrito de asia*. Obtenido de <https://mastergis.com/proyecto/levantamiento-fotogrametrico-con-rpas-en-el-distrito-de-asia#:~:text=El%20levantamiento%20fotogram%C3%A9trico%20con%20RPAS,que%20con%20levantamiento%20topogr%C3%A1fico%20convencional.>
- Charles, P. (2016). *Topografía*. Alfaomega Grupo Editor. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=g7F1EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=+topografia&ots=jRCM-Nc8h5&sig=ORT8-fflbmiAU9mloX21UPI1Qjg#v=onepage&q&f=false>
- Cortés Ospina, E. (2021). Levantamiento topográfico mediante el uso de drones. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(2), 111-124. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/mvasquezcoronado,+2-Cortes-ARTICULO+DE+LEVANTAMIENTOS+TOPOGRAFICOS+MEDIANTE+EL+USO+DE+DRONES.pdf>
- Cortéz, E. (2021). Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. *Revista ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(2), 111-124. Obtenido de

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/mvasquezcoronado,+2-Cortes-ARTICULO+DE+LEVANTAMIENTOS+TOPOGRAFICOS+MEDIANTE+EL+USO+DE+DRONES.pdf

- Gallardo, I. (2020). *Topografía: qué es y para qué la usamos*. Obtenido de <https://www.utw.es/topografia-la-usamos/>
- García, O. (26 de febrero de 2021). *¿Levantamiento topográfico tradicional o trabajar con nuevas tecnologías?* Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/levantamiento-topogr%C3%A1fico-tradicional-o-trabajar-con-elias-garc%C3%ADa-/?originalSubdomain=es>
- García, U., & Polo, O. (2020). *Análisis comparativo de los levantamientos topográficos utilizando drone phantom 4 y estación total topcon es-105 en el río Moche, Trujillo 2019*. Trujillo: [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17447>
- GEO SYSTEMS. (2016). *Levantamiento Topográfico Aéreo TRIMBLE UX5*. Obtenido de <https://docplayer.es/40775796-Levantamiento-topografico-aereo-trimble-ux5.html>
- Geoespacial RMS. (30 de julio de 2021). *Levantamiento topográfico: ¿qué es y cómo hacerlo?* Obtenido de <https://rmsgeoespacial.com/levantamiento-topografico-que-es-y-como-hacerlo/>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- Ibáñez, I., Andrade, A., Loiza, C., Barreto, R., Paternina, J., & Buitrago, H. (2019). *Generalidades, características e implementación de tecnologías de aeronaves remotamente tripuladas para levantamiento topográfico*.
- Icochea, S. (22 de noviembre de 2018). *Ocho herramientas que utiliza un topógrafo*. Obtenido de <https://igc.com.pe/ocho-herramientas-que-utiliza-un-topografo/>
- Imasgal. (2023). *Topografía con RPAS*. Obtenido de <https://imasgal.com/topografia-clasica-vs-topografia-rpas/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2022). *¿En qué consiste un levantamiento topográfico?* Obtenido de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico#:~:text=El%20levantamiento%20topogr%C3%A1fico%20es%20un,%20plano%20que%20refleja%20a>
- Jimenez, N., Magaña, A., & Soriano, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos*. El Salvador: [Tesis de pregrado, Universidad De El Salvador]. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20t>

tal%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20Drones%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf

- Mamami, H. (2020). Traditional topographic lifting and aerophotography from untriplated air vehicles (UAV-Drones), comparison of horizontal and vertical coordinates. *Scielo*, 16(22), 1-34. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322020000100002&lng=pt&nrm=iso
- Matsimbe, J., Mdolo, S., Kapachika, Charles, Musonda, I., & Dinka, M. (2022). Utilización comparativa de la tecnología de drones versus métodos tradicionales en el cálculo volumétrico de existencias a cielo abierto: un caso de la cantera de Njuli, Malawi. *Artículo de Investigación Original*, 8. doi:<https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1037487>
- Medrano, G., & Zuñigam, C. (2022). *Levantamiento topográfico con estación total para la calibración de productos obtenidos con vuelo de dron, caso saneamiento básico Centro Poblado Canizal Chico, La Unión, Piura*. Lima: [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6121/T030_44296323_T%20GRED%20MILKO%20MEDRANO%20SULLCA.pdf?sequence=1&isAllo wed=y
- Ministerio de Educación. (2020). *Contenidos técnicos mínimos para estudios topográficos*. Programa Nacional de Infraestructura Educativa. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1422279/contenidos-tecnicos-minimos-estudios-topograficos.pdf.pdf?v=1604503508>
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, J. (2019). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá.
- Ochoa, M. (2021). *Precisión en el levantamiento topográfico en el estadio Huachenca para medir el grado de confiabilidad, 2021*. Huaraz: [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/T033_72717242_T.pdf
- Orosco, J. (2022). *Análisis comparativo del levantamiento topográfico con drones respecto al método tradicional en proyectos de siembra y cosecha de agua*. Lima: [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/orosco-ambas-jonathan-terry.pdf>
- Pedraza Santos, A. (2019). *Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019*. Lima: [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36819>
- Pérez, J., López, G., Velázquez, N., & López, I. (2021). Evaluación de un prototipo de RPAS para el levantamiento topográfico con imágenes RGB. *Ingeniería Agrícola*,

- 11(2), 25-32. Obtenido de
<https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1361>
- Pérez, M. (2022 de octubre de 2021). *Levantamiento topográfico: características*. Obtenido de <https://www.arqydom.cl/levantamiento-topografico-caracteristicas/>
- Ramos, G. C. (2020). Los Alcances de una Investigación. *CienciAmérica*, 9(3). doi:<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Real Academia Española. (2023). *topografía*. Obtenido de <https://dle.rae.es/topograf%C3%ADa>
- Reyes, A. (2019). *Levantamiento Topográfico de la Biblioteca y la Dirección General Administrativa del Senado*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7544/Monografia%20Alexander%20Reyes%20.pdf;jsessionid=1FD7226F767A0447BDB684B77EA8E719?sequence=1>
- Rincón, M., Vargas, W., & Gonzáles, C. (2017). *Topografía, conceptos y aplicaciones*. Ecoe Ediciones. doi:978-958-771-506-4
- Rivas, J., & Vilca, D. (2020). *Análisis comparativo del método convencional y método alternativos R.P.A.S para el levantamiento topográfico de una trocha carrozable en Jauja Junín, 2020*. Lima: [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/427081184.pdf>
- Rubio, T. (17 de diciembre de 2020). *Levantamiento topográfico*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/levantamiento-topogr%C3%A1fico-to%C3%B1i-rubio-nu%C3%B1ez/>
- Sánchez, F. F. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. doi:<https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Santana, O. d., Gómez, F. d., López, N., Saenz, J., & Espinoza, A. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14(2), 1-10. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1939/193963490001/html/>
- Ticona, N., & Turpo, V. (2021). *Análisis comparativo de levantamiento topográfico convencional y fotogramétrico de la red de distribución de agua potable en el distrito de Taraco – Huancané – Puno*. Juliaca: [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4936/Noemi_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UMILES. (19 de octubre de 2022). *RPAS, UAS y UAV: ¿Qué son y en qué se diferencian?* Obtenido de <https://umilesgroup.com/rpas-uas-uav-diferencias/>

Yomona, S. (2021). *Comparación de precisión realizaa con drone respecto al método tradicional en un relieve semi montañoso del A.H. Nuevo progreso, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2019*. Chiclayo: [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4230/1/TL_YomonaLunaSolanghe.pdf

ANEXOS

ANEXO N° 01. COORDENADAS – ESTACION TOTAL SOUTH N4

Tabla 27

Coordenadas obtenidas con la Estación Total.

N° PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
4	8945912.54	221806.994	3053.9873	PC
5	8945926.74	221806.109	3053.9881	PC
6	8945947.47	221807.404	3053.8289	PC
7	8945957.73	221809.384	3053.929	PC
10	8945959.73	221822.31	3054.0089	PC
11	8945958.02	221834.613	3053.9792	PC
12	8945959.1	221844.574	3053.9773	PC
13	8945957.29	221859.579	3053.9891	PC
14	8945958.93	221868.57	3053.9976	PC
16	8945929.61	221880.603	3053.9873	PC
18	8945905.73	221880.184	3053.9777	PC
19	8945886.59	221880.744	3053.9164	PC
20	8945865.51	221879.744	3053.9561	PC
21	8945853.33	221880.041	3053.9257	PC
22	8945851.29	221869.423	3053.8954	PC
23	8945850.31	221858.596	3053.9553	PC
25	8945851.6	221807.854	3053.9452	PC
26	8945865.72	221807.295	3053.8936	PC
27	8945886.45	221805.645	3053.9805	PC
160	8945944.47	221844.714	3053.9893	PC
268	8945938.73	221864.26	3053.8446	PC
355	8945955.17	221853.916	3053.9522	PC
362	8945939.4	221824.683	3053.9597	PC
365	8945955.46	221835.835	3053.9522	PC
366	8945949.94	221835.728	3053.9819	PC
369	8945903.86	221878.378	3053.8317	PC
371	8945904.37	221844.206	3053.8958	PC
373	8945869.84	221823.878	3053.9097	PC
374	8945853.58	221823.747	3053.9416	PC
375	8945853.39	221834.48	3054.0077	PC
376	8945858.86	221834.484	3053.9711	PC
379	8945864.08	221843.633	3054.0111	PC
380	8945858.58	221852.639	3053.9978	PC
381	8945853.16	221852.454	3054.0077	PC
384	8945869.33	221863.47	3053.944	PC

385	8945853.08	221863.24	3053.9416	PC
387	8945886.05	221867.451	3053.9297	PC
388	8945888.94	221844.069	3054.0219	PC
389	8945890.19	221818.721	3053.8886	PC
390	8945921.85	221820.802	3053.8869	PC
391	8945922.19	221844.149	3053.9554	PC
392	8945921.91	221867.996	3053.8738	PC
393	8945943.17	221873.644	3053.8711	PC
394	8945943.74	221814.493	3053.8572	PC
395	8945864.53	221814.969	3053.9021	PC
396	8945863.91	221871.57	3053.8555	PC
433	8945904.9	221809.389	3053.8676	PC

Esta tabla muestra los puntos obtenidos del levantamiento topográfico con Estación Total South N4 con sus respectivas coordenadas.

ANEXO N° 02. COORDENADAS – RPAS DRON

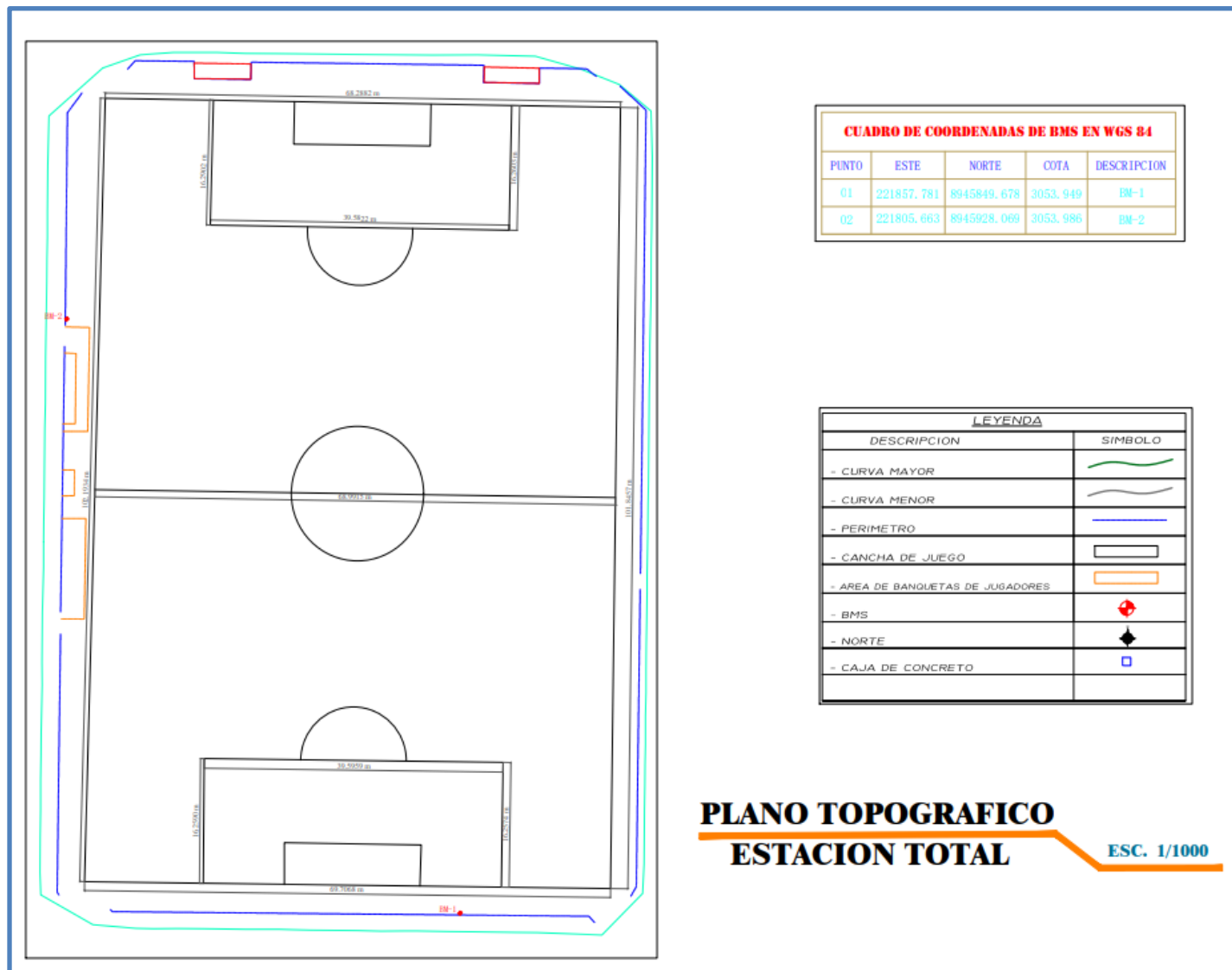
Tabla 28

Coordenadas obtenidas con RPAS.

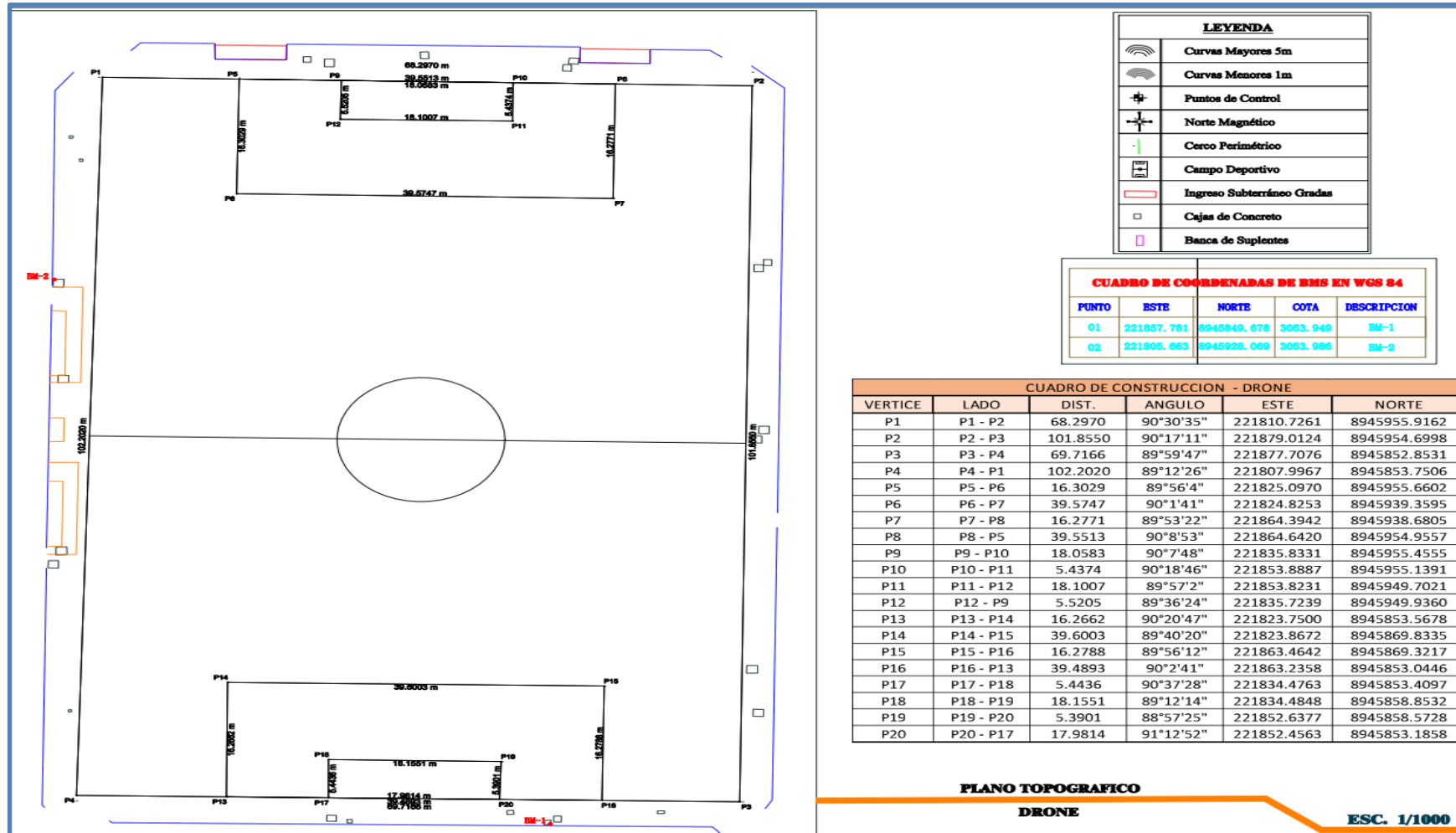
N° PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
2	8945853.33	221880.038	3053.779	PC
3	8945853.03	221863.236	3053.883	PC
4	8945851.28	221869.425	3053.837	PC
5	8945850.31	221858.598	3053.921	PC
6	8945853.16	221852.451	3053.985	PC
7	8945858.57	221852.638	3053.972	PC
10	8945858.85	221834.485	3053.971	PC
11	8945853.39	221834.476	3054.008	PC
12	8945853.51	221823.75	3053.963	PC
13	8945869.83	221823.867	3053.902	PC
14	8945864.07	221843.634	3053.97	PC
15	8945869.3	221863.465	3053.883	PC
16	8945863.91	221871.569	3053.782	PC
18	8945851.6	221807.85	3053.953	PC
19	8945865.73	221807.301	3053.898	PC
20	8945904.9	221809.363	3053.855	PC
21	8945904.36	221844.203	3053.872	PC
22	8945890.19	221818.721	3053.836	PC
23	8945888.93	221844.063	3053.939	PC
24	8945886.05	221867.453	3053.807	PC
25	8945886.58	221880.744	3053.753	PC

26	8945865.51	221879.739	3053.806	PC
27	8945903.85	221878.352	3053.668	PC
28	8945905.73	221880.189	3053.729	PC
29	8945921.9	221868.001	3053.616	PC
30	8945922.18	221844.142	3053.751	PC
31	8945921.85	221820.802	3053.71	PC
32	8945926.74	221806.104	3053.763	PC
33	8945947.47	221807.4	3053.548	PC
34	8945943.74	221814.486	3053.576	PC
35	8945939.36	221824.822	3053.683	PC
36	8945938.68	221864.408	3053.614	PC
37	8945929.61	221880.612	3053.634	PC
38	8945943.16	221873.653	3053.502	PC
40	8945958.93	221868.56	3053.526	PC
41	8945944.48	221844.713	3053.668	PC
42	8945949.94	221835.725	3053.664	PC
43	8945955.46	221835.833	3053.607	PC
44	8945955.14	221853.889	3053.58	PC
49	8945957.73	221809.391	3053.495	PC
51	8945959.73	221822.314	3053.536	PC
59	8945957.29	221859.579	3053.554	PC
137	8945886.45	221805.646	3053.85	PC
160	8945912.54	221806.848	3053.81	PC
268	8945864.52	221814.97	3053.884	PC
350	8945958.02	221834.609	3053.583	PC
355	8945959.11	221844.572	3053.566	PC

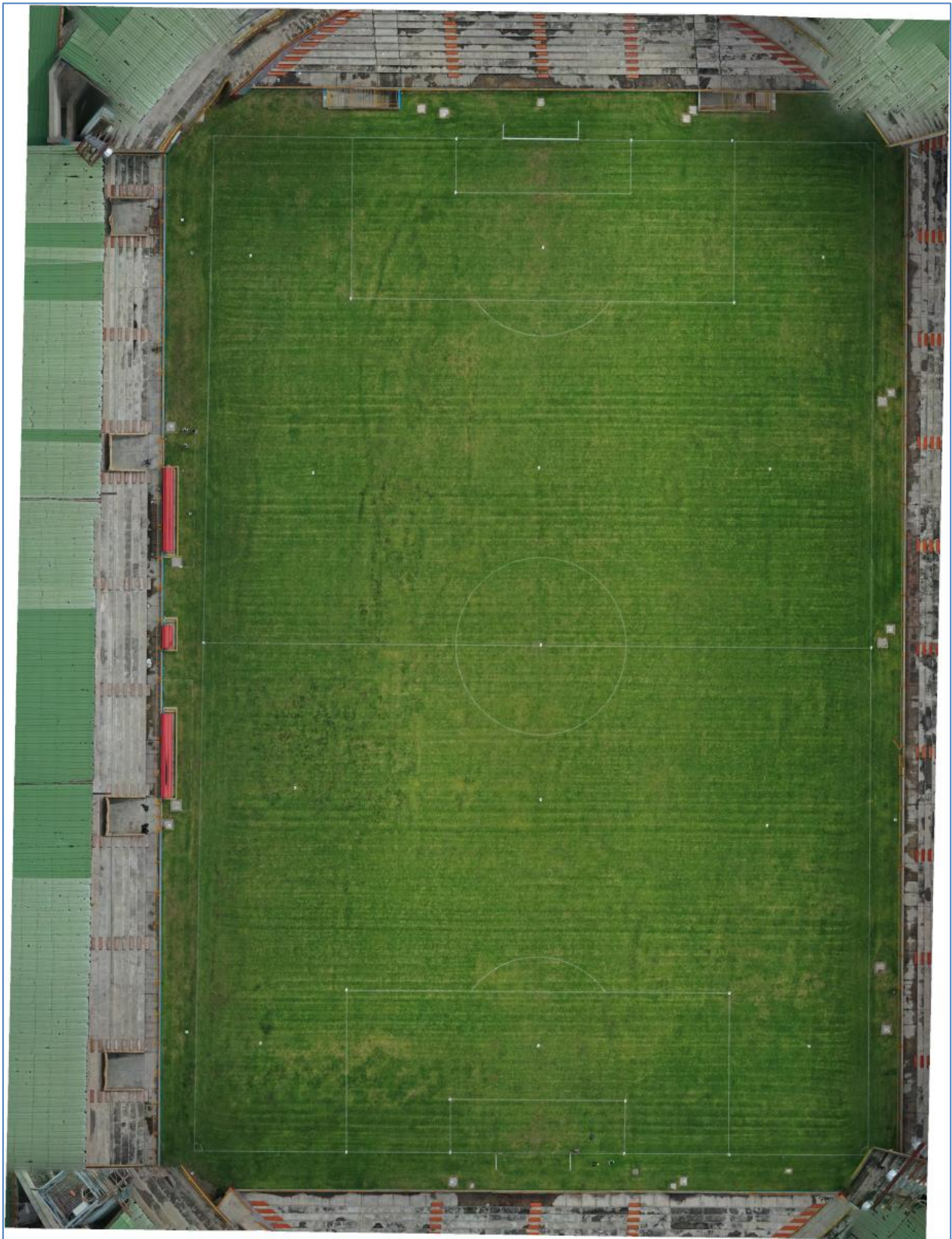
ANEXO N° 03: FIGURA 32 PLANO TOPOGRAFICO ESTACION TOTAL



ANEXO N° 04: FIGURA 33 PLANO TOPOGRAFICO RPAS DRON



ANEXO N° 05: FIGURA 34 PLANO ORTOFOTO



ANEXO N° 08. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 35 Levantamiento topográfico con Estación Total South N4

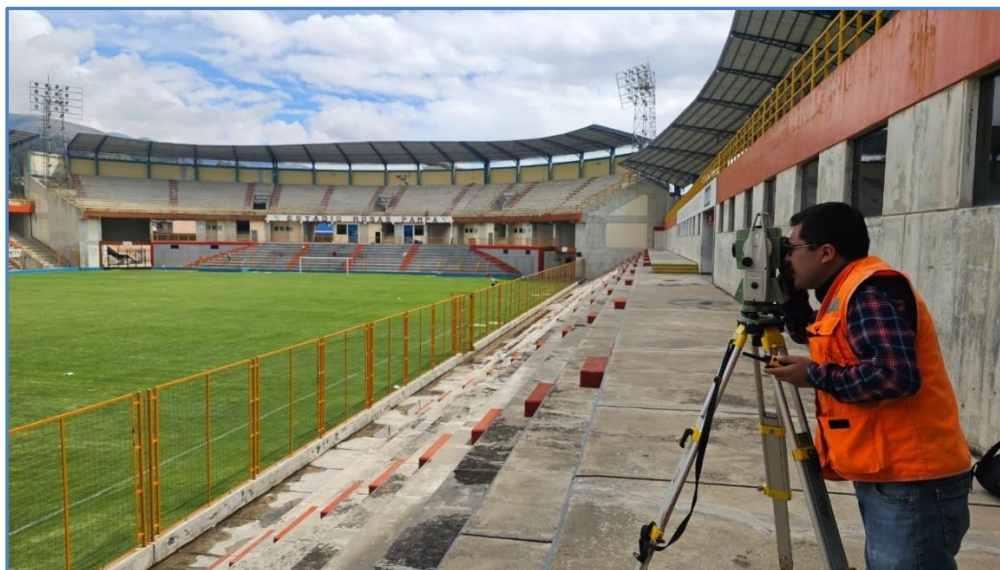


Figura 36 Levantamiento topográfico con Estación Total South N4



Figura 37 Levantamiento topográfico con Estación Total South N4



Figura 38 Levantamiento topográfico con Estación Total South N4



Figura 39 Montaje de Dron DJI Mavic 3.

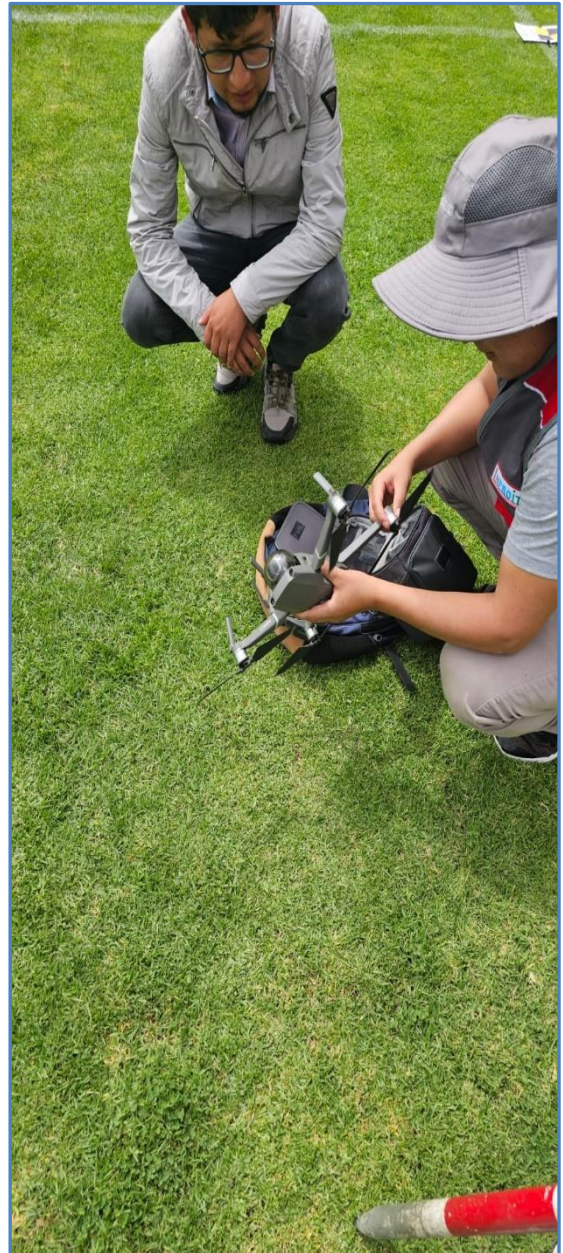



Figura 40 Levantamiento topográfico con Dron DJI Mavic 3.



ANEXO N° 06: Formato de publicación en reporte



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor				
Clemente Benites Lyncol Herbert		70255208	lyncol763@gmail.com	
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación				
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación	
3. Grado Académico o Título Profesional ¹				
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría	<input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación				
Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS, Huaraz, 2023				
5. Programa Académico				
Ingeniería Civil				
6. Tipo de Acceso al Documento				
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ² (info@u-repo.usp.pe/openAccess/)		<input type="checkbox"/> Acceso restringido ³ (info@u-repo.usp.pe/restrictedAccess/) ⁴		
(*) En caso de restringido sustentar motivo				


A. Originalidad del Archivo Digital


Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁶

Huella Digital





Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	22	11	24

Importante

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CE, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 6, inciso 2.2
2. Ley N° 30025 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM
3. Si el autor otorga el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer registro de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el marco de la Ley 822
4. En caso de que el autor otorga la segunda opción únicamente se publicará los datos del autor y resúmenes de la obra de acuerdo a la directiva N° 004-2016-COACYTEC-DEEC (numerales 3.2 y 6.3) que norma el funcionamiento del Repositorio Institucional Digital
5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que para el otorgamiento de las autoriza un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
6. Según el inciso 2.2 del artículo 17 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales (RNTA)⁷ Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos que incluyan los resultados en sus repositorios institucionales producidos al ser de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital (RDI) a través del Repositorio-UNDA⁸

Nota: En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a Ley 822 art. 35, párr. 3º, 3º.

ANEXO N° 07: Reporte de similitud (Solo las hojas de porcentaje)

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS, HUARAZ, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	23%	%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
7	igc.com.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
11	revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.up.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	ppr.amu.edu.pl Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	aeromundotv.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
26	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
29	umilesgroup.com Fuente de Internet	<1 %
30	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
31	3dz.es Fuente de Internet	<1 %
32	americanae.aecid.es	

Fuente de Internet

<1 %

33

editorialibkn.com

Fuente de Internet

<1 %

34

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

repositorio.ulasamericas.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

36

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

www.supergol.com

Fuente de Internet

<1 %

38

adelaidebooks.org

Fuente de Internet

<1 %

39

autoestudio.uprrp.edu

Fuente de Internet

<1 %

40

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

41

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

42

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

43

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

44	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	ridum.umanizales.edu.co Fuente de Internet	<1 %
46	www.mappinginteractivo.com Fuente de Internet	<1 %
47	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
48	www2.iadb.org Fuente de Internet	<1 %
49	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo

