



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**“PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON
DRON FOTOGRAFÉMICO MODO RTK EN CONTRASTACIÓN
CON GPS DIFERENCIAL EN MODO RTK EN LA AUTOPISTA
JULIACA-PUNO KM 29+000 AL 31+000”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DANY FRANKLIN PONGO CHALCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPO
GRÁFICO CON DRON FOTOGRAMÉTRICO
MODO RTK EN CONTRASTACIÓN CON G
PS DI

AUTOR

DANY FRANKLIN PONGO CHALCO

RECuento de palabras

13575 Words

RECuento de caracteres

77563 Characters

RECuento de páginas

89 Pages

Tamaño del archivo

8.2MB

Fecha de entrega

Sep 12, 2023 12:07 PM GMT-5

Fecha del informe

Sep 12, 2023 12:08 PM GMT-5

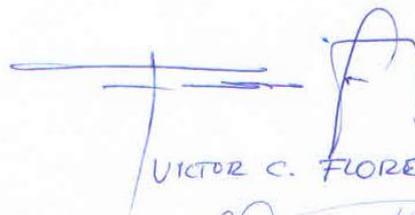
● 14% de similitud general

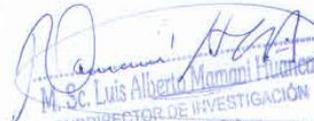
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de da

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)
- Material citado


VICTOR C. FLORES FLORES


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huancu
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
Luis Alberto Mamani Huancu
Sub Director de Coordinación
E P I T A,

Resumen



DEDICATORIA

A mi padre, Bernardo Pongo Limachi y a mi madre Pilar Chalco Mamani, a mis hermanos y a Yesenia una persona especial para mí, a mis amigos que estuvieron presente por brindarme su apoyo.

Dany Franklin



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, quien siempre estuvo conmigo apoyándome en todo momento, dándome fuerzas para seguir adelante cuando se me presentó malos momentos.

De la misma manera agradecer a la Universidad Nacional del Altiplano y en especial a la escuela profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por la enseñanza que me brindaron durante mi formación académica, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Víctor Cipriano FLORES FLORES, Ing. Saul SARDON FLORES, Ing. Juan Esteban ARAOZ BARRIOS y al Ing. Edwin LLANQUE CHAYÑA quienes me guiaron con sus conocimientos y paciencia para concluir esta investigación.

Agradecer también a la plana docente de la EPITA y conocidos que fueron parte de esta pequeña historia que lleva experiencias únicas que se recordaran de por vida.

Dany Franklin



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 18

1.2.1 Problema general 18

1.2.2 Problemas específicos..... 18

1.3 JUSTIFICACIÓN 18

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 19

1.4.1 Hipótesis nula 19

1.4.2 Hipótesis alterna 19

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 20

1.5.1 Objetivo general 20

1.5.2 Objetivo especifico 20

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES 21



2.1.1	Ámbito global	21
2.1.2	Ámbito nacional	22
2.1.3	Ámbito local	23
2.2	MARCO TEÓRICO.....	24
2.2.1	Geodesia	24
2.2.2	Datum geodésico	24
2.2.3	Especificaciones técnicas de puntos geodésicos en Perú	24
2.2.3.1	Punto geodésico orden “0”	24
2.2.3.2	Punto geodésico orden “A”	25
2.2.3.3	Punto geodésico orden “B”.....	25
2.2.3.4	Punto geodésico orden “C”.....	25
2.2.3.5	Puntos de apoyo (PFCH).....	25
2.2.4	Sistema de posicionamiento global	26
2.2.4.1	Fundamentos del sistema GPS.	27
2.2.5	Métodos de posicionamiento.....	28
2.2.5.1	Posicionamiento absoluto.....	28
2.2.5.2	Posicionamiento relativo.	28
2.2.5.2.1	Método estático y estático rápido.	28
2.2.5.2.2	Método cinemático.	28
2.2.5.2.3	Método Cinemática en Tiempo Real RTK	29
2.2.6	Sistema de coordenadas.....	29
2.2.6.1	Coordenadas geográficas.....	29
2.2.6.2	Coordenadas universal transversal de mercator (UTM).....	30
2.2.7	Sistema de alturas	30
2.2.7.1	Altura elipsoidal.	30



2.2.7.2	Altura ortométrica.....	30
2.2.7.3	Altura normal.....	31
2.2.7.4	Altura nivelada.	31
2.2.7.5	Ondulación geoidal.....	31
2.2.7.6	Altitud.....	32
2.2.7.7	Cota.....	32
2.2.8	Levantamiento topográfico.....	32
2.2.9	Levantamiento fotogramétrico	33
2.2.9.1	Cámaras aéreas.	33
2.2.9.2	Fotogramas.	33
2.2.9.3	Proyecto de vuelo.	33
2.2.9.4	GSD y altura de vuelo	34
2.2.9.5	Recubrimientos o traslapes.....	35
2.2.10	Clasificación de la fotogrametría.....	36
2.2.10.1	En función de la distancia al objeto.....	36
2.2.10.2	En función del instrumental Utilizado.....	36
2.2.11	Precisión del levantamiento.....	37
2.3	EQUIPOS TOPOGRÁFICOS Y APLICACIÓN.....	38
2.3.1	Equipos convencionales	38
2.3.2	Equipos geodésicos	38
2.3.2.1	Sistema integrado.	38
2.3.2.2	Sistema modular.	38
2.3.2.2.1	Navegador y submétrico.	38
2.3.2.2.2	Receptores GNSS de frecuencia L1.....	39
2.3.2.2.3	Receptores GNSS de frecuencia L2.....	39



2.3.2.2.4	Receptores GNSS de frecuencia múltiples.....	39
2.3.3.	Vehículos aéreos no tripulado Dron	39
2.3.3.1	Clasificación de Dron.....	39
2.3.3.1.1	Dron de ala fija.....	40
2.3.3.1.2	Multitirotores.....	40

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	LUGAR DE ESTUDIO	41
3.2	EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS.....	42
3.2.1	Equipos topográficos	42
3.2.2	Programas informáticos.....	42
3.3	POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA	42
3.4	DESCRIPCIÓN DE LOS METODOS, MATERIALES, EQUIPOS	42
3.4.1	Ubicación de punto geodésico.....	42
3.4.2.	Ubicación y levantamiento de puntos de verificación.....	45
3.4.3	Levantamiento topográfico con GPS diferencial modo RTK	47
3.4.4	Levantamiento topográfico con Dron.....	48
3.5	METODO ESTADISTICO	57
3.5.1	Significancia estadística	57
3.5.2	Método de investigación.....	57
3.5.3	Nivel de investigación	57
3.5.4	Análisis de datos para X, Y	57
3.5.5	Análisis de datos para Z.....	68



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V. CONCLUSIONES	78
VI. RECOMENDACIONES.....	79
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	82

Área: Ciencias Naturales

Línea de investigación: Diseño de Vías y Gerencia de Vías

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 de setiembre de 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema GNSS	27
Figura 2 Proyecto del Vuelo Fotométrico	34
Figura 4 Traslapes o Recubrimiento	36
Figura 5 Clasificación de Dron	40
Figura 6 Ubicación del Área de Estudio	41
Figura 7 Ubicación del Punto Base AZ-7	43
Figura 8 Post Proceso de la Línea Base PU02 al AZ-7 en el Software Trimble Business Center	43
Figura 9 Punto Base AZ-7	44
Figura 10 Colocado de los Puntos de Verificación Sobre el Tramo de la Autopista Juliaca- Puno	45
Figura 11 Levantamiento de los Puntos de Verificación	45
Figura 12 Levantamiento del Terreno con GPS Diferencial modo RTK	47
Figura 13 Instalación de la base del Dron Phanthom 4 RTK	49
Figura 14 Configuración del Dron Phanthom 4 RTK	49
Figura 15 Configuración para el Plan de Vuelo del Dron	50
Figura 16 Configuración de los Traslapes de las Fotografías que Tomara el Dron RTK	50
Figura 17 Imágenes Cargadas al Software Agisoft Metashape	51
Figura 18 La Interacción entre Fotografías	52
Figura 19 Nube de Puntos densas	52
Figura 20 Clasificación de Nube de Puntos	53
Figura 21 Nube de Puntos Clasificados solo Superficie	53



Figura 22 Precisión del Dron Fotogramétrica en Contraste con el GPS Diferencial	54
Figura 23 Superficie Creada a partir del Levantamiento Fotogramétrico	55
Figura 24 Superficie Creada a partir del Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial	56
Figura 25 Contrastación de Superficies Obtenidos a partir de los dos Métodos de Levantamientos Topográficos.....	56
Figura 26 Contrastación de la Altitud en los 21 puntos de verificación con GPS Diferencial	57
Figura 27 Campana de Gauss de la Diferencia de las Coordenadas Este (X) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	63
Figura 28 Gráfico de la Diferencia de las Coordenadas Este (X) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	63
Figura 29 Campana de Gauss de la Diferencia de las Coordenadas Norte (Y) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	64
Figura 30 Gráfico de la Diferencia de las Coordenadas Norte (Y) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	64
Figura 31 Histograma de Diferencia de las Altitudes (Z) del Dron Fotogramétrico con el GPS Diferencial	73
Figura 32 Grafico de Diferencias de las Altitudes (Z) del Dron Fotogramétrico con el GPS Diferencial	73
Figura 33 Precisión del Dron Fotogramétrico en Coordenadas Este (X), Norte (Y), Altitud (Z) en Contraste con el GPS Diferencial	76



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estaciones de Control de la Red Geodésica.....	26
Tabla 2 Separación de las Estaciones	26
Tabla 3 Tolerancias para Trabajos de Levantamientos Topográficos	37
Tabla 4 Coordenadas Este (X), Norte (Y) de los Puntos de Verificación	46
Tabla 5 Puntos de Verificación para Evaluar en Este (X) y Norte (Y) Ubicados cada 100 metros.....	58
Tabla 6 Resumen de Procesamiento de Casos	59
Tabla 7 Datos Descriptivos de Coordenadas Este (X) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	59
Tabla 8 Datos Descriptivos de Coordenadas Norte (Y) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	60
Tabla 9 Prueba de Normalidad de las Coordenadas Este (X) y Norte (Y)	60
Tabla 10 Estadísticos Descriptivos de las Coordenadas Este (X).....	65
Tabla 11 Prueba T de Student.....	66
Tabla 12 Estadístico Descriptivo de las Coordenadas Norte (Y)	67
Tabla 13 Prueba de T Student.....	68
Tabla 14 Puntos de verificación de la Altitud (Z).....	69
Tabla 15 Datos Descriptivos de las Altitudes (Z) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico.....	70
Tabla 16 Prueba de Normalidad en Altitudes	71
Tabla 17 Prueba T de Student.....	75
Tabla 18 Promedio de las Diferencias de las Coordenadas Este (X) y Norte (Y)	77
Tabla 19 Promedio de las Diferencias en Altitud (Z).....	77



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

GNSS	: Sistema Satelital de Navegación Global (Global Navigation Satellite System)
WGS-84	: Sistema Geodésico Mundial del año 19884.
REGPMOC	: Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo.
SIRGAS	: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.
EGM 2008	: Modelo Gravitacional de la Tierra 2008 (Earth Gravitational Model 2008)
ERP	: Estaciones de Rastreo Permanente.
IGN	: Instituto Geográfico Nacional.
MCF	: Marcas de Cota Fija.
RMS	: Error Medio Cuadrático (Root Mean Square).
RTK	: Cinemática en Tiempo Real (Real Time Kinematic)
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
UAV	: Vehículo Aéreo no Tripulado (Unmanned Aerial Vehicle)
GSD	: Distancia de Muestra del Suelo (Ground Sample Distance)
GLONASS	: Sistema Global de Navegación por Satélite.
LIDAR	: Detección y Alcance de Imágenes Láser (Laser Imaging Detection and Ranging)



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el distrito Paucarcolla, provincia de Puno, departamento de Puno, el objetivo principal es contrastar la precisión del levantamiento topográfico del Dron fotogramétrico modo RTK con el GPS diferencial modo RTK en la autopista Juliaca-Puno Km 29+000 al 31+000. Para lo cual, se estableció un punto geodésico de orden C en el área de investigación para el plan de vuelo del Dron fotogramétrico en modo RTK, para obtener la superficie se utilizó los softwares Agisoft Metashape y Civil 3D, del mismo modo se contrasto puntos de verificación que se colocó en todo el tramo cada 100 metros. Se realizó un análisis estadístico con datos utilizando prueba paramétrica de T de Student, concluyendo que las abscisas este (X) tienen variación en promedio de -0.0222 m, con respecto a las ordenadas norte (Y) de -0.0162 m y así mismo en cuanto a la altitud (Z) de 0.027 m en promedio, según las pruebas estadísticas indica que no existe similitud de las coordenadas obtenidas con Dron Phantom 4 RTK con respecto al el GPS diferencial. Por tanto, no es recomendable el uso del Dron Phantom 4 RTK para levantamientos topográficos de proyectos que requieren de mayor precisión.

Palabras Clave: Contrastación, Dron, Fotogrametría, Precisión, Topografía



ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Paucarcolla district, province of Puno, department of Puno, the main objective is to contrast the precision of the topographic survey of the RTK mode photogrammetric drone with the RTK mode differential GPS on the Juliaca-Puno highway Km 29+000 at 31+000. For which, a geodetic point of order C was established in the research area for the flight plan of the photogrammetric drone in RTK mode, to obtain the surface the Agisoft Metashape and Civil 3D software was used, in the same way, points of verification that was placed throughout the section every 100 meters. A statistical analysis was carried out with data using Student's T test, concluding that the east abscissa (X) has a variation on average of -0.0222 m, with respect to the north ordinate (Y) of -0.0162 m and likewise with respect to the altitude (Z) of 0.027 m on average, according to statistical tests, indicates that there is no similarity in the coordinates obtained with the Phantom 4 RTK Drone with respect to the differential GPS. Therefore, it is not recommended to use the Phantom 4 RTK Drone for topographic surveys of projects that require greater precision.

Keywords: Contrasting, Dron, Photogrammetry, Accuracy, Topography



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el avance tecnológico se da de manera acelerada, permitiéndonos aplicar nuevas metodologías automatizadas orientados a diferentes campos de la ingeniería tales como la ingeniería civil; minas, geológica, entre otros, pero especialmente en la ingeniería topográfica, donde nos permite realizar levantamientos topográficos, geodésicos, fotogramétricos, etc. de manera detallada de la superficie terrestre y obtener resultados óptimos en el modelamiento del terreno.

El levantamiento topográfico es trascendental, en todos los proyectos de ingeniería relacionados a la construcción, se realiza el estudio geodésico y topográfico, siendo así una de las primeras fases de un estudio. En esta etapa se tiene que analizar con mucho cuidado las características físicas, geográficas, geológicas y topográficas del terreno para de esta manera poder proyectar una obra y de esta manera garantizar que en el proceso constructivo no varíen los costos proyectados con los ejecutados.

En el pasado se realizaba levantamientos topográficos con herramientas básicas que no permitían tener una información detallada para el modelamiento del terreno. Solamente se hacía uso de cintas métricas para medir distancias cortas, se utilizaba equipos óptico mecánicos como eclímetros, teodolitos que permitían medir ángulos horizontales, verticales.

Ante la aparición de nuevas tecnologías que nos permiten realizar trabajos topográficos en menor tiempo utilizando metodologías diferentes de levantamiento topográficos, nace la idea de realizar la siguiente investigación “Precisión del levantamiento topográfico con Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km” el mismo



que tiene como objetivo de analizar la precisión de dos equipos topográficos en la recolección y procesamiento de datos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la toma de información de una superficie terrestre con métodos tradicionales, tales como estación total, teodolito u otros equipos topográficos, resulta muy tedioso o laborioso, los mismos que presentan muchas dificultades en grandes extensiones y donde el terreno presenta una topografía accidentada, debido a que con estos equipos se realizan levantamiento topográfico por el método directo, lo cual significa que el personal tendrá que trasladarse de un lugar a otro y así avanzar con el levantamiento por el cual estarán expuesto a riesgos y accidentes laborales.

Por lo general en estos tipos de métodos de levantamientos topográficos la información que en la actualidad vienen siendo usados esta tecnología sin tener la consideración del grado de precisión que nos brinda estos equipos que abarcan levantamientos de grandes extensiones en corto tiempo.

En nuestro país el uso del Dron para realizar los levantamientos topográficos por el método aereofotométrico son poco usados en carreteras, existen pocas instituciones e incluso profesionales que estén capacitados y acreditados que puedan brindar este tipos de servicios, del mismo modo existen pocos profesionales que utilizan la tecnología GPS diferencial en modo RTK, aparentemente por el costo de estos equipos, en tal sentido surge la necesidad de investigar la precisión de la información obtenida a través del Dron fotogramétrico.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál es la precisión del levantamiento topográfico del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la precisión en las coordenadas Este (X) y Norte (Y) en el levantamiento topográfico del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK?
- ¿Cuál es la precisión de la Altitud (Z) obtenida mediante el Dron fotogramétrico modo RTK con la Altitud obtenida con el GPS diferencial en modo RTK?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La implementación de nuevas tecnologías en la actualidad como el Dron, permite al usuario realizar trabajos en diferentes campos de la ingeniería, el uso más importante es el que se da para la topografía donde pretende alcanzar precisiones que permita modelar el terreno.

En el Perú la ingeniería topográfica es una de las ciencias que pretende obtener una mejor precisión en los levantamientos topográficos para el modelamiento del terreno con diferentes fines, por lo cual es muy importante que se apliquen nuevas metodologías y tecnologías como el GPS diferencial de doble frecuencia, múltiple frecuencia y del mismo modo el Dron por medio de la fotogrametría y así contribuir en el desarrollo en el área de la topografía.



La aparición de estas metodologías y tecnologías en contraste de métodos tradicionales nos permitirá analizar y determinar si existe variaciones en cuanto a la precisión, si son favorables para la aplicación en el campo de la topografía y cartografía.

Es de suma importancia tener una altura de vuelo óptimo para alcanzar una precisión adecuada y no tener errores que estén fueran de los aceptables, ya que se requiere tener una buena precisión altimétrica y planimétrica.

Esta investigación se realizó debido a que en diferentes proyectos no se tienen un estudio adecuado en la topografía, encontrándonos con errores con respecto a la altimetría y planimetría, esto es reflejado en la ejecución del proyecto, para dar inicio a una obra siempre se tiene que realizar la compatibilidad y esto requiere realizar en menor tiempo posible y gracias a estas nuevas tecnologías se podrá alcanzar precisiones adecuadas en menor tiempo y de esta manera no retrasar los proyectos a ejecutar.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Hipótesis nula

- No existirá similitud en la precisión del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno km 29+000 al 31+000.

1.4.2 Hipótesis alterna

- Existirá similitud en la precisión del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno km 29+000 al 31+000.



1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general

- Contrastar la precisión del levantamiento topográfico del Dron fotogramétrico modo RTK con el GPS diferencial modo RTK en la autopista Juliaca-Puno Km 29+000 al 31+000.

1.5.2 Objetivo específico

- Determinar la precisión de las coordenadas Este (X) y coordenadas Norte(Y) del Dron fotogramétrico modo RTK en contraste con el GPS diferencial en modo RTK.
- Determinar la precisión de la Altitud (Z) obtenida mediante el Dron fotogramétrico modo RTK con la Altitud obtenida con el GPS diferencial en modo RTK.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Ámbito global

Del rio Santana, (2020) en su investigación “Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones”. Lleva a cabo levantamientos topográficos con cuatro metodologías diferentes, donde se pretende conocer cuál de las metodologías o equipos alcanza una mayor precisión en las mediciones, empleando para la medición una estación total, nivel topográfico, cinta métrica y Dron teniendo como muestra un campo de futbol. Donde concluye que al realizar los levantamientos con cinta métrica, nivel topográfico y estación total se tiene un error > 1.50 m, además se requiere como mínimo 2 personas. En cambio, el Dron tiene un error < 1.00 m incluso solo requiere de una sola persona para realizar el levantamiento topográfico en cuanto a tiempo es más rápido, pero teniendo como desventaja el costo ya que el alquiler o compra es más costoso.

Yamasqui, (2022) en su investigación “Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total GPS diferencial”. Busca determinar y evaluar el método adecuado para realizar trabajos de estudios topográficos en proyectos de ingeniería, haciendo uso de la aerofotogrametría en el levantamiento topográfico y comparar los resultados con los métodos tradicionales, teniendo como resultado que por el método areofotogrametrico resulta 66,09% y el 63,23% más eficiente en cuanto a costo y tiempo, concluye que hacer uso de este método alternativo es más factible en terrenos que son planos que no contenga vegetación u otros factores que puedan alterar con respecto a la altimetría.



Jimenez, (2019) en su investigación “Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de Drones y GPS como métodos indirectos”. Realizo una comparación del método directo y los métodos indirectos, realizando mediciones con Dron, estación total y GPS diferencial que permitan las obtenciones datos en menor tiempo. De esa manera llega a la conclusión que por el método de fotogrametría se obtiene datos en un corto lapso de tiempo, que permite tener resultados confiables y comparables donde el Dron presenta desviaciones que varían en un rango de 1.00 cm a 5.00 cm.

2.1.2 Ámbito nacional

Bejarano, (2021) en su investigación “Análisis comparativo del levantamiento fotogramétrico y estación total en el diseño geométrico de la carretera de evitamiento progresiva 0+000 al 3+837.26 km – Otuzco, la libertad, Perú 2021”. Donde busca determinar el análisis comparativo del levantamiento fotogramétrico y levantamiento con estación total, donde hizo uso del software Agisoft Profesional que es utilizado para realizar el procesamiento de imágenes y generar curvas de nivel apoyado con el software Civil 3D. Concluyendo que se encontró errores aceptables en ambos levantamientos topográficos teniendo un ($<0.06\text{m}$) del manual de diseño de carreteras de bajo volumen, el error de la estación total representa el 50% que el de Dron.

Escudero, (2020) en su investigación “Vehículo aéreo menor no tripulado para la captura de imágenes en la carretera Iquitos nauta 2019”. Tiene como objetivo determinar la relación que hay la distancia de captura de imágenes y su efectividad en el eje carretero Iquitos-Nauta, donde hizo uso de un Dron Hexcoptero para la toma de imágenes, llegando a concluir que el modelo matemático determinado es: $Y=71.83-1.180 X$ donde $b = 71.83$, existiendo una correlación elevada entre distancia y la efectividad.



Leiva, (2021) en su investigación “Evaluación comparativa de la precisión en levantamientos topográficos efectuados mediante vehículo aéreo no tripulado (UAV) a 50 metros de altura y el método tradicional en la carretera abra Ccorao-Ccorao”. Busca realizar una comparación de la precisión del levantamiento topográfico con equipo Aéreo no Tripulado UAV Dron y estación total, donde se inició con la toma de imágenes de la zona intervenida y posteriormente procesado con el software Pix4D Pro que permitió la obtención de los datos para su comparación de la precisión. teniendo como resultado ortofoto y nube de puntos para luego trabajar en el software AutoCAD Civil 3D. concluyendo que el levantamiento topográfico mediante el método fotogramétrico es más óptimo para trabajos de gran magnitud de área.

2.1.3 Ámbito local

Tacca, (2015) en su investigación “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con Drones al método tradicional”. Realizo una comprobación del resultado obtenido con la estación total con los datos obtenidos con el Dron. comparar la precisión y el tiempo y determinar su forma adecuada de ejecución. Se proceso la información tomada por el Dron con el software Pix4D. Concluyendo que se llegó a resultados muy congruentes con el Dron debido que a veces no se cuenta con personal de apoyo con disponibilidad inmediata y la desventaja que presenta es que podría surgir un accidente durante el proceso debido a diferentes factores.



2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Geodesia

La geodesia es aquella ciencia que estudia y determina la forma y dimensión de la tierra, así mismo incluye el campo gravitatorio y sus variaciones temporales existen diferentes tipos de geodesia: Geodesia espacial o satelital donde es aquel estudio que inicia de satélites y elementos espaciales, geodesia tridimensional es la que describe la dimensión y forma de la tierra en un sistema de referencia tridimensional, donde en el campo gravitatorio existe variaciones globales, regionales y locales, esta geodesia también conocida como cinemática, geodesia dinámica o física es la que se encarga del estudio del campo gravitatorio en el cual toma el geoide como superficie equipotencial. El campo gravitatorio es afectado por muchos factores tales como océanos, capas de hielo entre otros, geodesia geométrica es el estudio matemático conocido como elipsoide de revolución, en donde se conoce los parámetros de tamaño, forma y posición del elipsoide, geodesia astronómica (Berné et al, 2014).

2.2.2 Datum geodésico

Es formado a partir de una referencia elipsoidal y un punto que esta enlazado al geoide, en el cual la posición de su centro de gravedad como su plano ecuatorial coincidan, ya que carecemos de información sobre el posicionamiento del punto (Olaya, 2014).

2.2.3 Especificaciones técnicas de puntos geodésicos en Perú

2.2.3.1 Punto geodésico orden "0".

Este tipo de orden son destinados para estudios sobre distorsión regional y global de las placas tectónicas de la corteza terrestre y son considerados a nivel continental, donde requiere una precisión a un nivel máximo de 4 milímetros, también serán de utilidad para la malla geodésica local (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015).



2.2.3.2 Punto geodésico orden “A”.

Este orden es aplicado en trabajos de nivel continental básico en donde se realiza estudios de la transformación focalizada de la corteza terrestre en donde requiere precisiones como máximo de 6 milímetros (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015).

2.2.3.3 Punto geodésico orden “B”.

Este tipo de orden son designados para levantamientos de la densificación de la malla geodésica nacional en el cual estará conectado a una red básica para posterior utilizados en trabajos de topografía que requiera alta confiabilidad y sesgos permisibles como la geodinámica que admita una aproximada máxima de 8 milímetros (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015).

2.2.3.4 Punto geodésico orden “C”.

Este orden se encarga de designar puntos para realizar verificaciones para ámbitos como áreas urbanas y rurales, como también en estudios urbanos y rurales. Para el apoyo de encomendaciones básicos o simples de ingeniería que requiere como admisible de 10 milímetros (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015).

2.2.3.5 Puntos de apoyo (PFCH).

Son puntos con características iguales al del orden “C”, en el cual no son monumentados y se pueden utilizar como apoyo o foto controles en trabajos de ingeniería, donde requieran precisiones máximas de 10 milímetros (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015)

Tabla 1

Estaciones de Control de la Red Geodésica

Estaciones de control	0	A	B	Enlaces
0	8			Red
A	3	3		Red
B	3	3	3	Red
C	1	1	1	Línea Base
PFCH	1	1	1	Línea Base

Nota. Resumen de enlace del receptor geodésico.

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015)

Tabla 2

Separación de las Estaciones

Separación de estaciones	0	A	B	C	PFCH
Separación máxima (km) entre estaciones bases dentro del área del proyecto	4000	1000	500		
Separación máxima (km) entre estaciones bases y el punto a establecer	3500	500	250	100	100

Nota. Resumen de las separaciones que tiene que tener las estaciones.

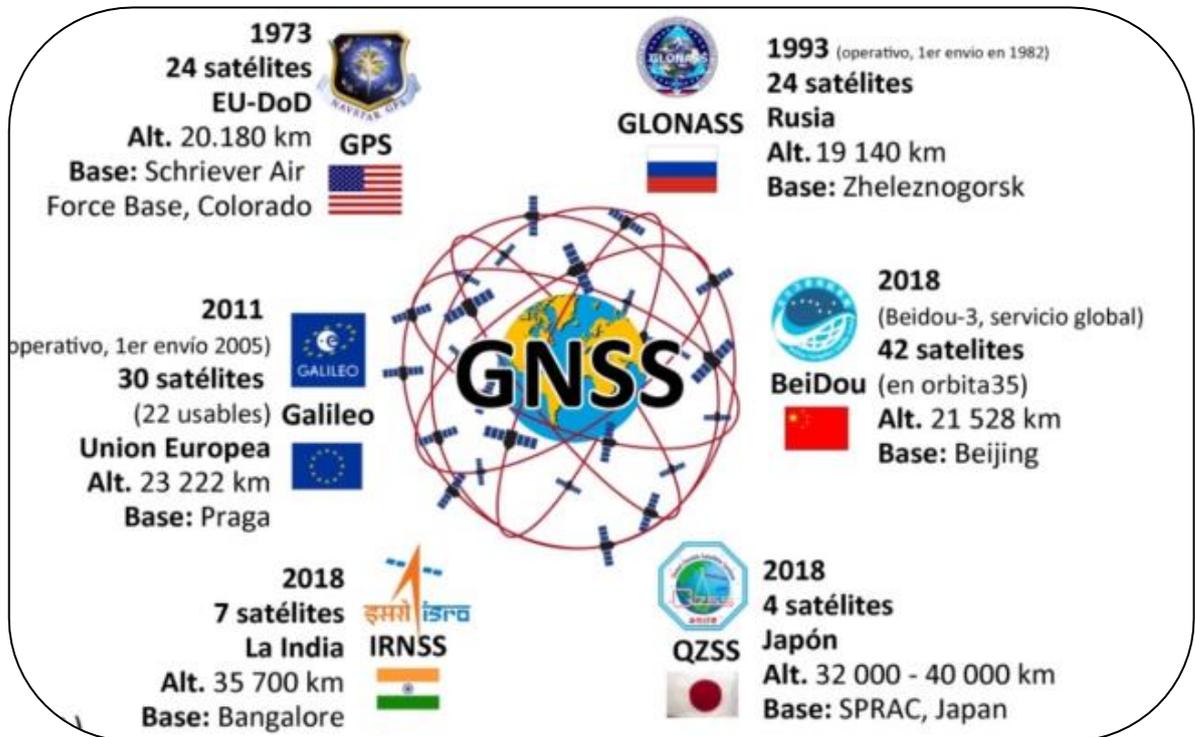
Fuente: (Instituto Geográfico Nacional del Perú, 2015)

2.2.4 Sistema de posicionamiento global

Un GNSS (Global Navigation Satellite System) donde dicho sistema nos permite conocer en toda instancia y en cualquier punto de la tierra la localización exacta del punto con un margen de error. En la actualidad existen otros tales como el GLONASS ruso, el COMPASS chino o el GALILEO europeo (Olaya, 2014).

Figura 1

Sistema GNSS



Nota. Constelaciones y navegación GNSS.

Fuente: (Denis & Flores, 2021)

2.2.4.1 Fundamentos del sistema GPS.

Segmento espacial

Compuesto por satélites que se encuentran en la constelación con un total de 27, 24 son los que operan y 3 que se tiene como reserva, en el cual tienen interacción las unidades receptoras y así realizar triangulaciones y tener la posición actual.

Segmento de control

Son estaciones que se encuentran en la tierra cuya función es el control del funcionamiento de los satélites, ya que con estas estaciones terrestres podemos enviar señales para modificar su comportamiento.



Segmento de usuarios

Son los receptores GPS o cualquier dispositivo que capte señal de los satélites para el cálculo de posición.

2.2.5 Métodos de posicionamiento

2.2.5.1 Posicionamiento absoluto

Es donde se tiene único receptor y un operario, donde se calcula la información de los satélites sin tener la necesidad de ser apoyado por otra unidad (Olaya, 2014).

También conocido como punto preciso (PPP) uno de los modelos que utiliza los receptores que son utilizados en modo autónomo, se utilizó para la navegación y en la actualidad se utiliza para realizar post proceso en línea (Lu et al, 2014).

2.2.5.2 Posicionamiento relativo.

2.2.5.2.1 Método estático y estático rápido.

Donde el método estático requiere dos puntos como referencia y así calcular la posición de un tercer punto que se desea ubicar, donde se tendrá una precisión óptima, donde tomara más de 1 hora de observación, lo cual no es adecuado para realizar trabajos de levantamiento o replanteo. Pero el método estático rápido es similar a la anterior con la diferencia que este método de estático rápido nos permite tomar puntos en un tiempo corto de 5-10 minutos por punto (Olaya, 2014).

2.2.5.2.2 Método cinemático.

Este método es diferente a las anteriores, ya que nos permite tomar puntos en menores tiempos a un 1 minuto, donde nuestro receptor puede desplazarse y no detenerse un largo rato, pero si debe tener conexión constante con nuestra base y tener como mínimo



4 satélites. Un caso particular es el método cinemático en tiempo real (RTK) donde realiza correcciones en tiempo real y no hay necesidad de realizar un post proceso por que la información que almacena ya ha sido filtrado y corregido (Olaya, 2014).

2.2.5.2.3 Método Cinemática en Tiempo Real RTK

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica (1 ó 2 cm + 1pp), se puede hacer uso en posicionamientos cinemáticos y estáticos en un punto de coordenadas ya conocidas. Donde el receptor móvil o rover es el receptor que determina las coordenadas en tiempo real, la comunicación de la base y el rover es mediante vía radio-modem, GSM, GPRS, Satélites y otros. Este método presenta una restricción debida depende del alcance de la transmisión. Este tipo de método es usado más en el mundo de la Topografía para trabajos de levantamientos y replanteos en tiempo real (González, 2010).

2.2.6 Sistema de coordenadas

Son puntos en la superficie terrestre que parametrizan y forman un marco de referencia, donde se usa en lo común coordenadas cartesianas (X, Y, Z), coordenadas geodésicas (longitud, latitud y altura) (Berné et al, 2014).

2.2.6.1 Coordenadas geográficas.

El sistema de coordenadas geográficas hace uso de la latitud y longitud para así localizar y ubicar el valor angular.

Longitud: formado a partir del meridiano de Greenwich y el meridiano superior de S, como resultado se determina sobre el ecuador λ . Donde se evalúa de 0° y 180° al Este y Oeste de Greenwich, puede ser tanto positivo o como negativo, de igual manera se evalúa de 0 h. a 24 h (de Luis Ruiz, 2010).



Latitud: es aquel ángulo vertical en S, generándose a partir de la intersección del elipsoide y el ecuador ψ . Donde se evalúa de 0° a 90°N y de 0° a 90°S . direccionado hacia el hemisferio sur y Norte (de Luis Ruiz, 2010).

2.2.6.2 Coordenadas universal transversal de mercator (UTM).

Este tipo de coordenadas se divide en zonas rectangulares donde se aplica proyecciones y parámetros geodésicos acompañado con el elipsoide (WGS-84), la cuadrícula UTM cuenta un total de 60 husos en el cual 1 huso tiene una amplitud de 6° de longitud, la numeración es hacia el Este. En cambio, la latitud en cada huso es dividido en 20 zonas, que abarca de los 80°S hasta los 84°N y estos son codificados desde la letra C a la X, además no hace uso de las letras I y O. cada huso abarca 8 grados, con excepción de la X que solo abarca 4 grados adicionales (Olaya, 2014).

2.2.7 Sistema de alturas

2.2.7.1 Altura elipsoidal.

Medida que existe del elipsoide y la superficie terrestre de manera perpendicular, teniendo relevancia ya que es utilizado por los sistemas global de navegación por satélites GNSS (Global Navigation Satellite System). En la actualidad el elipsoide por convención utiliza para GNSS y SIRGAS, es el GRS80 (Geodetic Reference System 1980) (Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile, 2018).

2.2.7.2 Altura ortométrica.

Es el valor y la distancia en promedio de la gravedad calculado en la línea de plomada del geoide y un punto observado. Definido matemáticamente como:

$$H^o = h - N$$

Donde:



h es la altura elipsoidal

N es la ondulación geoidal (Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile, 2018).

2.2.7.3 Altura normal.

Toma el valor medio y la distancia entre el cuasi geoide y la superficie terrestre, teniendo como definición matemática:

$$H^N = h - \zeta$$

Donde:

h es la altura elipsoidal

ζ es la altura anómala

Su precisión dependerá de los valores de gravedad observada o interpolada (Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile, 2018).

2.2.7.4 Altura nivelada.

Es aquel punto que tiene como referencia el nivel promedio del mar, donde los países también inician con su red de nivelación. Del mismo modo se puede realizar una nivelación si se tiene un punto de inicio que fue monumentado que tiene una elevación de un modelo geoidal con equipos de topografía tales como: nivel de ingeniero, estación total, GPS diferencial, etc. (Mendoza, 2020).

2.2.7.5 Ondulación geoidal.

Es una comparación que se realiza a una altura geodésica mediante observación GNSS donde se obtendrá la altura del elipsoide y la altura de un modelo geoidal, donde se conocerá como ondulación geoidal que tiene una definición matemática $N = h - H$ (Wolf & Ghilani, 2016).



2.2.7.6 Altitud

Es aquella distancia vertical del suelo y el nivel medio de los mares tranquilos. También conocido como la cota absoluta, donde la marca cero altimétrica brasileña es única que se encuentra ubicado en la bahía de Imbituba-SC ya que si realizamos una comparación en dos puntos de la misma Altitud o en diferentes trabajos estos se encontraran a la misma altura, dentro del país (Machado, 2022).

2.2.7.7 Cota

Son conocidos como cotas relativas, donde comprende una distancia vertical entre el área a trabajar y el plano de referencia arbitrario. Donde la persona que se encarga de ejecutar un trabajo u obra arbitrara en un momento determinado el valor de la cota inicial. Esta cota inicial será el punto de partida para la nivelación del área de trabajo (Machado, 2022).

2.2.8 Levantamiento topográfico

Es aquel proceso por el cual se realiza. operaciones y métodos para así tener una representación gráfica en un plano un parte de la superficie terrestre. Un levantamiento topográfico lo primero que se tiene que hacer es tener el lugar de trabajo, trabajo de campo donde se interviene y trabajos de post proceso donde se realizara la manipulación de la data (Mendoza, 2020).

Es clasificado en dos partes como levantamientos geodésicos y levantamientos planos, con la diferencia en el procedimiento y la operación por el cual se obtendrá la data del trabajo de campo. En el levantamiento geodésico se tiene que tener en cuenta y lo más importante es la curvatura terrestre, ya que los cálculos a realizar será sobre el elipsoide que actualmente es utilizado en las observaciones GNSS y en los levantamientos planos se hace uso de coordenadas locales o georreferenciados empleando equipos de ingeniería



como estación total, scanner, GPS diferencial, Dron, etc. Que es referida a la altura ortométrica (Wolf & Ghilani, 2016).

2.2.9 Levantamiento fotogramétrico

Es aquel método que es empleado a partir de fotografías de la superficie terrestre en el cual se obtendrá la forma del terreno y así formando un esquema topográfico. Las fotografías pueden ser tomadas desde la superficie o desde el aire, donde se divide en dos ramas de la fotogrametría (Santamaría & Sanz, 2011).

2.2.9.1 Cámaras aéreas.

Donde la cámara deberá tener una exposición muy rápida, un objetivo y una velocidad de guardado, donde se captará fotografías simples o aislada ya que gracias a la velocidad de la cámara tomará capturas la aeronave y también tendrá en cuenta el solapamiento transversal y longitudinal de manera automática (Santamaría & Sanz, 2011).

2.2.9.2 Fotogramas.

Es una fotografía tomada por una cámara que se encuentra montada en un Dron, avión o también podría ser una fotografía tomada desde la superficie terrestre, en el cual llevan información de la distancia focal, altura de vuelo, hora de toma, hasta número de orden la fotografía tomada. Del mismo modo el tamaño de cada fotograma puede ser de 18x18, 23x23 y 30x30 cm (Santamaría & Sanz, 2011).

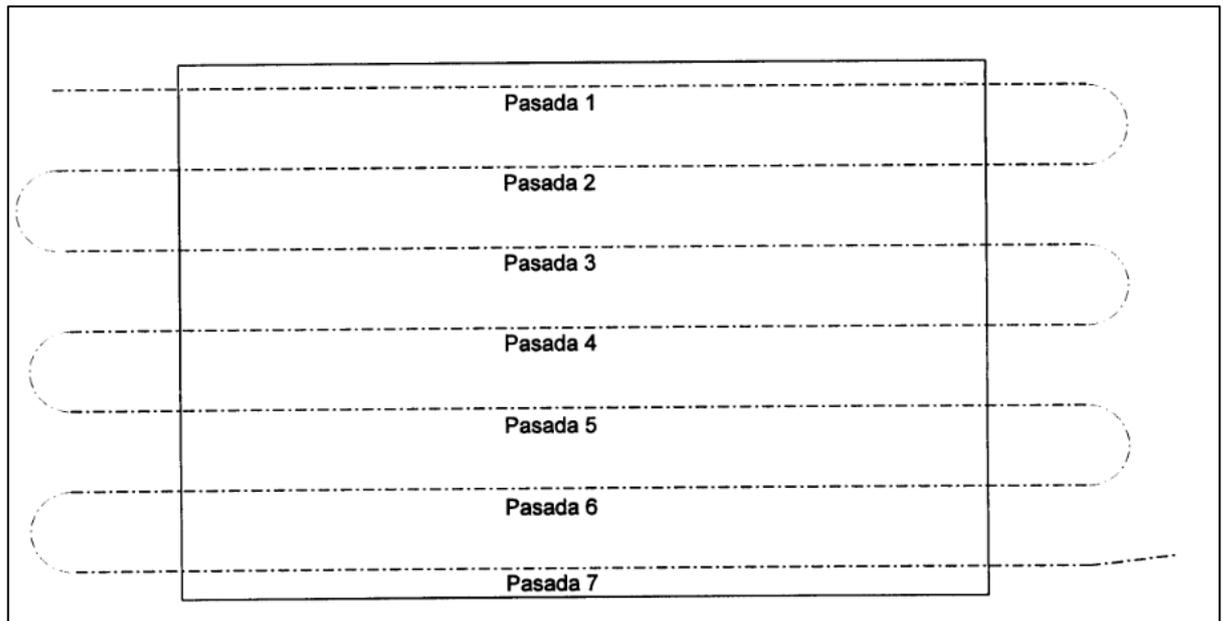
2.2.9.3 Proyecto de vuelo.

Tiene como objetivo sobrevolar el área de intervención a una altura y velocidad constante, donde describe una serie de trayectorias y de esa manera la cámara ira captando las fotografías de la superficie terrestre, teniendo un recubrimiento longitudinal entre las fotografías tomadas previamente fijados (Tacca, 2015).

El vuelo fotogrametrico de una area a intervenir, debe ser realizado en pasadas paralelas y tambien debe de tener a la misma altura. De la misma manera cada fotografia tomada tendra un recubrimiento longitudinal y trnasversal de la pasada con otra pasada (Santamaría & Sanz, 2011).

Figura 2

Proyecto del Vuelo Fotométrico



Nota: Eje de las pasadas a realizar de manera paralela y una misma altura de vuelo.

Fuente: (Santamaria & Sanz, 2011).

2.2.9.4 GSD y altura de vuelo

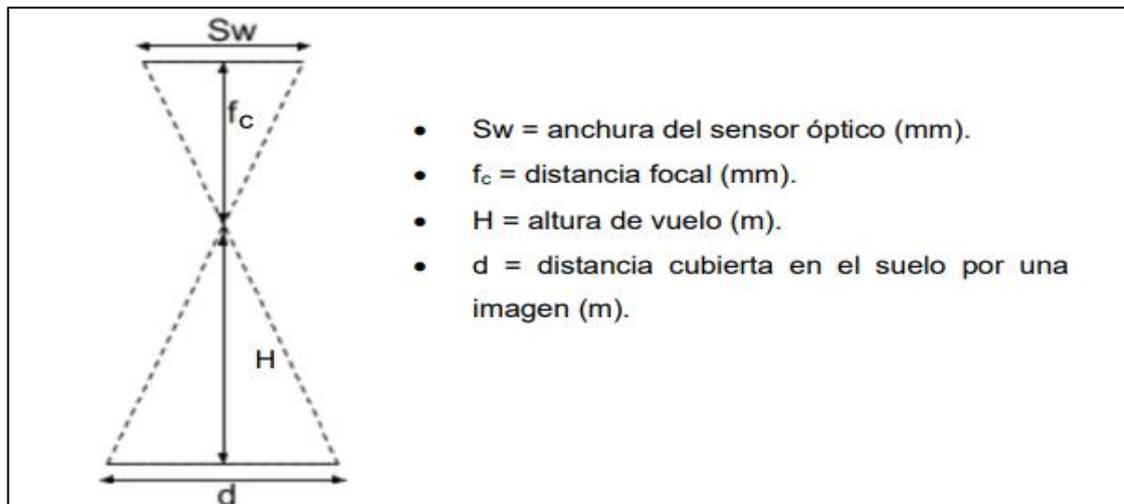
GSD (Ground Sample Distance) es un término utilizado en la fotogrametría que hace referencia a la distancia entre el centro de píxeles adyacentes medido desde tierra y utilizando unidades de medidas relativas. No es equivalente con la resolución de la imagen ya que depende del tipo de cámara y la altura de vuelo (Claros, 2016).

Las alturas de vuelo para realizar mapeos en 3D tienen resoluciones en un rango de 1 a 10 cm/píxel y alturas de 80 y 200 metros. Pero teniendo como factor limitante una

altura de vuelo debido a que a mayor altura se pierde resolución por lo que se tendrá que llegar a un equilibrio entre la altura de vuelo y el GSD (Claros, 2016).

Figura 3

Cálculo Matemático para la Altura de Vuelo



Nota: Determinar la escala de la imagen y conocida la distancia focal de la cámara, la altura de vuelo.

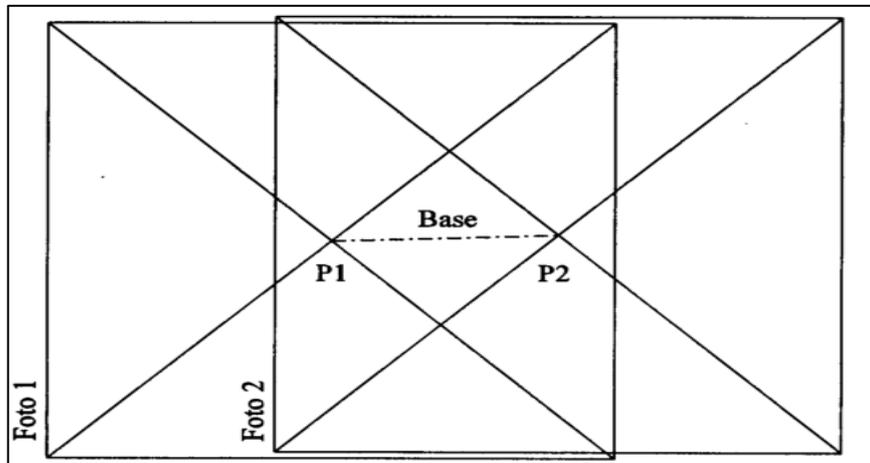
Fuente: (Claros, 2016).

2.2.9.5 Recubrimientos o traslapes

Es aquella zona que tiene en común dos fotografías en el levantamiento del terreno consecutivos. Se tiene que tener como mínimo 60 % y máximo 90% de recubrimiento longitudinal y transversal para trabajos estereoscópicos y para obtener mosaico de un terreno (Santamaría & Sanz, 2011).

Figura 4

Traslapes o Recubrimiento



Nota: Porcentaje de traslape tanto en longitudinal y transversal en dos fotografías.

Fuente: (Claros, 2016).

2.2.10 Clasificación de la fotogrametría

2.2.10.1 En función de la distancia al objeto.

La fotogrametría espacial se define como mediciones satelitales de las fotografías, fotogrametría aérea donde se puede obtener desde Dron, aviones u otro similar y la fotogrametría terrestre son mediciones de la superficie terrestre por cámaras que se encuentra montado sobre un vehículo o una persona (Quirós, 2014).

2.2.10.2 En función del instrumental utilizado.

Se tiene funciones como análogas, analíticas y digitales. Donde los análogos son medidos con equipos análogos estereoscópicos los fotogramas, en la analítica se realiza el trabajo con equipos y técnicas computacionales y por ultimo las digitales es trabajado con software (Quirós, 2014).

2.2.11 Precisión del levantamiento

En todo tipo de levantamientos topográficos está sujeto a errores, donde puede ser inherente por el método o instrumento a utilizar (error accidental), puede que este sujeto a un error en el mismo sentido y constante para un periodo de tiempo (error sistemático) o puede estar sujeto a un error de equivocación (error grosero) (Jimenez, 2013).

Tabla 3

Tolerancias para Trabajos de Levantamientos Topográficos

Tolerancia Fase de Trabajo	Tolerancia fase de Trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georreferenciación	1:100.000	± 5 mm
Puntos de verificación	1:10.000	± 5 mm
Puntos de eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5.000	± 10 mm
Otros puntos de eje	± 50 mm	± 100 mm
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm	± 100 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm	± 20 mm
Muros de contención	± 20 mm	± 10 mm
Límites para roce y limpieza	± 500 mm	_____
Estacas de subrasante	± 50 mm	± 10 mm
Estacas de rasante	± 50 mm	± 10 mm

Nota: tolerancias que existe para trabajos de levantamientos topográficos.

Fuente: (Manual de Carreteras, 2013).



2.3 EQUIPOS TOPOGRÁFICOS Y APLICACIÓN

2.3.1 Equipos convencionales

Son equipos que tuvo como uso en la segunda revolución y en la actualidad se sigue haciendo uso de manera universal debido a que las técnicas aun no cambian, por este motivo la obtención y comparación de las nuevas tecnologías de medición tales como sensores remotos, observaciones satelitales que brindan grandes cantidades de información (Mendoza, 2019).

2.3.2 Equipos geodésicos

2.3.2.1 Sistema integrado.

Estos equipos la comunicación y la interacción es mediante radio que está integrado en el equipo GNSS, y del mismo modo el receptor lo cual permite el fácil uso ya que no cuenta con cables (Trimble Inc., 2020).

2.3.2.2 Sistema modular.

Son aquellos equipos que llevan una antena GNSS separada, sus conexiones son a través de cables que van hacia el receptor, *estos* equipos con sistema modular con empleados en estaciones continuas (Trimble Inc., 2020).

2.3.2.2.1 Navegador y submétrico.

Son receptores que tienen como función decodificar la señal C/A de la onda portadora, donde el navegador tiene una precisión de hasta 10 metros, mientras que los submétricos llegan a una precisión dentro del metro ya que estos submétricos trabajan con corrección diferencial (Mendoza, 2019).



2.3.2.2.2 Receptores GNSS de frecuencia L1.

Este tipo de receptores tienen la capacidad de tomar datos de la portadora L1 en dos modalidades como el de código C/A y fase, del mismo modo podría realizar trabajos tanto estático como RTK llegando a tener una precisión hasta de 1 cm (Mendoza, 2019).

2.3.2.2.3 Receptores GNSS de frecuencia L2.

Los receptores de doble frecuencia toman información que es emitida por los satélites, teniendo medidas de código C/A y P en L1, de código P y L2C en L2, y medidas de fase en L1 y L2. Del mismo modo realizan trabajos tanto estático como RTK llegando a una precisión hasta de 5 mm (Mendoza, 2019).

2.3.2.2.4 Receptores GNSS de frecuencia múltiples.

Hacen uso de señales como L2C, L5 y L1C, donde estas señales están ordenadas y se introducirán en los nuevos satélites, y para hacer uso de estas señales se requerirán mínimo de 18 a 24 satélites (Berné et al, 2014).

2.3.3. Vehículos aéreos no tripulado Dron

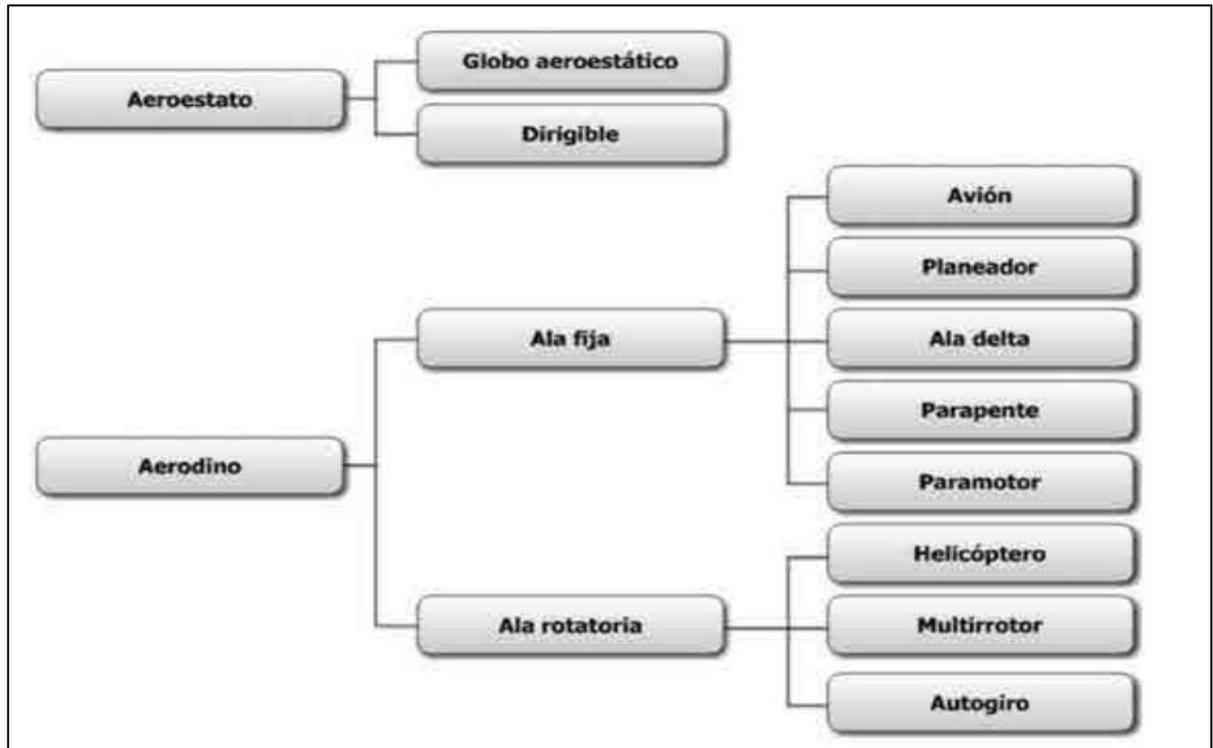
Es una aeronave que es controlado a una distancia (Remotely-Piloted System, RPAS): donde está configurado y formado por una RPA, de estación de pilotaje Remoto a distancia (RPS-Remote Pilot tation), donde estará enlazado, instruido, seguido en el transcurso del vuelo (Cuerno, 2015).

2.3.3.1 Clasificación de Dron.

Se podrían clasificar de varias formas las aeronaves o Dron, pero se clasificará de acuerdo como es que estos equipos están en sobre vuelo y se mantienen en el aire, se muestra en la siguiente figura donde se puede apreciar clasificada por tipologías y características de las aeronaves (Oñate de Mora, 2015).

Figura 5

Clasificación de Dron



Nota. Clasificación de aeronaves por su forma de sustentación.

Fuente: (Oñante de Mora, 2015).

2.3.3.1.1 Dron de ala fija.

Este tipo de aeronave es formado por un fuselaje y unas alas fijas, teniendo como referencia los aviones convencionales, estas aeronaves son diseñados con carácter militar donde puede realizar vuelos de grandes extensiones (Ledesma, 2019).

2.3.3.1.2 Multirrotores.

Son aeronaves que tienen una serie de brazos donde sostienen los motores, teniendo como principal uso en campo de la ingeniería donde en la actualidad se desarrolla tomas de imágenes e incluso videos (Ledesma, 2019).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

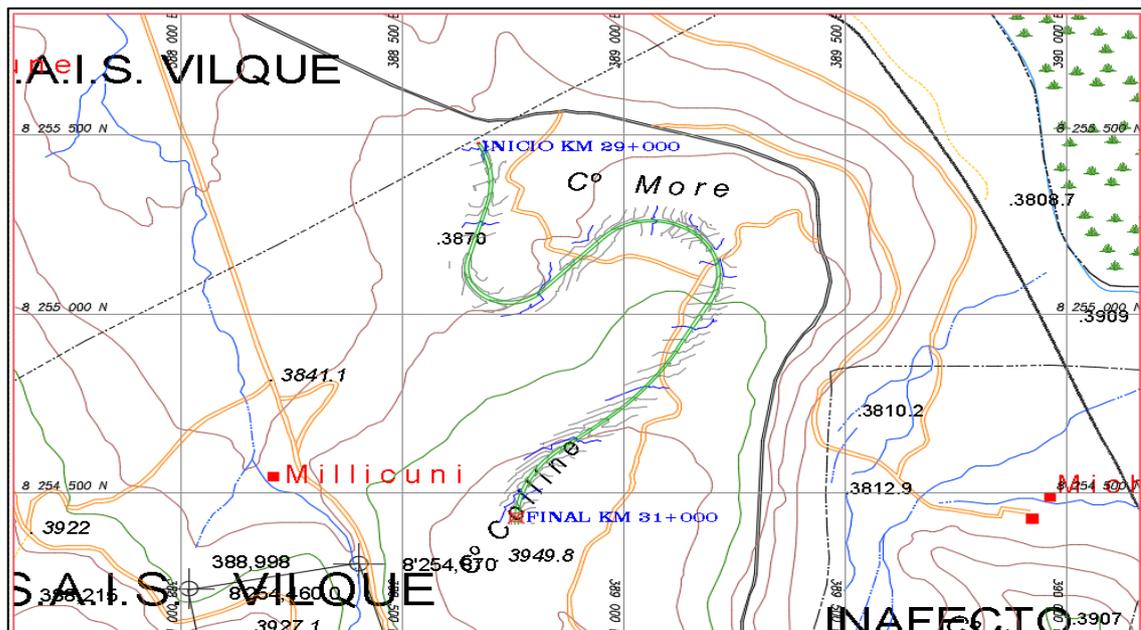
El presente proyecto de investigación se desarrolló en la autopista Juliaca-Puno del km 29+000 al km 31+000 que está ubicado en las coordenadas geográficas Latitud $15^{\circ}46'36.49''S$ Longitud $70^{\circ} 2'21.62''O$, coordenadas UTM Este (x) 388671.4932 m, Norte (Y) 8255478.7208 m y elevación 3855.307 m.s.n.m zona 19 S.

Inicio: KM 29+000 Este (X) 388674.472 m, Norte (Y) 8255480.420 m y Elevación (Z) 3858.421 m.s.n.m.

Final: KM 31+000 Este (X) 388757.428 m, Norte (Y) 8254431.651 m y Elevación (Z) 3944.407 m.s.n.m.

Figura 6

Ubicación del Área de Estudio



Nota. Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: (Hoja catastral 1/25000, 32v – II - NE).



3.2 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

3.2.1 Equipos topográficos

- 01 Dron Phantom 4 RTK
- 01 GPS diferencial Topcon Hiper HR y GR-5
- 01 Trípode
- 01 Cámara fotográficas (Motorola G60)
- 01 Impresora (HP)
- 01 computadora personal portátil

3.2.2 Programas informáticos

- Agisoft Metashape
- AutoCAD Civil 3D
- IBM SPSS Statistics
- Mendeley Desktop
- Microsoft Office 2020

3.3 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

La población para en la presente investigación es la autopista Juliaca – Puno que cuenta del km 0+000 al km 45+000, de lo cual se tomó como muestra el tramo Km 29+000 al Km 31+000.

3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS METODOS, MATERIALES, EQUIPOS

3.4.1 Ubicación de punto geodésico

Se realizó la monumentación de un punto geodésico en el km 31+100 al lado derecha de la autopista Juliaca-Puno tal como se muestra en la figura 7, este punto geodésico ha sido enlazado a la red geodésica nacional del Perú, en este caso al Punto Geodésico PU02 del Instituto Geográfico Nacional del Perú, este enlace se realizó

mediante el método estático fijo para lo cual se ha registrado 3 horas, se realizó el post proceso con el software Trimble Business Center tal haciendo uso del modelo geoidal EGM-2008 como se muestra en la figura 8.

Figura 7

Ubicación del Punto Base AZ-7



Figura 8

Post Proceso de la Línea Base PU02 al AZ-7 en el Software Trimble Business Center

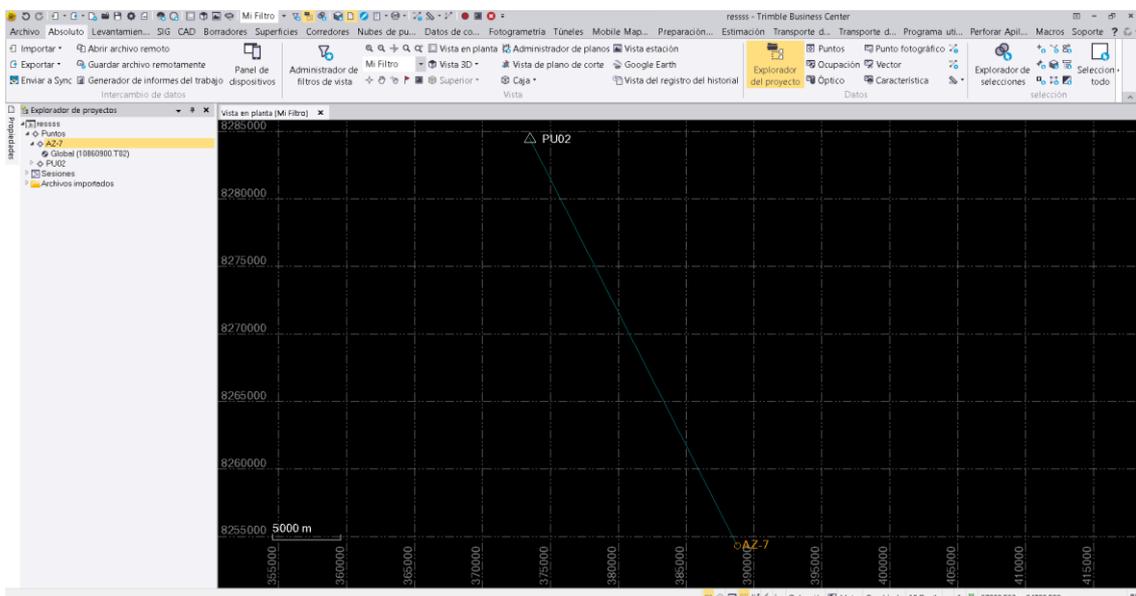


Figura 9

Punto Base AZ-7

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</p> <p style="text-align: center;">INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA</p> 			
CODIGO: Z-7	LOCALIDAD: PAUCARCOLLA	ESTABLECIDA POR: Bach: Dany Francklin Pongo Chalco	
UBICACIÓN: Lado Derecho del Eje de la Autopista KM 31+100		CARACTERISTICAS DE LA MARCA hito de concreto, en medio una varilla de hierro	
LATITUD (s) WGS-84 S15°47'14.55005"		LONGITUD (s) WGS-84 W70°02'19.12274"	
NORTE (Y) WGS-84 8254309.4140		ESTE (X) WGS-84 388751.7160	
ALTURA ELIPSOIDAL: 3996.390	ALTURA GEOIDAL: 3950.965	ZONA UTM 19 SUR	ORDEN C
			
LOCALIZACION: Distrito: Paucarcolla Provincia: Puno Departamento: Puno			
DESCRIPCION: El punto AZ-7 se encuentra ubicada en la carretera de Juliaca - Puno, en la progrevisa 31+100 aprox. Al Lado Derecho del Eje de la Autopista Puno - Juliaca.			
MARCA DE ESTACION: Monumento de concreto en el medio incrustado una varilla de hierro, con la siguiente inscripcion:AZ-7			
REFERENCIA: Carta Nacional Escalas 1/100 000, hoja 32-v Puno.			

3.4.2. Ubicación y levantamiento de puntos de verificación

Se colocó en todo el tramo a intervenir, un total de 21 puntos de verificación que están distribuidos cada 100 metros en los márgenes derecha e izquierda.

Se utilizó láminas de 60 x 60 cm en cada punto de control, donde podremos apreciar en la ortofoto y poder determinar si existe desplazamiento en Este (X) y Norte (Y).

Figura 10

Colocado de los Puntos de Verificación Sobre el Tramo de la Autopista Juliaca- Puno



Figura 11

Levantamiento de los Puntos de Verificación





Tabla 4

Coordenadas Este (X), Norte (Y) de los Puntos de Verificación

Punto	Este(X)	Norte(Y)	Altitud(Z)	Descripción
1	388751.6530	8254439.6640	3944.173	pv1
2	388789.5840	8254530.8090	3937.657	pv2
3	388841.8870	8254617.3320	3933.169	pv3
4	388924.7380	8254669.0020	3928.353	pv4
5	388992.6550	8254743.3780	3923.602	pv5
6	389063.8660	8254804.9210	3919.630	pv6
7	389109.8400	8254894.8600	3914.147	pv7
8	389171.3840	8254981.4410	3908.693	pv8
9	389202.1720	8255073.8100	3903.267	pv9
10	389206.9620	8255174.9260	3898.997	pv10
11	389131.3140	8255238.5850	3892.797	pv11
12	389031.2260	8255264.3810	3888.634	Pv12
13	388958.4560	8255209.6600	3884.456	pv13
14	388879.1430	8255143.1280	3881.883	pv14
15	388819.2820	8255062.3990	3880.310	pv15
16	388726.1860	8255040.9060	3877.751	pv16
17	388647.1360	8255089.9110	3876.845	pv17
18	388663.0010	8255185.6770	3873.156	pv18
19	388680.7230	8255290.3300	3868.417	pv19
20	388705.7730	8255384.0200	3863.881	pv20
21	388664.4150	8255478.4310	3858.139	pv21

3.4.3 Levantamiento topográfico con GPS diferencial modo RTK

Una vez ya teniendo las coordenadas X, Y, Z del punto geodésico instalamos un GPS diferencial como base y un Rover para realizar el levantamiento topográfico del tamo 29+000 al 31+000 km de la autopista Juliaca-Puno.

Se hizo uso de GPS diferencial de marca Topcon Hiper HR y GR-5 donde capta las señales de satélites actuales como:

- GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5
- GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3

Al recolectar los datos del campo con el rover se trabajó con la configuración Medición cinemática en tiempo real

- Horizontal :5 mm + 0.5 ppm
- Vertical :10 mm + 0.8 ppm

Figura 12

Levantamiento del Terreno con GPS Diferencial modo RTK





3.4.4 Levantamiento topográfico con Dron

Una vez planificado el plan de vuelo se procedió a realizar el levantamiento topográfico modo RTK a una altura de vuelo de 50.00 metros para un GSD 1.5cm/px, tomando como foto controles marcas cada 100 metros en el del tamo km 29+000 al 31+000 de la autopista Juliaca-Puno y su procesamiento de las fotografías.

Calculamos el GSD son la siguiente formula:

$$GSD = (H[m] * SW * 100)/(imW * F)$$

H : Altura en metros

imW : Ancho de la imagen en píxeles

GSD : Distancia de muestreo del suelo en centímetros/píxeles

F : Distancia focal en milímetros

SW : Ancho del sensor en milímetros

El trabajo de levantamiento fotogramétrico se realizó con el Dron Phantom 4 RTK:

- Sensor CMOS 1” pulgada
- Grabación de fotografías en ráfaga de 14 fps
- Cámara calibrada de 3 ejes, inclinación de -90 to +30° y paneo to -30 to + 30°
- Vinculación con estación RTK máxima distancia operativa de 7 km

Figura 13

Instalación de la base del Dron Phantom 4 RTK



Figura 14

Configuración del Dron Phantom 4 RTK



Plan de vuelo

Figura 15

Configuración para el Plan de Vuelo del Dron



Altura de vuelo: 50 metros

Traslape

Se configuro traslape longitudinal de 80 % y transversal 80 %

Figura 16

Configuración de los Traslapes de las Fotografías que Tomara el Dron RTK

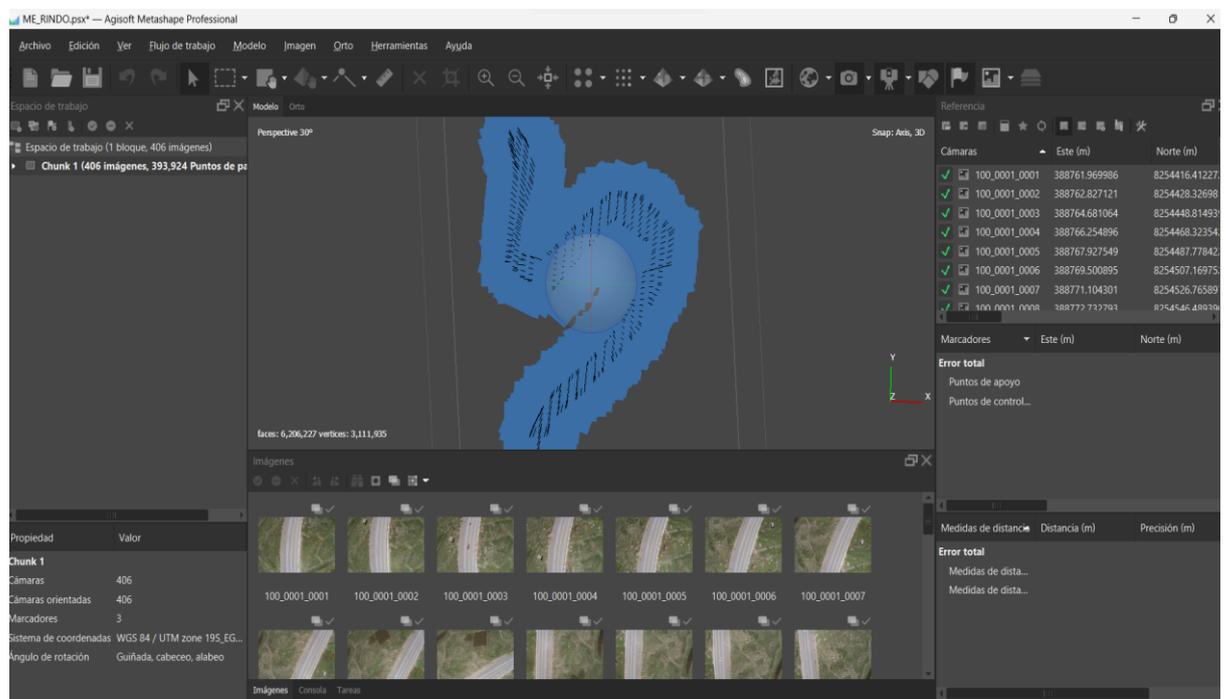


Objetivo 1: Determinar la precisión de las coordenadas Este (X) y coordenadas Norte(Y) del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK

Para determinar la precisión del Dron fotogramétrico después de realizar el levantamiento topográfico las imágenes del Dron lo llevamos al software Agisoft Metashape para su procesamiento.

Figura 17

Imágenes Cargadas al Software Agisoft Metashape



Seguidamente se procedió a generar la nube de puntos, donde podemos observar que la interacción de fotografías en nuestra área de trabajo es mayor a 9 fotos en el cual nos indica que está bien.

Figura 18

La Interacción entre Fotografías

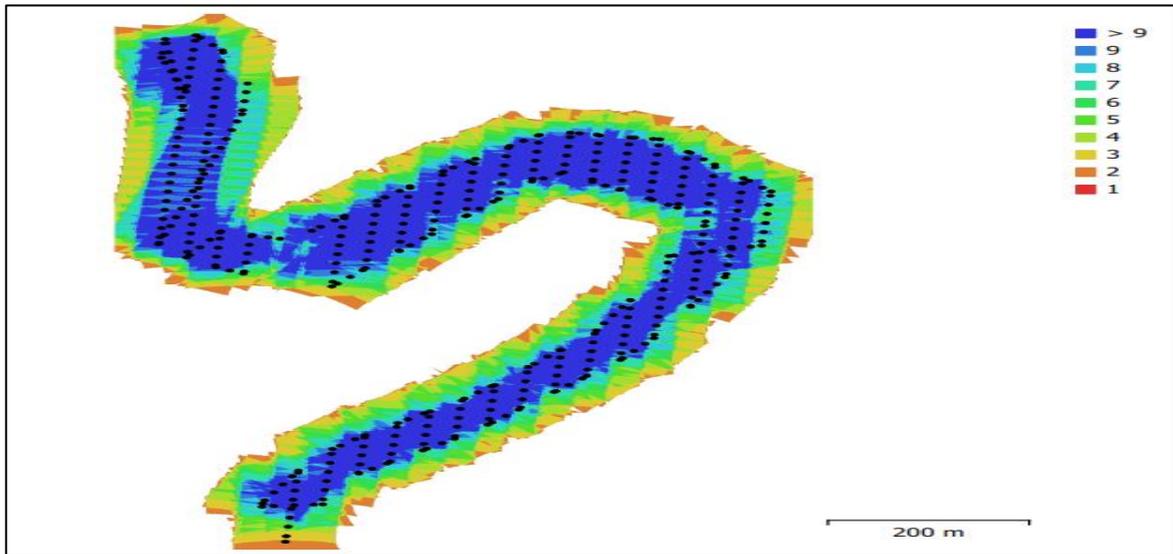
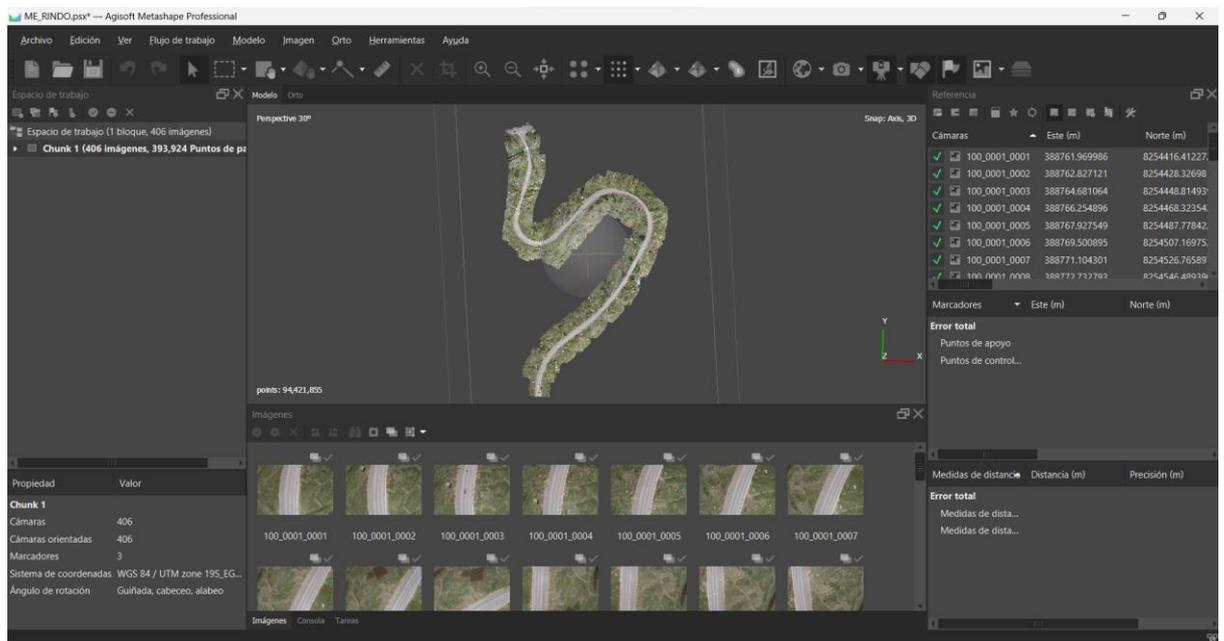


Figura 19

Nube de Puntos densas



Exportamos la nube de puntos que obtuvimos del software Agisoft Metashape, lo importamos al software MicroStation para la clasificación de puntos y obtener la nube de puntos solo de la superficie.

Figura 20

Clasificación de Nube de Puntos

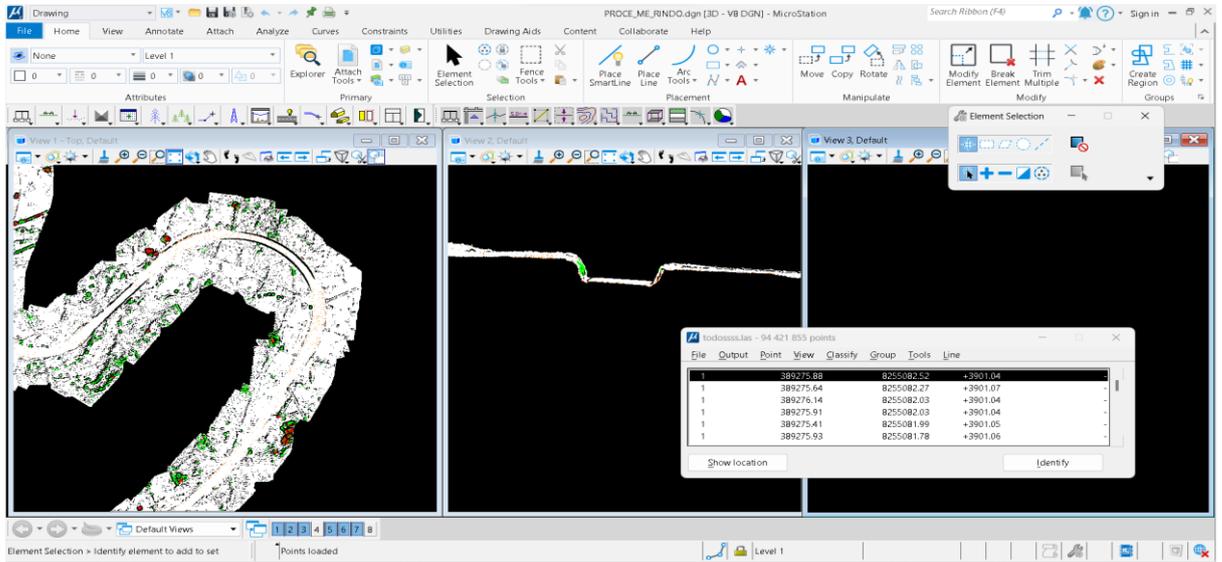
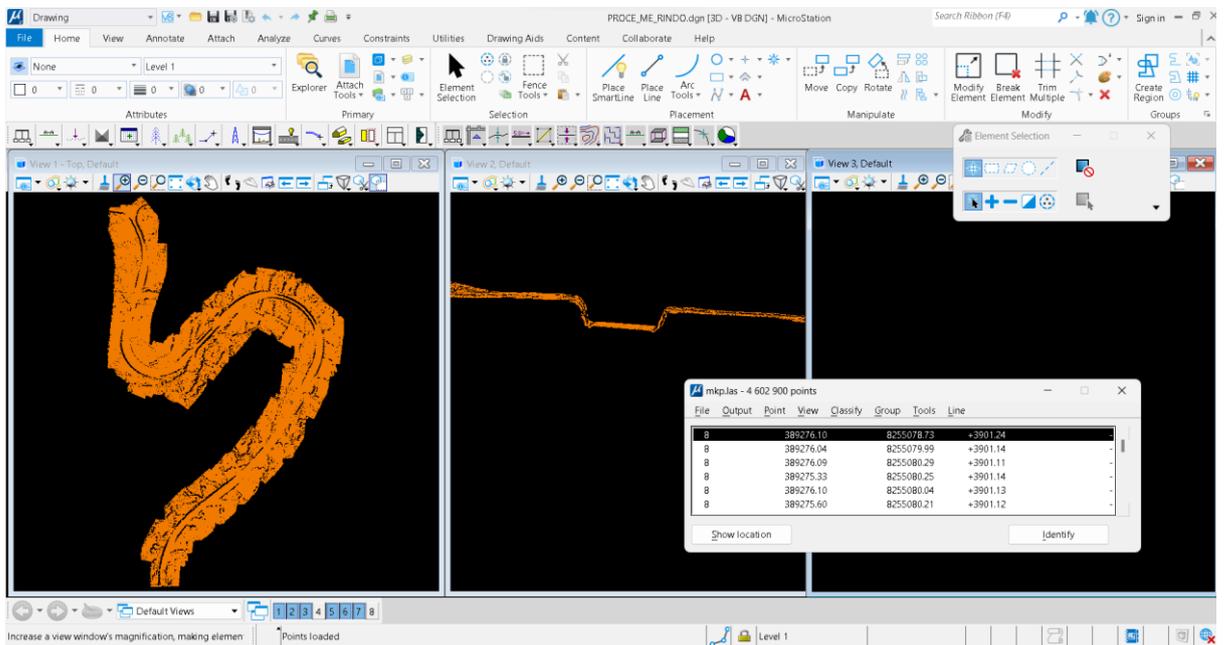


Figura 21

Nube de Puntos Clasificados solo Superficie



Finalmente, una vez realizado los procesamientos por diferentes softwares obtenemos una ortofoto con una resolución de 1.56 cm/pix para importar a Civil 3D y determinar la precisión del Dron fotogramétrica RTK en cuanto a Este (X), Norte (Y). Con los puntos de verificación levantados con el GPS diferencial donde.



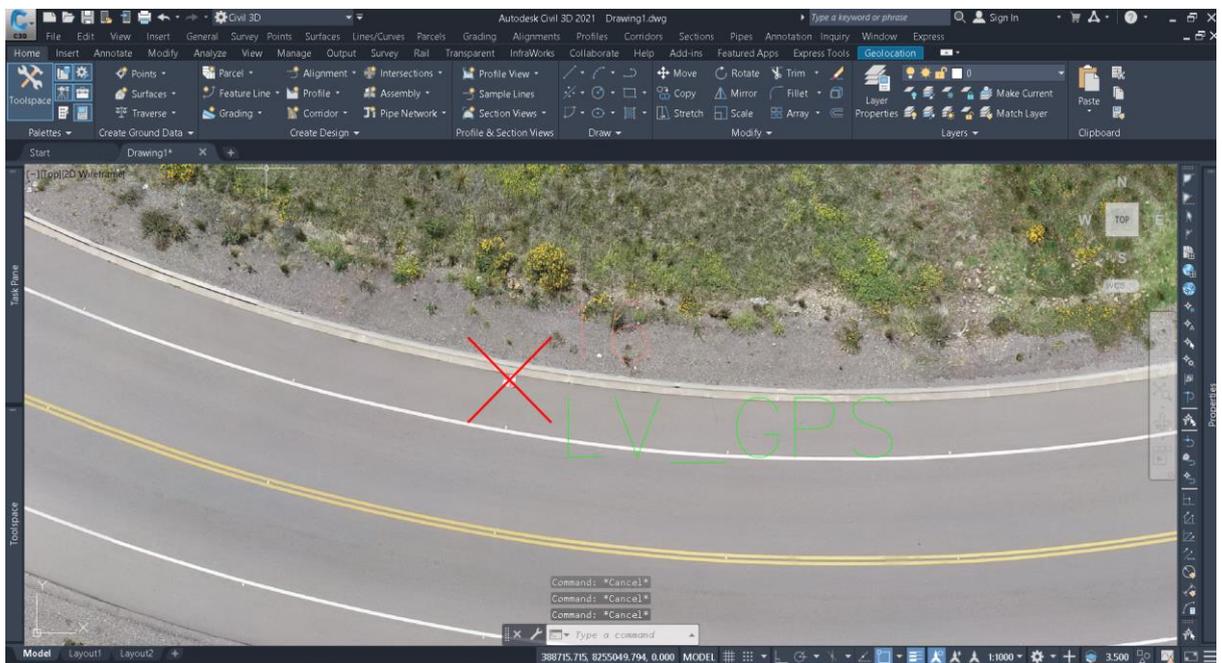
: Lamina que fue colocado para el levantamiento fotogramétrico



: Levantamiento con GPS diferencial para la contrastación

Figura 22

Precisión del Dron Fotogramétrica en Contraste con el GPS Diferencial



Objetivo 2: Determinar la precisión de la Altitud (Z) obtenida mediante el Dron fotogramétrico modo RTK con la Altitud obtenida con el GPS diferencial en modo RTK.

Importamos la nube de puntos clasificados en el software MicroStation y generamos una superficie, del mismo modo importamos la nube de puntos que se levantó con GPS diferencial y creamos una superficie.

Figura 23

Superficie Creada a partir del Levantamiento Fotogramétrico

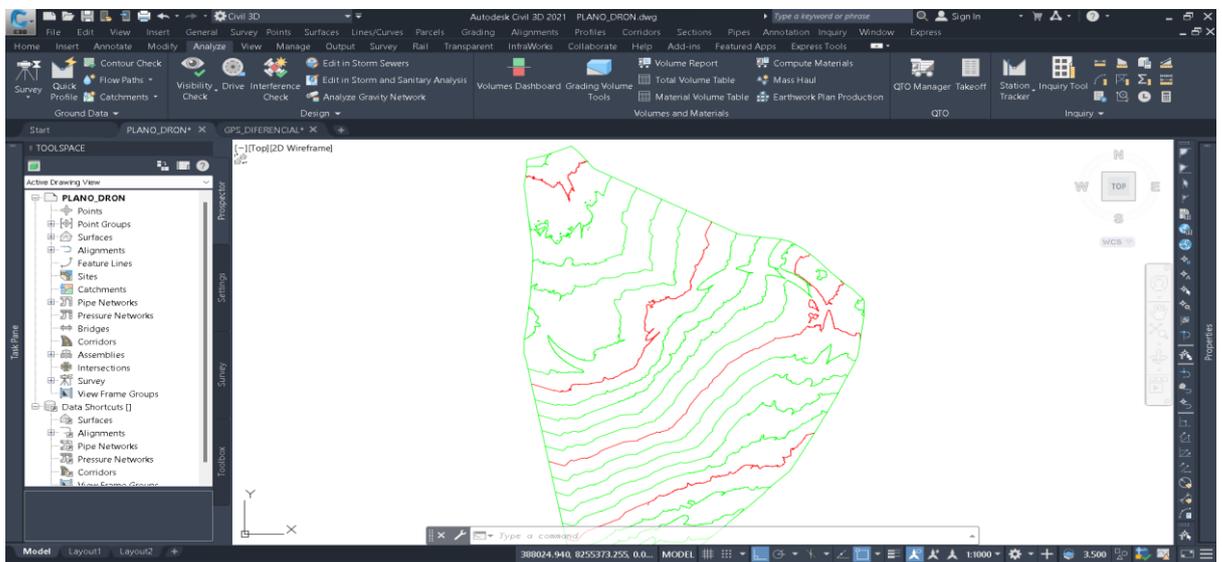


Figura 24

Superficie Creada a partir del Levantamiento Topográfico con GPS Diferencial

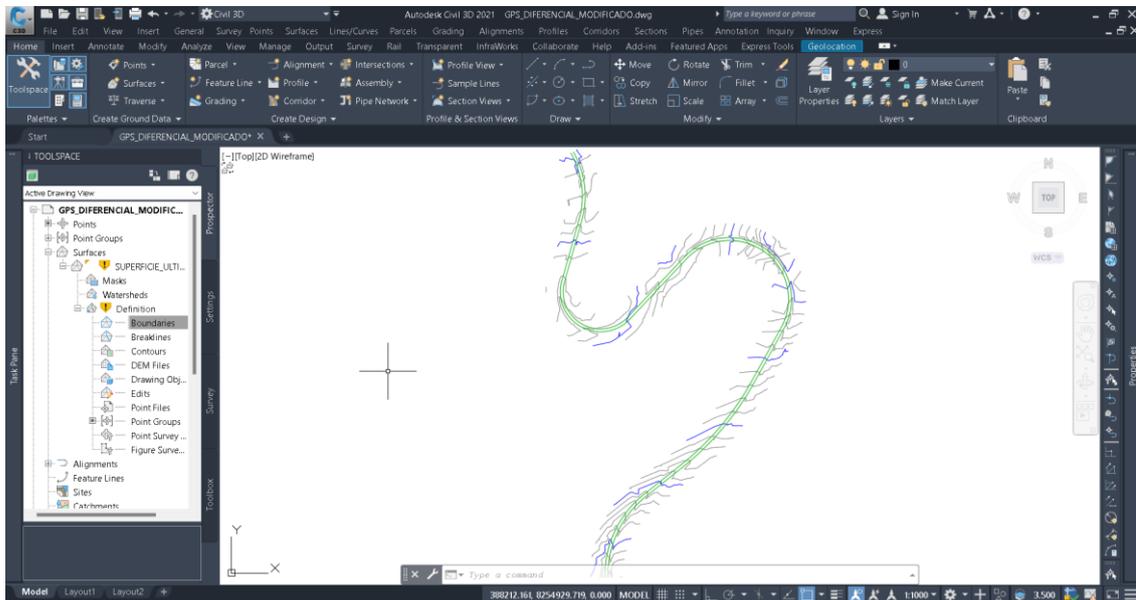


Figura 25

Contrastación de Superficies Obtenidos a partir de los dos Métodos de Levantamientos Topográficos

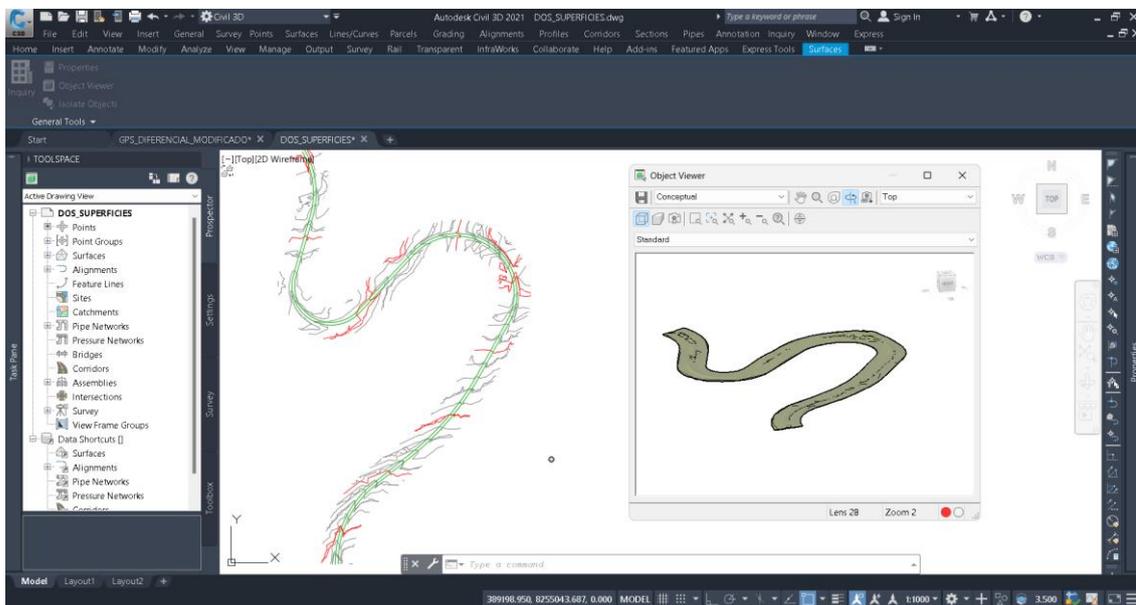
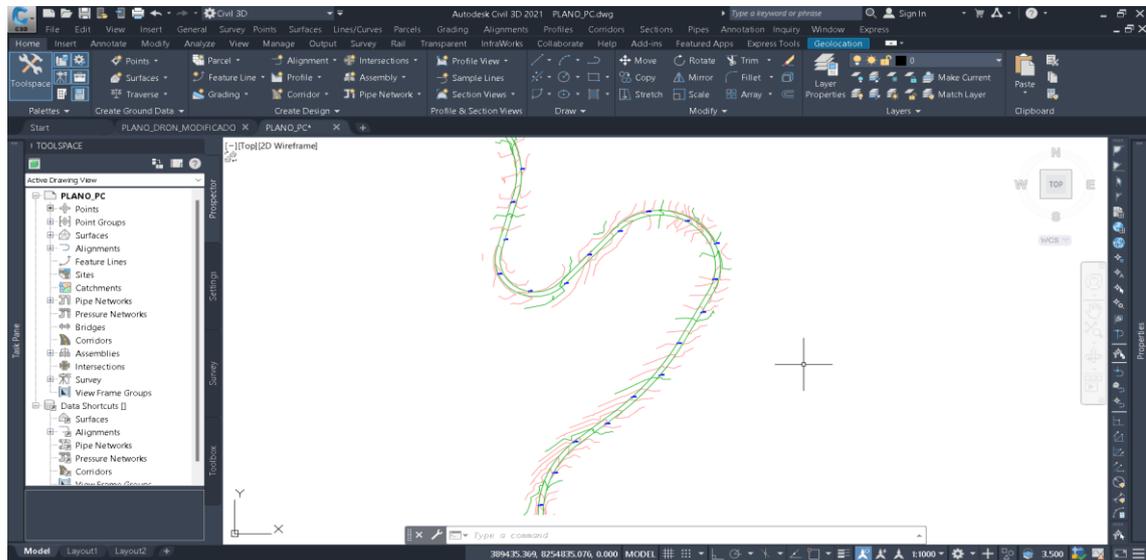


Figura 26

Contrastación de la Altitud en los 21 puntos de verificación con GPS Diferencial



3.5 METODO ESTADISTICO

3.5.1 Significancia estadística

El nivel de significancia a 0.05 o 5 % teniendo un nivel de confianza del 0.095 o 95 %.

3.5.2 Método de investigación

Se aplicará el método cuantitativo y análisis estadístico de los datos recopilados en cuanto a precisión.

3.5.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación corresponde al **nivel descriptivo**, donde se contrastará dos variables.

3.5.4 Análisis de datos para X, Y

Los datos que han sido obtenidos con los dos métodos de levantamiento topográfico, se determinara el tipo de estadístico a utilizar, donde obtendremos el valor de P con el software SPSS.



Tabla 5

Puntos de Verificación para Evaluar en Este (X) y Norte (Y) Ubicados cada 100 metros

Dato	GPS_DIF	DRON_FOTO.	DIFER.	GPS_DIF	DRON_FOTO.	DIFER.
	X1	X2	X2-X1	Y1	Y2	Y2-Y1
PC1	388751.6530	388751.6630	0.0101	8254439.6640	8254439.6710	0.0072
PC2	388789.5840	388789.5548	-0.0292	8254530.8090	8254530.7900	-0.0187
PC3	388841.8870	388841.8610	-0.0264	8254617.3320	8254617.3180	-0.0143
PC4	388924.7380	388924.7124	-0.0253	8254669.0020	8254668.9870	-0.0154
PC5	388992.6550	388992.6347	-0.0204	8254743.3780	8254743.3700	-0.0079
PC6	389063.8660	389063.8443	-0.0213	8254804.9210	8254804.9130	-0.0081
PC7	389109.8400	389109.8179	-0.0219	8254894.8600	8254894.8480	-0.0125
PC8	389171.3840	389171.3165	-0.0672	8254981.4410	8254981.4130	-0.0282
PC9	389202.1720	389202.1376	-0.0342	8255073.8100	8255073.7800	-0.0304
PC10	389206.9620	389206.9486	-0.0138	8255174.9260	8255174.9240	-0.0017
PC11	389131.3140	389131.2779	-0.0361	8255238.5850	8255238.5620	-0.0227
PC12	389031.2260	389031.2046	-0.0215	8255264.3810	8255264.3570	-0.0237
PC13	388958.4560	388958.4479	-0.0087	8255209.6600	8255209.6320	-0.0279
PC14	388879.1430	388879.1194	-0.0235	8255143.1280	8255143.1100	-0.0178
PC15	388819.2820	388819.2516	-0.0305	8255062.3990	8255062.4000	0.0070
PC16	388726.1860	388726.1708	-0.0148	8255040.9060	8255040.8940	-0.0125
PC17	388647.1360	388647.1235	-0.0128	8255089.9110	8255089.8980	-0.0129
PC18	388663.0010	388662.9858	-0.0151	8255185.6770	8255185.6550	-0.0216
PC19	388680.7230	388680.7341	-0.0113	8255290.3300	8255290.3020	-0.0276
PC20	388705.7730	388705.7444	-0.0284	8255384.0200	8255383.9920	-0.0284
PC21	388664.4150	388664.3780	-0.0370	8255478.4310	8255478.4150	-0.0160



Tabla 6

Resumen de Procesamiento de Casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Diferencia de medición de coord. X	21	100.0 %	0	0.0 %	21	100.0 %
Diferencia de medición de coord. Y	21	100.0 %	0	0.0 %	21	100.0 %

N: Tamaño de muestra

Tabla 7

Datos Descriptivos de Coordenadas Este (X) del GPS Diferencial y Dron

Fotogramétrico

Descripción	Estadístico	Error estándar
Media	-.022224	.0035800
95 % de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-.029692
	Límite superior	-.014756
Media recortada al 5 %	-.021664	
Mediana	-.021900	
Diferencia de medición de coord. X	Varianza	.000
	Desviación estándar	.0164058
Mínimo	-.0672	
Máximo	.0113	
Rango	.0785	
Rango intercuartil	.0156	
Asimetría	-.297	.501
Curtosis	2.657	.972

Tabla 8

Datos Descriptivos de Coordenadas Norte (Y) del GPS Diferencial y Dron

Fotogramétrico

	Descripción	Estadístico	Error estándar
	Media	-.016210	.0022458
	95 % de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	-.020894 -.011525
	Media recortada al 5 %	-.016710	
	Mediana	-.016000	
Diferencia de medición de coord. Y	Varianza	.000	
	Desviación estándar	.0102914	
	Mínimo	-.0304	
	Máximo	.0072	
	Rango	.0376	
	Rango intercuartil	.0154	
	Asimetría	.590	.501
	Curtosis	-.133	.972

Tabla 9

Prueba de Normalidad de las Coordenadas Este (X) y Norte (Y)

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia de medición de coord. X	.216	21	.011	.917	21	.074
Diferencia de medición de coord. Y	.121	21	.200*	.949	21	.327

gl: grados de libertad / Sig: Significancia



Aplicación test de Normalidad

Se tomará el estadístico el test de Shapiro-Wilk debido a que contamos con datos menores a 50 unidades.

Hipótesis de normalidad

Ho: Las diferencias de medición siguen una distribución normal

H1: Las diferencias de medición No siguen una distribución normal

Criterio de decisión

Si p-valor (Sig) < 0.05, se rechaza Ho

Si p-valor (Sig) \geq 0.05, se rechaza H1 por ende se acepta Ho

- Para el caso de diferencias de medición de las coordenadas Este (X) se cumple que $0.074 > 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y por ende se acepta la hipótesis nula que considera que las diferencias de medición siguen una distribución normal; por tales razones se opta por la prueba **T de Student para muestras pareadas**.

La **figura 27**, corrobora a la decisión adoptada en la **tabla 9** de la prueba de Shapiro-Wilk puesto que se observa conjuntamente con la **tabla 7** de donde se obtuvo que: Media = $-,022224 <$ Mediana = $-,021900$ no Normal al 95 % de confianza (dif = 0.000324), la cual demuestra que existe dispersión de datos hacia el lado derecho según el del gráfico de barras.

La **figura 28**, de cuantil-cuantil, es la representación del valor de diferencia observado con el valor normalizado teórico, en la cual una correlación estrecha con la línea de referencia indica el distanciamiento del valor observado y el valor normalizado esperado de cada uno de los datos ordenados, se demuestra que los



valores observados tienen acercamiento estadísticamente aceptable a la línea de referencia, la cual corrobora la decisión tomada en la **tabla 9** de Shapiro-Wilk.

- Para el caso de diferencias de medición de las coordenadas Norte (Y) se cumple que $0.327 \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y por ende se acepta la hipótesis nula que considera que las diferencias de medición siguen una distribución normal; por tales razones se opta por la prueba **T de Student para muestras pareadas**.

La **figura 29**, corrobora a la decisión adoptada en la **tabla 9** de la prueba de Shapiro-Wilk puesto que se observa conjuntamente con la **tabla 8** de donde se obtuvo que: Media = $-0,016210 < \text{Mediana} = -0,016000$ no Normal al 95 % de confianza (dif = 0.00021), la cual demuestra que existe dispersión de datos hacia el lado derecho según el del gráfico de barras.

La **figura 30**, de cuantil-cuantil, es la representación del valor de diferencia observado con el valor normalizado teórico, en la cual una correlación estrecha con la línea de referencia indica el distanciamiento del valor observado y el valor normalizado esperado de cada uno de los datos ordenados, se demuestra que los valores observados tienen acercamiento estadísticamente aceptable a la línea de referencia, la cual corrobora la decisión tomada en la **tabla 9** de Shapiro-Wilk.

Figura 27

Campana de Gauss de la Diferencia de las Coordenadas Este (X) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico

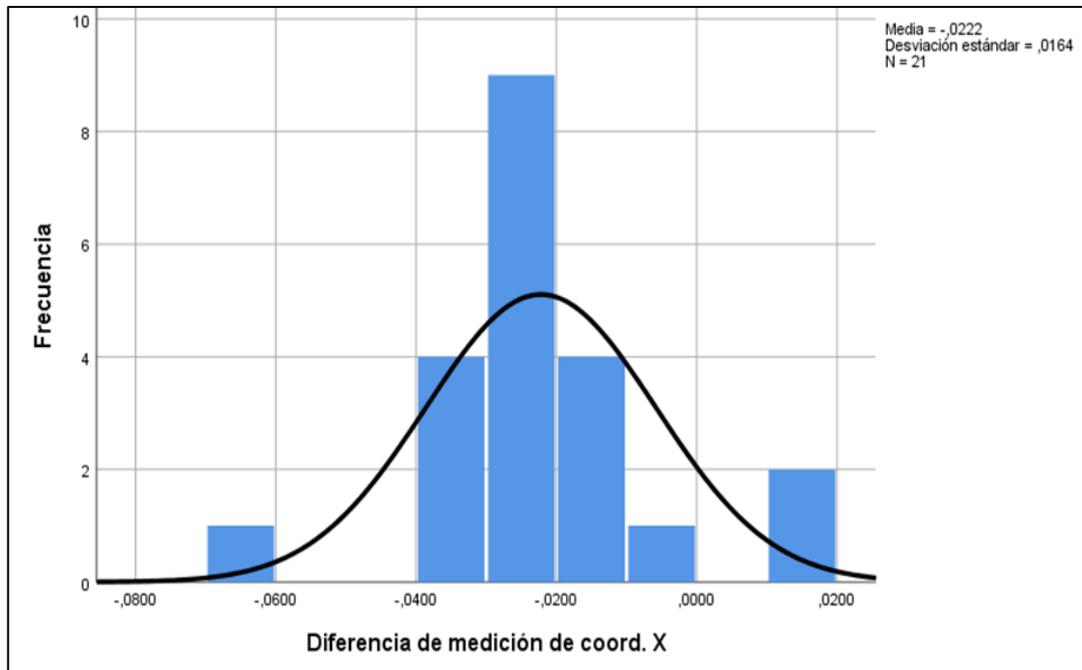


Figura 28

Gráfico de la Diferencia de las Coordenadas Este (X) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico

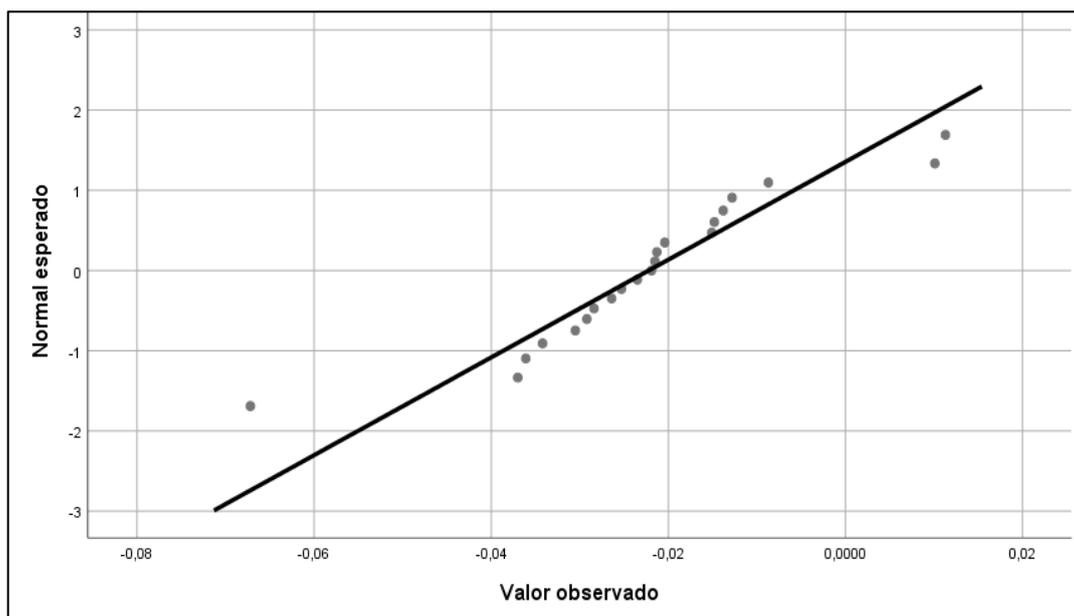


Figura 29

Campana de Gauss de la Diferencia de las Coordenadas Norte (Y) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico

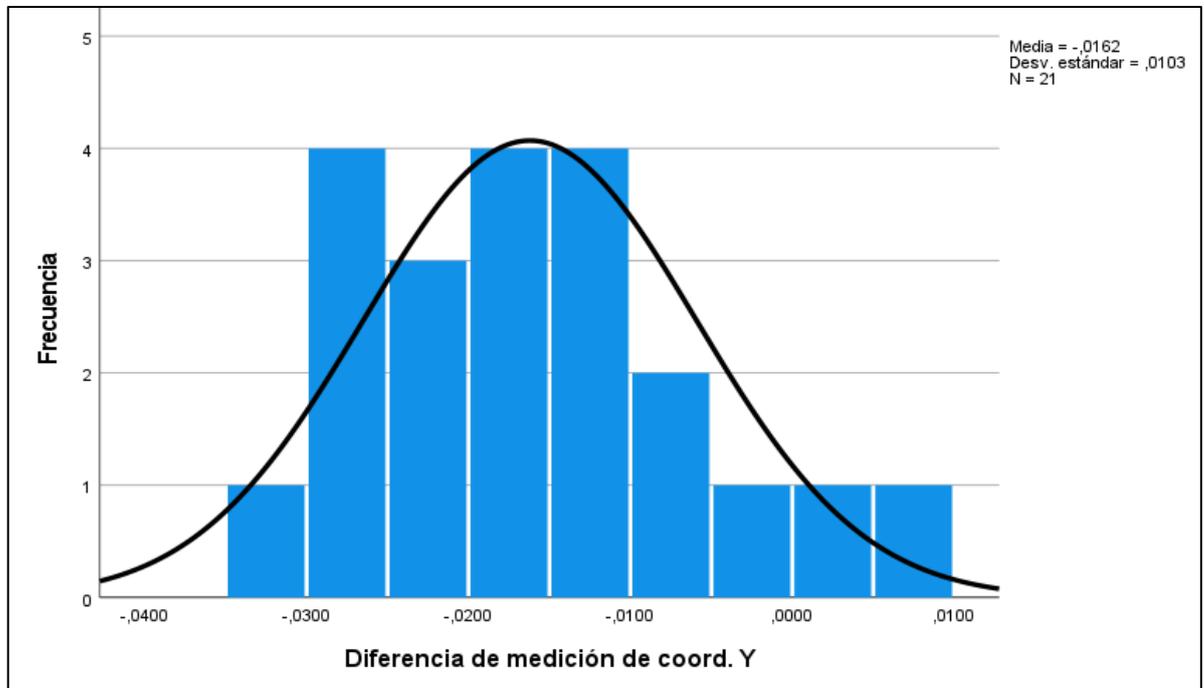
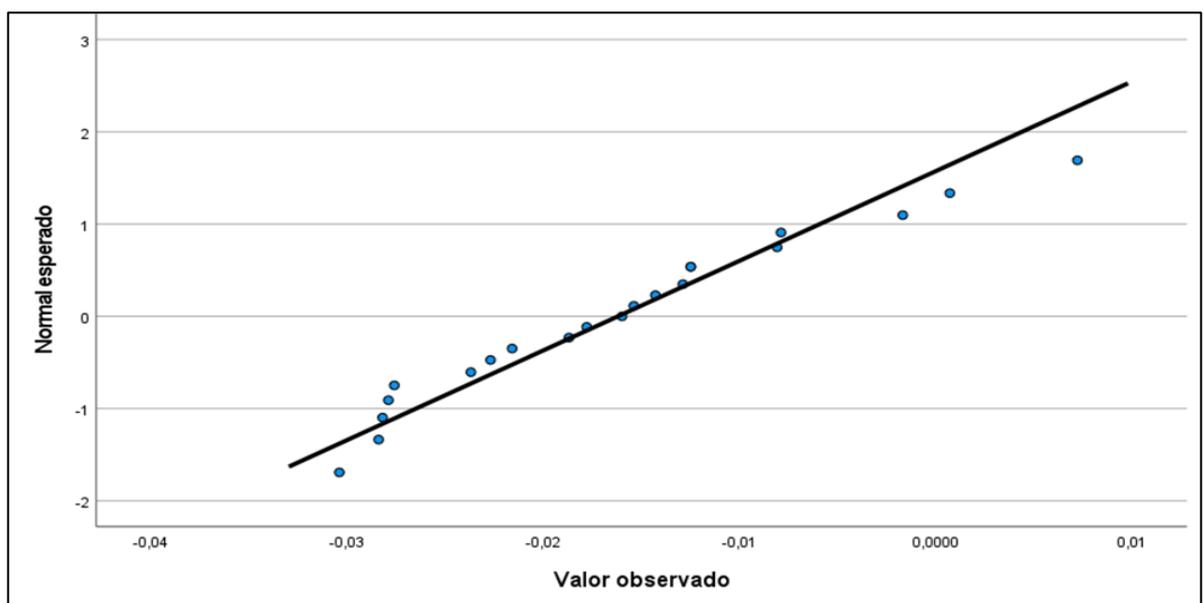


Figura 30

Gráfico de la Diferencia de las Coordenadas Norte (Y) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico





Prueba T Student para muestras relacionadas para diferencias de medición en coordenadas Este (X)

Hipótesis estadística

Ho: No existe diferencia significativa en la precisión de la medición de coordenadas Este (X) utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

H1: Existe diferencia significativa en la precisión de medición de coordenadas Este (X) utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

Nivel de significancia

Nivel de confiabilidad: 0.95

$\alpha = 0.05$ margen de error

Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 , se rechaza Ho

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 , se rechaza H1 por ende se acepta Ho

Tabla 10

Estadísticos Descriptivos de las Coordenadas Este (X)

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Diferencia de medición de coord. X	21	-.022224	.0164058	.0035800

N: Tamaño de muestra

Tabla 11*Prueba T de Student*

Prueba para diferencia de muestras X2-X1						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Diferencia de medición de coord. X	-6.208	20	.000	-.0222238	-.029692	-.014756

t: Diferencia

gl: Grados de libertad

Conclusión hipótesis estadística:

Para el caso de diferencias de medición de las coordenadas Este(X) se cumple que $0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y por ende se acepta la hipótesis alterna que considera que: **Existe diferencia** en la precisión de medición de coordenadas Este (X) utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

Conclusión hipótesis de investigación:

Se acepta la Hipótesis nula planteada que considera que: **No existe similitud** en la precisión del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000



Prueba T de Student para muestras relacionadas para diferencias de medición de coordenadas Norte (Y)

Hipótesis estadística:

Ho: No existe diferencia significativa en la precisión de medición de coordenadas Y utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

H1: Existe diferencia significativa en la precisión de medición de coordenadas Y utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

Nivel de significancia

Nivel de confiabilidad: 0.95

$\alpha = 0.05$ margen de error

Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05, se rechaza Ho

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 , se rechaza H1 por ende se acepta Ho

Tabla 12

Estadístico Descriptivo de las Coordenadas Norte (Y)

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Diferencia de medición de coord. Y	21	-.016210	.0102914	.0022458

N. Tamaño de muestra



Tabla 13

Prueba de T Student

Prueba para diferencia de muestras Y2-Y1						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Diferencia de medición de coord. Y	-7.218	20	.000	-.0162095	-.020894	-.011525

t: Diferencia

gl: Grados de libertad

Conclusión hipótesis estadística:

Para el caso de diferencias de medición de las coordenadas Norte (Y) se cumple que $0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y por ende se acepta la hipótesis alterna que considera que: **Existe diferencia** en la precisión de medición de coordenadas Norte (Y) utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

Conclusión hipótesis de investigación:

Se acepta la Hipótesis nula planteada que considera que: **No existe similitud** en la precisión del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno 29+000 al 31+000 km.

3.5.5 Análisis de datos para Z

Prueba de confiabilidad

Se realiza y acredita con el certificado de calibración de los proveedores de los equipos utilizados en la investigación.



Prueba de normalidad

Se realiza tomando como muestra de comparación la variable medición con GPS diferencial modo RTK. Mientras que la variable a comparar viene a ser la medición realizada con DRON fotogramétrico modo RTK. Cuyos datos son:

Tabla 14

Puntos de verificación de la Altitud (Z)

Punto Verificación	GPS_Diferencial	Dron_Fotogrametrico	Dron-GPS
1	3944.173	3944.184	0.011
2	3937.657	3937.687	0.030
3	3933.169	3933.198	0.029
4	3928.353	3928.368	0.015
5	3923.602	3923.636	0.034
6	3919.630	3919.647	0.017
7	3914.147	3914.179	0.032
8	3908.693	3908.715	0.022
9	3903.267	3903.305	0.038
10	3898.997	3899.052	0.055
11	3892.797	3892.815	0.018
12	3888.634	3888.665	0.031
13	3884.456	3884.498	0.042
14	3881.883	3881.907	0.024
15	3880.310	3880.322	0.012
16	3877.751	3877.775	0.024
17	3876.845	3876.896	0.051
18	3873.156	3873.167	0.011



19	3868.417	3868.451	0.034
20	3863.881	3863.897	0.016
21	3858.139	3858.152	0.013

Tabla 15

Datos Descriptivos de las Altitudes (Z) del GPS Diferencial y Dron Fotogramétrico

Descripción		Estadístico	Error estándar
	Media	.02662	.0027793
	95 % de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	.02079 .03245
	Media recortada al 5 %	.02592	
	Mediana	.02400	
Diferencia de medición de coord. Y	Varianza	.000	
	Desviación estándar	.012800	
	Mínimo	.011	
	Máximo	.055	
	Rango	.044	
	Rango intercuartil	.019	
	Asimetría	.681	.501
	Curtosis	-.170	.972



Tabla 16

Prueba de Normalidad en Altitudes

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia DRON-GPS	.131	21	.200	.931	21	.144

gl: grados de libertad

Sig.: Significancia

Aplicación test de Normalidad:

Si $n > 50$ se aplica Komogorov – Smirnov

Si $n \leq 50$ se aplica Shapiro – Wilk

Para el presente caso se utilizará el test de Shapiro - Wilk

Hipótesis de normalidad:

H0: Las diferencias de medición siguen una distribución normal

H1: Las diferencias de medición No siguen una distribución normal

Nivel de significancia:

Nivel de confiabilidad: 0.95

$\alpha = 0.05$ (margen de error)

Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 , se rechaza H0

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 , se rechaza H1 por ende se acepta H0

- Para el caso de diferencias de medición de las Altitudes que $0.144 \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y por ende se acepta la hipótesis nula que considera



que las diferencias de medición siguen una distribución normal; por tales razones se opta por la prueba paramétrica **T de Student para muestras pareadas**.

La **figura 31** corrobora a la decisión adoptada en la **tabla 17** de Shapiro-Wilk se observa conjuntamente con la **tabla 16** de donde se obtuvo que: El dato mínimo es 0.011 y el máximo es 0.055, siendo la media 0.027, se observa que los datos de diferencia de medición de Altitudes tienen equilibrio de frecuencias a ambos lados de la media, es decir existe simetría de frecuencias; esta condición corrobora a la prueba de hipótesis de normalidad de Shapiro-Wilk en la cual se observa que $0,144 > 0,05$ lo cual implica rechazar la hipótesis alterna y aceptar la hipótesis nula que considera que las diferencias de medición **siguen una distribución normal**.

La figura 32 muestra la correlación de Person (R) y R², que permite la identificación visual de la normalidad de los datos de diferencia de mediciones de las Altitudes, se observa que los datos se encuentran cercanos a la línea ideal de la normalidad perfecta ($R^2 = 0,722$), por lo cual se determina visualmente que los datos de diferencia de mediciones de las Altitudes **siguen una distribución normal**, esta condición corrobora lo analizado en la prueba de hipótesis de Shapiro-Wilk.

Figura 31

*Histograma de Diferencia de las Altitudes (Z) del Dron Fotogramétrico con el GPS
Diferencial*

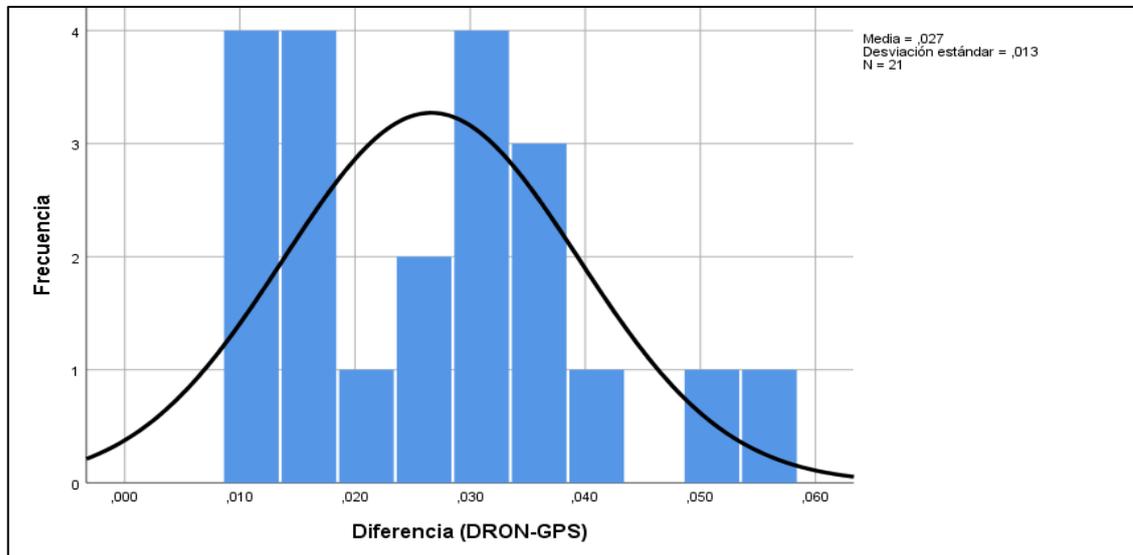
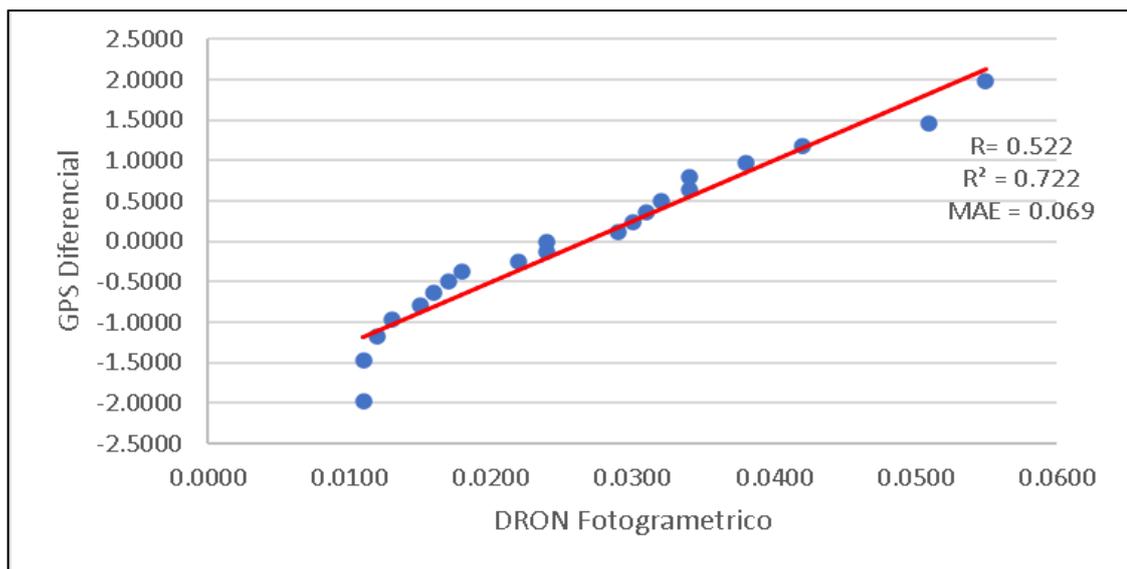


Figura 32

*Grafico de Diferencias de las Altitudes (Z) del Dron Fotogramétrico con el GPS
Diferencial*





Prueba T de Student para muestras relacionadas (diferencias de Medición de en Altitudes (Z))

Hipótesis estadística:

H0: No existe diferencia significativa en la precisión de medición de COTAS utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Puno-Juliaca 29+000 al 31+000 km

H1: Existe diferencia significativa en la precisión de medición de COTAS utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Puno-Juliaca 29+000 al 31+000 km.

Nivel de significancia:

Nivel de confiabilidad: 0.95

$\alpha = 0.05$ (margen de error)

Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 , se rechaza H0

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 , se rechaza H1 por ende se acepta H0

Tabla 17

Prueba T de Student

Prueba para diferencia de muestras de Altitud								
	Media	Desv. Desviación	Desv. EError promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Diferencia de medición de la Altitud	-,026619	,012800	,002793	-,03244	-,02079	-9,530	20	,000

t: Diferencia

gl: Grados de libertad

Conclusión hipótesis estadística

el caso de diferencias de medición de ALTITUDES se cumple que $0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y por ende se acepta la hipótesis alterna que considera que Existe diferencia en la precisión de medición de la ALTITUD utilizando Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Puno-Juliaca km 29+000 al 31+000.

Conclusión hipótesis de investigación:

Se acepta la Hipótesis nula planteada que considera que: No existe similitud en la precisión del Dron fotogramétrico modo RTK en contrastación con el GPS diferencial en modo RTK en la autopista Juliaca-Puno km 29+000 al 31+000.

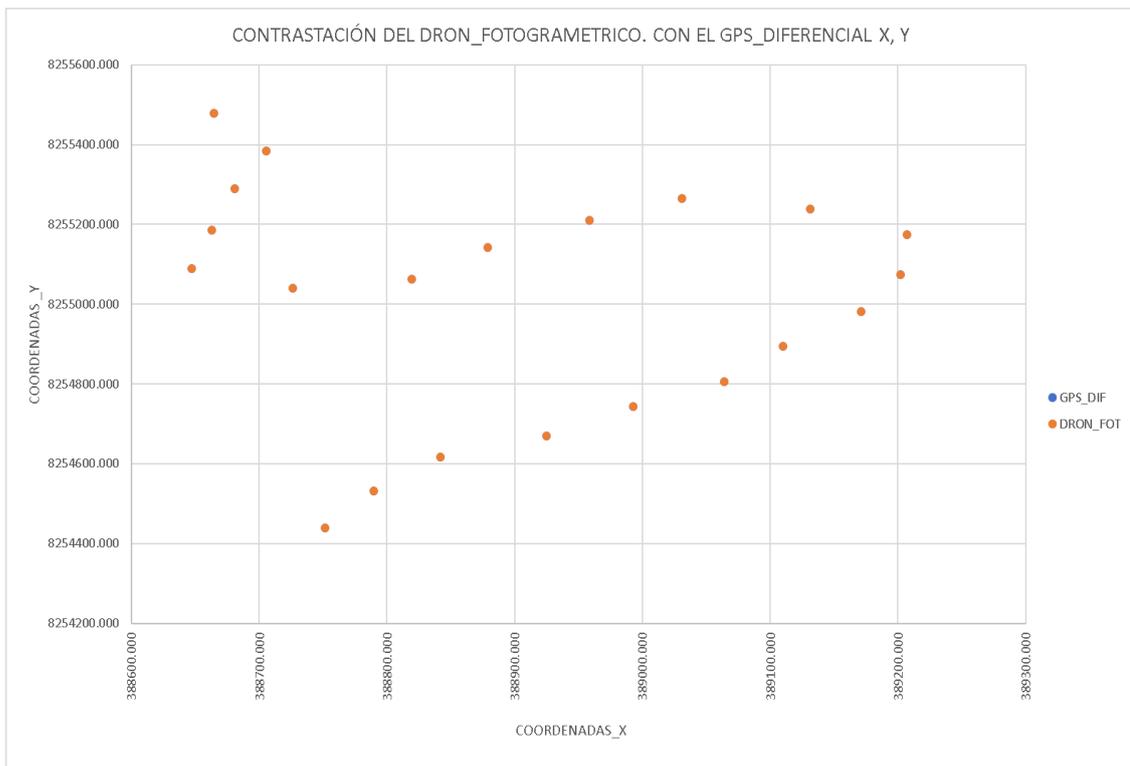
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Se contrasto la precisión del levantamiento topográfico con el Dron fotogramétrico modo RTK con el GPS diferencial modo RTK en la autopista Juliaca-Puno km 29+000 al 31+000. En el cual en la figura 33 se observa que se sobrepone los 21 puntos de verificación.

Figura 33

Precisión del Dron Fotogramétrico en Coordenadas Este (X), Norte (Y), Altitud (Z) en Contraste con el GPS Diferencial





- Se determinó la precisión de las coordenadas Este (X) y Norte (Y) del levantamiento topográfico con el Dron fotogramétrico en contraste con el GPS diferencial en modo RTK, obteniendo como resultado una variación en promedio de -0.0222 m en Este (X) - 0.0162 m y en Norte (Y). Las mismas que se puede apreciar en la tabla 19.

Tabla 18

Promedio de las Diferencias de las Coordenadas Este (X) y Norte (Y)

Dato	GPS_DIF	DRON_FOT.	DIFER.	GPS_DIF	DRON_FO.	DIFER.
	X1	X2	X2-X1	Y1	Y2	Y2-Y1
Media	388902.9236	388902.9014	-0.0222	8255015.1220	8255015.1060	-0.0162

- Se contrasto la Altitud obtenida mediante el Dron fotogramétrico modo RTK con la Altitud obtenida con el GPS diferencial en modo RTK, teniendo como resultado una variación de 0.027 m. De la misma manera se aprecia en la tabla 20.

Tabla 19

Promedio de las Diferencias en Altitud (Z)

Dato	GPS_DIF	DRON_FOT.	DIFER.
	Z1	Z2	Z2-Z1
Media	3897.998	3898.025	0.027



V. CONCLUSIONES

- Del trabajo de investigación realizado se contrasto el levantamiento topográfico de la autopista Juliaca-Puno km 29+000 al 31+000 las coordenadas Este (X), Norte (Y) y Altitud (Z) del Dron Phantom 4 RTK con el GPS diferencial modo RTK, realizando un trabajo adecuado para la obtención de información y así determinar el grado de precisión en las coordenadas.
- Se determino que las coordenadas este (X) y Norte (Y) del levantamiento fotogramétrico con el Dron Phanthom 4 RTK al contrastar con las coordenadas del GPS Diferencial existe variaciones en promedio en este (X) de -0.0222 m y en Norte (Y) de -0.0162 m.
- Se determino que la Altitud (Z) obtenida con el Dron fotogramétrico en modo RTK varia un promedio de 0.027 m al contrastar con el GPS diferencial en modo RTK.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar Dron Phantom 4RTK para levantamientos topográficos que no requieran un nivel de precisión menor al centímetro.
- Se recomienda que para todo trabajo de ingeniería verificar las actualizaciones de los certificados de calibración de los que equipos y así garantizar un levantamiento topográfico de buena calidad e información que permitirá realizar trabajos adecuados.
- Se recomienda realizar otras investigaciones con la tecnología LIDAR incorporado a un Dron.
- Se recomienda tener en cuenta el GSD y altura de vuelo para trabajos que requiere buena calidad de resolución del orto mosaico.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bejarano, J. (2021). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO Y ESTACIÓN TOTAL EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA DE EVITAMIENTO PROGRESIVA 0+000 AL 3+837.26 KM – OTUZCO, LA LIBERTAD, PERÚ 2021*. 0–3.
- Berné et al, J. L. (2014). *GNSS. GPS : fundamentos y aplicaciones en Geomática*.
- Claros, R. (2016). Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados. *Universidad de El Salvador*, 1–319. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14218/1/50108282.pdf>
- Cuerno, C. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*.
- de Luis Ruiz, J. M. (2010). *INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA Y GEODESIA*. 1–99.
- Del rio Santana, O. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14(2), 1–14. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193963490001/193963490001.pdf>
- Escudero, A. A. C. (2020). *VEHÍCULO AÉREO MENOR NO TRIPULADO PARA LA CAPTURA DE IMÁGENES EN LA CARRETERA IQUITOS NAUTA 2019*.
- González, P. (2010). *Levantamiento Mediante Gps*. 1–85. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf>
- Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile, S. (2018). *Geodesia en Chile , teoría y aplicación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)*.
- Instituto Geográfico Nacional del Perú, N. T. G. (2015). *Especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global*. 1–50.
- Jimenez, G. (2013). *Topografía para Ingenieros Civiles*. 53(9), 1689–1699.
- Jimenez, N. (2019). *TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL COMO MÉTODO DIRECTO Y EL USO DE DRONES Y GPS COMO*.
- Ledesma, N. (2019). *LOS DRONES Y SUS APLICACIONES A LA INGENIERÍA*.
- Leiva, S. A. (2021). EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EFECTUADOS MEDIANTE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) A 50 METROS DE ALTURA Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA CARRETERA ABRA CCORAO-CCORAO. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2013–2015.
- Lu et al, Z. (2014). *Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems*.
- Machado, J. (2022). *Básica en español*.



- Manual de Carreteras. (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. R.D. N° 22-2013-Mtc/14, 1, 1–605. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10 EG 2013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC_NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10 EG 2013.pdf)
- Mendoza, J. (2019). *Y GEODESIA*.
- Mendoza, J. (2020). *TOPOGRAFÍA Y GEODESIA*.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Oñate de Mora, M. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*.
- Quirós, E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil*.
- Santamaría & Sanz, J. & T. (2011). *FUNDAMENTOS DE FOTOGRAFÍA*.
- Tacca, H. (2015). Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 1–124. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3882>
- Trimble Inc., G. (2020). *Sistemas topográficos trimble gnss*.
- Wolf & Ghilani, P. & C. (2016). *Topografía*.
- Yamasqui, J. (2022). Evaluación Y Valoración De Levantamientos Topográficos Mediante Aerofotogrametría Y Métodos Tradicionales, Utilizando Estación Total O Gps Diferencial. *Universidad Nacional De Loja*, 69. [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS WILSON FERNANDO.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf)



ANEXOS



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

Nº 0503-23

Nuevo Alquiler **Operatividad** Mantenimiento Reparación Garantía

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : SAUL SARDON FLORES
RUC : 10408186256
DIRECCION : AV.CIRCUNVALACION SUR # 1480 - PUNO

IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO : RECEPTOR GNSS L1 C/A, L2E, L2C, L5
MARCA : TOPCON
MODELO : HIPER HR
SERIE : 1388 - 11601
: 1388 - 11574

GEOCAF TOPOGRAFIA SAC , Mediante su laboratorio de servicio tecnico, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones tecnicas de fabrica en lo referente a la precision obtenida en postproceso y tiempo real.

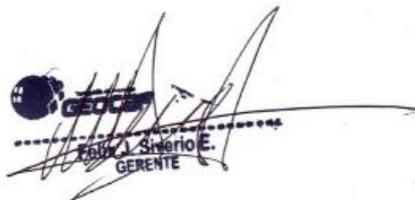
PATRON UTILIZADO :

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK
Con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post
Los receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion año 2012 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los sistemas GNSS.

EQUIPOS RECEPTOR GNSS L1/L2,CA,RTK	POST PROCESO	RTK
VERTICAL	3.5mm + 0.4ppm	10mm + 0.8ppm
HORIZONTAL	3mm + 0.1ppm	5MM + 0.5ppm

SE EXPIDE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE
SE SUGIERE EFECTUAR UNA REVISION EN EL PERIODO MAXIMO DE 06 MESES ANTES DEL 14 DE OCTUBRE DEL 2023

Los Olivos 14 de Abril del 2023


Gerente





GEOCAF
TOPOGRAFÍA S.A.C

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

Nº 0502-23

Nuevo Alquiler **Operatividad** Mantenimiento Reparación Garantía

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : SAUL SARDON FLORES
RUC : 10408186256
DIRECCION : AV.CIRCUNVALACION SUR # 1480 - PUNO

IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO : RECEPTOR GNSS L1 C/A, L2E, L2C, L5.
MARCA : TOPCON
MODELO : GR-5
SERIE : 848-10799
: 848-10807

GEOCAF TOPOGRAFIA SAC , Mediante su laboratorio de servicio tecnico, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones tecnicas de fabrica en lo referente a la presicion obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO :

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK
Con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post
Los receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion año 2012 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los sistemas GNSS.

EQUIPOS RECEPTOR GNSS L1/L2,CA,RTK	POST PROCESO	RTK
VERTICAL	5mm + 0.5ppm	15mm + 1ppm
HORIZONTAL	3mm + 0.5ppm	10MM + 1ppm

SE EXPIDE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE SE SUGIERE EFECTUAR UNA REVISION EN EL PERIODO MAXIMO DE 06 MESES ANTES DEL 14 DE OCTUBRE DEL 2023

Los Olivos 14 de Abril del 2023

Felix A. Sierrio E.
GERENTE



Cel: 959 163 118
 Telf: (01) 633-1707
 ventas@geocaftopografiasac.com
 Av. Las Palmeras N° 3992 - Los Olivos Lima-Perú




INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
Topografía total
SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSICOS (fast static)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General

Reparación

Operatividad

Garantía

Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

Equipo : RPA (DRONE)	Persona Natural o Jurídica : NOE NATHAN RIVAS CHOQUEHUANCA
Fabricante : DJI	
Modelo : PHANTOM 4 RTK	Dirección : Jr. Tacha 340 - Puno
N° Serie : 0V2DGBWRA30166	RUC / DNI : 44888536

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 197-07/2022
Fecha : 18/07/2022

Imagen del RPA :



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo Fotogramétrico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, Dji Actualiza periódicamente versiones de Firmware y Software, estos se encuentran actualizados y dentro de las tolerancias del fabricante, con las siguientes características:

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES - PHANTOM 4 RTK

- Sensores calibrados.
- Imu calibrado
- Cámara calibrada
- Joystick de control calibrado
- Software actualizado (drone , control , estación rtk)
- Vinculación con Estación RTK
- Sensor CMOS de 1" pulgada
- Grabación de video H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps a una velocidad de bits de 100 Mbps
- Grabación de fotografías en rafaga de 14 fps.
- Gimbal de 3 ejes. **Inclinación** de -90 to +30° y **Paneo** de -30 to +30°
- Grabación con modo Draw para seguir una ruta prefijada a la misma altura y concentrarte en la grabación o filmación de imágenes.
- Opción Modo Forward y Modo Free disponibles.
- Evita obstaculos por delante entre 0.7 a 15 metros.
- Máxima distancia operativa de 7 Km

FECHA DE INTERVENCIÓN

Fecha	Actualización	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
18/07/2022	x	x	18/07/2023	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico	GERENTE GENERAL
WILBER MAMANI COARI	INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
	

Ing° Jasmani Yovani Flores Teves

Representante Legal CIP 195571

ORD. N° 197-07/2022



Reporte de procesamiento PPP del punto AZ-7

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	F:\2023 marzo\tesistas\procesamiento \puno.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	43 KB	Zona:	19 South
Modificado/a:	4/04/2023 16:01:49 (UTC:-5)	Datum:	WGS 1984
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica	Datum de referencia global:	WGS 1984
Número de referencia:		Época de referencia global:	
Descripción:		Geoide:	EGM-2008 PERU
Comentario 1:		Datum vertical:	
Comentario 2:		Obra calibrada:	
Comentario 3:			

Componentes de vector (Marca a marca)					
De: PU02					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	373508.229 m	Latitud	S15°30'51.75428"	Latitud	S15°30'51.75428"
Norte	8284432.165 m	Longitud	O70°10'45.77081"	Longitud	O70°10'45.77081"
Elevación	3834.471 m	Altura	3880.637 m	Altura	3880.637 m

Hasta: AZ-7					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	388751.716 m	Latitud	S15°47'14.55005"	Latitud	S15°47'14.55005"
Norte	8254309.414 m	Longitud	O70°02'19.12274"	Longitud	O70°02'19.12274"
Elevación	3950.965 m	Altura	3996.390 m	Altura	3996.393 m

Vector					
Δ Este	15243.059 m	Acimut Adelante NS	153°28'38"	Δ X	11460.857 m
Δ Norte	-30122.867 m	Dist. elip	33767.604 m	Δ Y	12700.538 m
Δ Elevación	115.800 m	Δ Altura	115.420 m	Δ Z	-29137.984 m

Ocupaciones		
	De	A
ID de punto:	PU02	AZ-7
Archivo de datos:	F:\2023 marzo\tesistas\procesamiento\puno \PU02090aB.T02	F:\2023 marzo\tesistas\procesamiento\puno \10860901.T02
Tipo de receptor:	NetR9	R8s
Número de serie del receptor:	5742R51312	6026R91086
Tipo de antena:	Zephyr 3 Geodetic w/TZGD	R8s Internal
Número de serie de la antena:	51129465	-----
Altura de la antena (medida):	0.075 m	1.506 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Centro del tope protector



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO
PERMANENTE**

0. DATOS GENERALES:

Preparado por: Departamento de Procesamiento Geodésico
Realizado: 30 de noviembre de 2020
Versión: 3.1.0

1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:

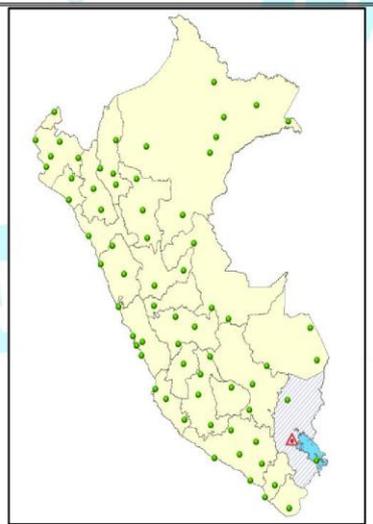
Nombre: Juliaca
Código Nacional: PU02
Código Internacional: 42228M001
Inscripción: Placa de bronce
Orden de la estación: "0"
Fecha de monumentación: 3 de abril de 2010



2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:

Departamento: Puno
Provincia: San Román
Distrito: Juliaca
Ubicación de la estación: Universidad Peruana la Unión

CROQUIS DE UBICACIÓN





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84

Marco de referencia: ITRF2000

3.1. GEODÉSICAS:

Latitud (S)	Longitud (O)
15°30'51.75428"	70°10'45.77081"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
3880.6368	0.999797846646

3.2. CARTESIANAS

X (m)	Y (m)	Z (m)
2085642.8147	-5786561.0415	-1696048.2441

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
373508.2286	8284432.1650
Zona: 19 Sur	

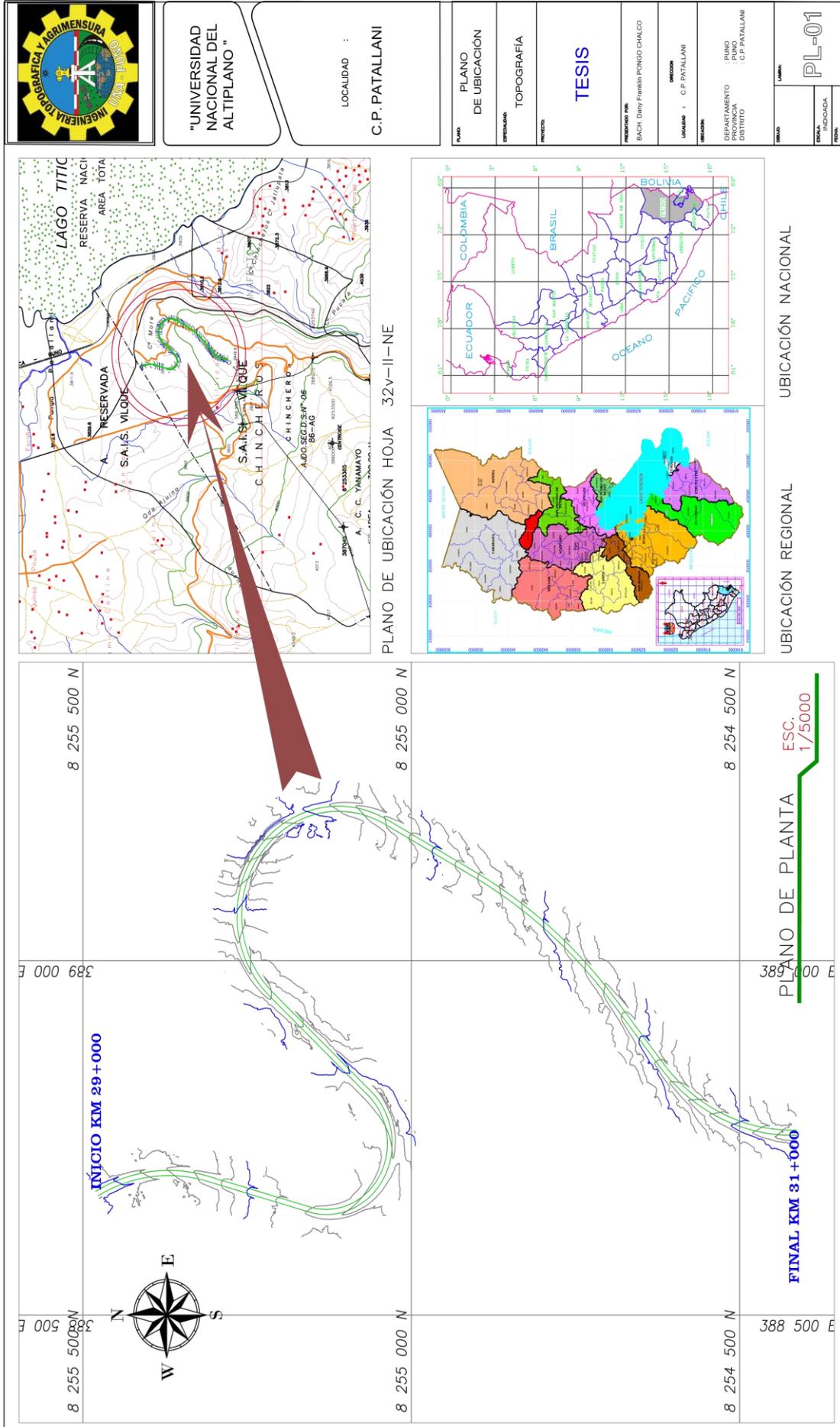
4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

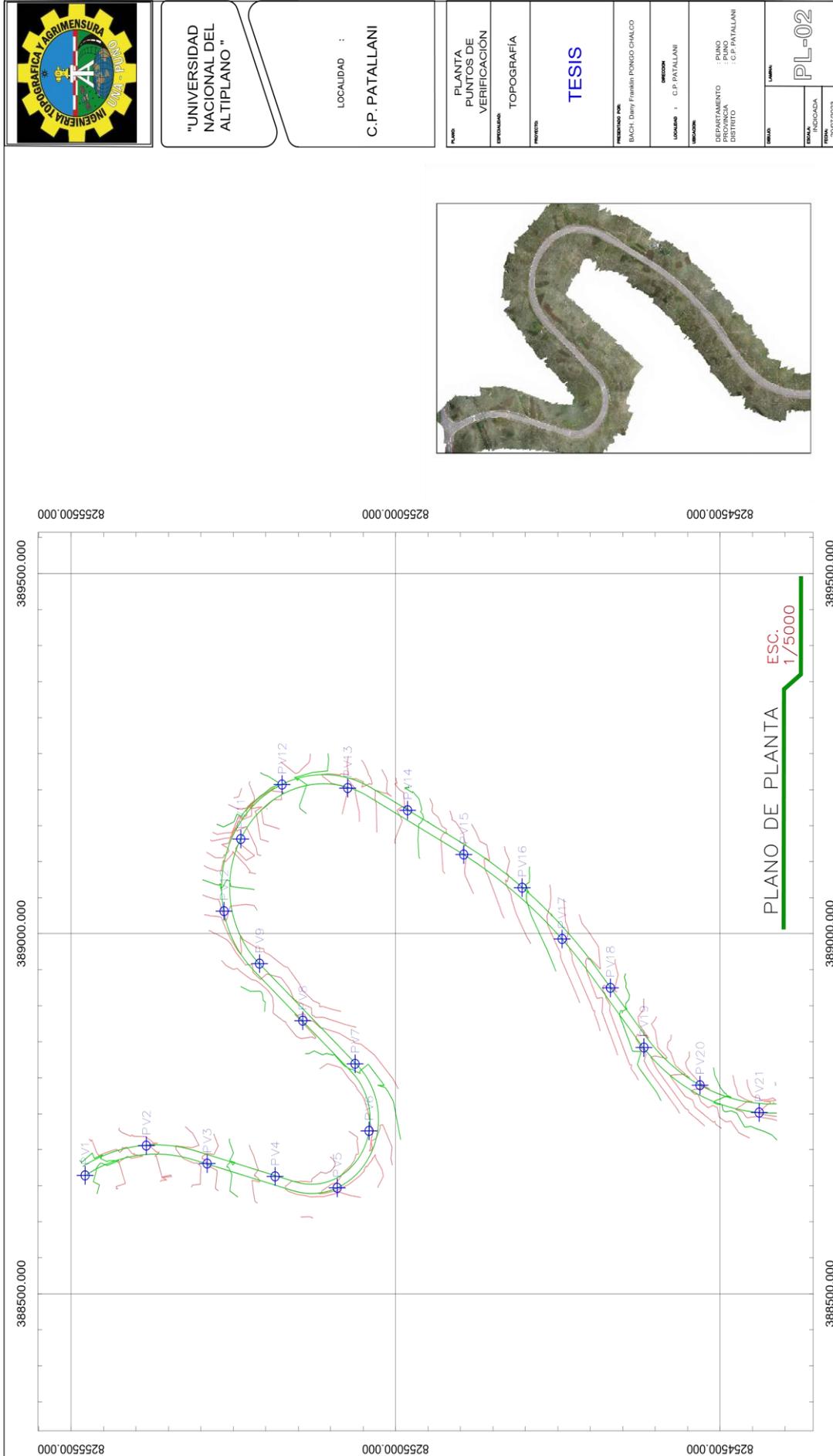
4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia
N° de serie: 5742R51312
Versión del firmware: 5.22
Fecha de instalación: 10 de mayo de 2018
Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada a la pared, ubicada en el Laboratorio del Colegio Adventista del Títicaca de la mencionada universidad.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble
N° de serie: 1551129465
Cubierta protectora: con domo
Medición de la antena: ARP (Base de soporte de la antena)
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación: 10 de mayo de 2018
Ubicación de la antena: La antena se encuentra sobre un monumento de concreto de 2.00 m de alto y 40 cm x 40 cm de ancho de color azul, ubicada en el techo de la oficina de informática de la mencionada universidad.







FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNA-PUNO
ESCUELA PROFESIONAL DE DE ING. TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



FORMATO N°

SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, titulado **PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON FOTOGRAMÉTRICO MODO RTK EN CONTRASTACIÓN CON GPS DIFERENCIAL EN MODO RTK EN LA AUTOPISTA JULIACA-PUNO KM 29+000 AL 31+000**, con código PILAR N° 2022-3020 presentado por el bachiller DANY FRANKLIN PONGO CHALCO, el jurado revisor lo declara:

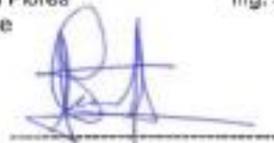
APTO (X)

Por tanto, esta expedito para la sustentación no presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día **21 setiembre del 2023** a las 09:00 horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectúe los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.

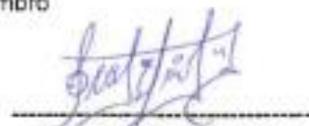
En Puno (C.U.), a los 12 días del mes de setiembre del 2023


Ing. Saul Sardon Flores
Presidente


Ing. Juan Esteban Araoz Barríos
Primer miembro


Ing. Edwin Llanque Chayña
Segundo miembro


Ing. Victor Cipriano Flores Flores
Director o asesor de tesis


Dany Franklin Pongo Chalco
Tesisista

PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaro como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el tramite y la publicación de la exposición y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, con las respectivas medidas de bioseguridad para dicho acto. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (e)

Puno C.U. 12 de setiembre del 2023


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huanca
Sub-Director de la Unidad de Investigación-EPITA



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Dany Franklin Pongo Chalco
identificado con DNI _____ en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Topográfica y Agrimensura

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON
FOTOGRAFÉTRICO MODO RTK EN LA AUTOPISTA JULIACA-PUNO
KM 24+000 AL 31+000 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 12 de septiembre del 2023



FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Dany Franklin Pango Chalco,
identificado con DNI 74313239 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Topográfica y Agrimensura
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DADN
FOTOGRAMÉTRICO MODO RTK EN LA AUTOPISTA SULLACA - PUNO
KM 29+000 AL 31+000 "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de Septiembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella