



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



**COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE COORDENADAS (X, Y,
Z) DE UN LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO A
DIFERENTES TRASLAPES Y ALTURAS DE VUELO
CONTRASTADO CON LA TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. WILDER ALBERTO CHOQUE VIZCARRA

Bach. JOEL ABRAHAM MAMANI CARRILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2024



WILDER ALBERTO CHOQUE VIZCARRA

COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE COORDENADAS (X, Y, Z) DE UN LEVANTAMIENTO FOTOGRAFÉMTRICO A DIFERENTES ...

- My Files
- My Files
- Universidad Nacional del Altiplano

Document Details

Submission ID

trn:oid::10159:74825101

Submission Date

Dec 26, 2024, 9:53 AM GMT-5

Download Date

Dec 26, 2024, 10:01 AM GMT-5

File Name

COMPARACIÓN_DE_LA_PRECISIÓN_DE_COORDENADAS_X_Y_Z_DE_UN_LEVANTAMIENTO.docx

File Size


10.9 MB

116 Pages

18,045 Words

109,489 Characters


Dr. Valeriano CONDORI APAZA
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FGA


Angel Abraham Franco Pineda
0122274
ASESOR.



10% Reporte Similitud

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 10 words)

Top Sources

- 10% Internet sources
- 4% Publications
- 1% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

- Replaced Characters**
38 suspect characters on 12 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Dr. Valeriano CONDORI APAZA
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACION
EPITA - FCA

Angel Abraham Franco Prado
01323279
PROFESOR



DEDICATORIA

A mi querida madre, Carmen, por ser mi faro inquebrantable y brindarme su apoyo incondicional en cada paso de mi camino académico. A mi valioso padre, Alejandro, cuya constante presencia ha sido el pilar sólido que me ha permitido alcanzar mis metas, aportando fortaleza y seguridad a cada uno de mis sueños. A mi hermano, Juan, cuyas vidas son mi inspiración diaria y el recordatorio constante de por qué nunca debo rendirme en la búsqueda de mis objetivos. A mis hermanas Sonia y Lizbeth, cuyas alegrías y energías contagiosas iluminan mis días y han hecho de este viaje uno mucho más significativo. A todos ustedes, por ser la fuerza y el apoyo incondicional detrás de cada logro. Gracias por ser mi motor y mi refugio.

Wilder Alberto Choque Vizcarra

A mis padres, quienes me han enseñado que "La vida, si sabes cómo usarla, es larga." Habéis sido un ejemplo constante de trabajo arduo, integridad y amor inquebrantable. Vuestra sabiduría ha sido el faro que ha iluminado mi camino en momentos de duda y dificultad.

A mis hermanos, que, con su compañerismo y comprensión, me han mostrado que "La felicidad de tu vida depende de la calidad de tus pensamientos," como dijo Marco Aurelio. Vuestra presencia en mi vida ha sido un recordatorio constante de la importancia de la familia y el apoyo mutuo.

Joel Abraham Mamani Carrillo



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar nuestra más profunda gratitud a Dios, nuestro creador, por permitirnos llegar a este punto en nuestras vidas y por otorgarnos la salud y la fortaleza necesarias para alcanzar nuestros objetivos. Su infinita bondad y amor han sido nuestra guía y sustento a lo largo de este camino.

A nuestros distinguidos miembros del jurado: M.Sc. Victor Cipriano Flores Flores, M.Sc Edwin Llanque Chayña e Ing. Alfredo Ponce Flores, les agradecemos sinceramente por compartir sus vastos conocimientos y experiencias. Su apoyo y orientación han sido esenciales para nuestro crecimiento tanto personal como profesional.

Al Ing. Angel Abrahan Franco Pineda, nuestro director de tesis, le expresamos nuestra profunda gratitud por su paciencia y dedicación. Su guía experta y sus valiosos consejos han sido fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

Reconocemos con agradecimiento a nuestra querida Universidad Nacional del Altiplano y a la escuela profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por brindarnos la oportunidad de estudiar en sus prestigiosas instalaciones. La calidad educativa y el entorno inspirador que nos ofrecieron han hecho de nuestra experiencia académica algo verdaderamente memorable y enriquecedor.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE ANEXOS | |
| ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 15 |
| ABSTRACT..... | 16 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 18 |
| 1.2.1. Problema general | 19 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 19 |
| 1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 1.3.1. Hipótesis general..... | 19 |
| 1.3.2. Hipótesis específicas..... | 20 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 22 |
| 1.5.1. Objetivo general..... | 22 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 22 |

CAPÍTULO II



REVISIÓN DE LITERATURA

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.1. | ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 23 |
| 2.1.1. | Antecedentes internacionales..... | 23 |
| 2.1.2. | Antecedentes nacionales | 25 |
| 2.1.3. | Antecedentes locales..... | 28 |
| 2.2. | MARCO TEÓRICO | 29 |
| 2.2.1. | Fotogrametría..... | 29 |
| 2.2.2. | Pixel | 30 |
| 2.2.3. | Traslape longitudinal | 30 |
| 2.2.4. | Altura de vuelo..... | 31 |
| 2.2.5. | Geodesia satelital | 31 |
| 2.2.6. | Topografía..... | 32 |
| 2.2.7. | Procesamiento de líneas base..... | 33 |
| 2.2.8. | Efemérides | 33 |
| 2.2.9. | Lecturas estáticas y cinemáticas | 34 |
| 2.2.10. | Errores y correcciones | 34 |
| 2.2.11. | Factor escala..... | 35 |
| 2.2.12. | Coordenadas topográficas | 36 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 3.1. | ZONA DE ESTUDIO | 38 |
| 3.2. | ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO..... | 39 |
| 3.3. | CONDICIONES CLIMATICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO..... | 39 |
| 3.3.1. | Temperatura | 39 |
| 3.3.2. | Luvias..... | 39 |



| | |
|--|-----------|
| 3.3.3. Viento..... | 40 |
| 3.3.4. Heladas..... | 40 |
| 3.3.5. Topografía..... | 40 |
| 3.4. DURACIÓN DEL ESTUDIO | 41 |
| 3.5. MATERIALES..... | 41 |
| 3.5.1. Materiales..... | 41 |
| 3.5.2. Equipos y accesorios..... | 41 |
| 3.5.3. Programas | 42 |
| 3.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 43 |
| 3.6.1. Tipo de investigación..... | 43 |
| 3.6.2. Diseño de la investigación | 43 |
| 3.6.3. Enfoque de la investigación..... | 43 |
| 3.6.4. Nivel de investigación | 43 |
| 3.6.5. Variables de la investigación | 44 |
| 3.6.5.1. Variable dependiente..... | 44 |
| 3.6.5.2. Variable independiente | 44 |
| 3.6.6. Población | 45 |
| 3.6.7. Muestra | 46 |
| 3.6.8. Prueba estadística..... | 46 |
| 3.6.8.1. Error absoluto medio..... | 46 |
| 3.6.8.2. Error porcentual absoluto medio..... | 47 |
| 3.6.8.3. Error de sesgo medio..... | 47 |
| 3.6.8.4. Coeficiente de Pearson..... | 47 |
| 3.7. CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS | 47 |
| 3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL Y RECOLECCIÓN DE DATOS... | 48 |



| | |
|---|----|
| 3.8.1. Etapa de planificación..... | 48 |
| 3.8.1.1. Fase de preparación..... | 48 |
| 3.8.1.2. Instalación de equipos diferenciales y lectura de datos GNSS . | 49 |
| 3.8.2. Recolección de datos de acuerdo al objetivo específico 1 | 51 |
| 3.8.2.1. Etapa de campo | 51 |
| 3.8.2.2. Levantamiento topográfico convencional..... | 54 |
| 3.8.2.3. Levantamiento fotogramétrico..... | 54 |
| 3.8.3. Recopilación de datos de acuerdo al objetivo específico 2..... | 55 |
| 3.8.3.1. Etapa de campo | 55 |
| 3.8.3.2. Etapa de gabinete | 55 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|-----------|
| 4.1. DETERMINACIÓN DE LOS TRASLAPES A 60/70, 70/80 Y 80/90 EN LA PRECISIÓN DE COORDENADAS OBTENIDAS DE IMÁGENES DE LOS LEVANTAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS. | 66 |
| 4.1.1. Traslapes para las coordenadas X..... | 66 |
| 4.1.2. Traslapes para las coordenadas Y..... | 68 |
| 4.2. EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO DE 80, 120 Y 160 METROS CON DRONES FOTOGRAMÉTRICOS FRENTE A LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CONVENCIONALES..... | 70 |
| V. CONCLUSIONES..... | 73 |
| VI. RECOMENDACIONES | 75 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 76 |
| ANEXOS..... | 82 |



ÁREA: Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro.

TEMA: Otras ingenierías y tecnologías.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Accesibilidad al área de estudio..... | 39 |
| Tabla 2 Traslape de coordenadas X | 52 |
| Tabla 3 Traslape de coordenadas Y | 53 |
| Tabla 4 Obtención de cotas de los traslape a diferentes alturas de vuelo | 57 |
| Tabla 5 Coordenadas procesadas de los puntos ITA-01, ITA-02 Y PUN08005 | 59 |
| Tabla 6 Coordenadas ajustadas de los puntos de análisis | 61 |
| Tabla 7 Coordenadas ajustadas de los puntos de fotocontrol | 62 |
| Tabla 8 Métricas estadísticas para las coordenadas “X” según traslape y altura de vuelo..... | 67 |
| Tabla 9 Métricas estadísticas para las coordenadas “Y” según traslape y altura de vuelo..... | 69 |
| Tabla 10 Métricas estadísticas para las cotas “Z” según traslape y altura de vuelo ... | 71 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Ubicación de la zona de estudio | 38 |
| Figura 2 Instalación del GPS diferencial en el punto PUN08005 | 49 |
| Figura 3 Instalación del GPS diferencial en el punto ITA-01 | 50 |
| Figura 4 Instalación del GPS diferencial en el punto ITA-02 | 51 |
| Figura 5 Levantamiento topográfico con estación total Leica TS-06..... | 54 |
| Figura 6 Vuelo fotogramétrico con dron Phantom 4 | 58 |
| Figura 7 Flujograma resumen del procesamiento de fotos aéreas | 65 |
| Figura 8 Correlación r^2 $x(\text{control}) - x$ (A diferentes alturas y diferentes traslapes). | 68 |
| Figura 9 Error absoluto promedio $y(\text{control}) - y$ (A diferentes alturas y diferentes traslapes)..... | 70 |
| Figura 10 Configuración del sistema de referencia geodésico | 83 |
| Figura 11 Añadir las fotos aéreas..... | 84 |
| Figura 12 Orientación de las fotos aéreas | 84 |
| Figura 13 Generación de la nube de puntos densa..... | 85 |
| Figura 14 Generación de la malla | 85 |
| Figura 15 Ubicación manual de los fotocontroles | 86 |
| Figura 16 Importación de los puntos de fotocontrol..... | 86 |
| Figura 17 Optimización de la orientación de las cámaras | 87 |
| Figura 18 Generación del modelo digital de elevaciones | 87 |
| Figura 19 Generación de las curvas de nivel | 88 |
| Figura 20 Generación de la ortofoto | 88 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| ANEXO 1 Procesamiento de fotos aéreas | 83 |
| ANEXO 2 Reporte de procesamiento GNSS | 89 |
| ANEXO 3 Certificado de calibración de los equipos..... | 99 |
| ANEXO 4 Ajuste de puntos de fotocontrol y puntos de análisis por mínimos cuadrados | 103 |
| ANEXO 5 Certificado IGN del punto geodésico | 111 |
| ANEXO 6 Plano | 112 |
| ANEXO 7 Declaración jurada de autenticidad de tesis..... | 113 |
| ANEXO 8 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.... | 114 |
| ANEXO 9 Declaración jurada de autenticidad de tesis..... | 115 |
| ANEXO 10 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.... | 116 |



ACRÓNIMOS

| | |
|----------|--|
| GNSS: | Sistema global de navegación por satélite |
| GPS: | Sistema de Posicionamiento Global |
| UTM: | Universal Transverse Mercator |
| RPAS: | Sistema de Aeronaves tripuladas por control remoto |
| RTK: | Navegación cinética satelital en tiempo real |
| VANT: | Vehículo Aéreo No Tripulado |
| GLONASS: | Sistema de Navegación Global por Satélite |
| RTK: | Corrección en tiempo real |
| DTM: | Modelo Digital de Terreno |
| WGS84: | World Geodetic System 1984 |
| UAV: | Vehículo Aéreo No Tripulado |
| GNSS: | Global Navigation Satellite System |
| GSD: | Distancia de Muestra Terrestre |
| RMSE: | Error Cuadrático Medio de Raíz |
| CE: | Conformité Européenne |
| FCC: | Federal Communications Commission |
| RoHS: | Restriction of Hazardous Substances |
| UL: | Underwriters Laboratories |
| ISO: | Organización Internacional de Normalización |



RESUMEN

La precisión es fundamental en las mediciones. Mientras que la topografía convencional es reconocida por su fiabilidad, la fotogrametría presenta una precisión variable que depende de factores como el traslape y la altura de vuelo. Se tiene por objetivo general, determinar la precisión de las coordenadas obtenidas mediante levantamientos fotogramétricos, variando los traslapes y las alturas de vuelo, con aquellas generadas por métodos de topografía convencional. La población de la investigación es el área de 4 ha, en el Centro de Producción de Bienes y Servicios Chuquibambilla de la UNAP. La muestra incluyó 20 puntos de control, tomando como base un punto geodésico de orden C con código PUN08005. Del postproceso se obtuvieron las coordenadas de los puntos geodésicos ITA-01 e ITA-02. Se analizaron coordenadas X, Y y Z a través de nueve vuelos fotogramétricos con alturas de 80 m, 120 m y 160 m, y traslapes de 60/70%, 70/80% y 80/90%. Los resultados mostraron alta correlación en las coordenadas X (R^2 : 0.998-0.995) con un error absoluto medio mínimo de 0.011 m a 80 m y traslape 80/90, y máximo de 0.067 m a 120 m y traslape 60/70. En Y, la correlación fue igualmente alta (R^2 : 0.994-0.999), con errores absolutos medios más estables (0.015-0.023 m). En las alturas Z, se observó mayor variabilidad (R^2 : 0.843-0.998), con menor error a 80 m (0.021 m), aumentando a mayores alturas. El error porcentual absoluto medio osciló entre 3.3% y 48.7%, resaltando la sensibilidad del método según los parámetros utilizados, lo que sugiere que bajo ciertas condiciones los desplazamientos obtenidos con fotogrametría difieren de los obtenidos mediante métodos convencionales.

Palabras clave: Coordenadas, Fotogrametría, Precisión, Topografía, Traslape.



ABSTRACT

Accuracy is fundamental in measurements. While conventional surveying is recognized for its reliability, photogrammetry exhibits variable accuracy depending on factors such as overlap and flight altitude. The general objective is to determine the accuracy of coordinates obtained through photogrammetric surveys by varying overlaps and flight altitudes, compared to those generated by conventional surveying methods. The research population is a 4-hectare area located in the Chuquibambilla Goods and Services Production Center of UNAP. The sample included 20 control points, using a C-order geodetic point with the code PUN08005 as the reference. Post-processing provided the coordinates of geodetic points ITA-01 and ITA-02. The X, Y, and Z coordinates were analyzed through nine photogrammetric flights conducted at altitudes of 80 m, 120 m, and 160 m, with overlaps of 60/70%, 70/80%, and 80/90%. The results showed a high correlation in the X coordinates (R^2 : 0.998–0.995), with a minimum mean absolute error of 0.011 m at 80 m and 80/90 overlap, and a maximum of 0.067 m at 120 m and 60/70 overlap. For Y coordinates, the correlation was similarly high (R^2 : 0.994–0.999), with more stable mean absolute errors (0.015–0.023 m). In the Z altitudes, greater variability was observed (R^2 : 0.843–0.998), with the smallest error at 80 m (0.021 m), increasing at higher altitudes. The mean absolute percentage error ranged between 3.3% and 48.7%, highlighting the sensitivity of the method to the parameters used. This suggests that under certain conditions, the displacements obtained through photogrammetry differ from those obtained using conventional methods.

Keywords: Coordinates, Accuracy, Photogrammetry, Overlap, Topography.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito de las mediciones geospaciales, la precisión es un factor que demanda tiempo y costos, la obtención de coordenadas deben ser en tiempos y costos menores por lo que hoy en día se busca utilizar diversas aplicaciones que mejoren el trabajo en el área de ingeniería, que van desde la ingeniería civil hasta la planificación urbana y la gestión ambiental. Históricamente, la topografía convencional ha sido un método confiable para obtener mediciones detalladas del terreno, mediante técnicas como la nivelación y la triangulación (Deliry & Avdan, 2021). No obstante, el surgimiento de la fotogrametría, es una alternativa tecnológicamente que es utilizada en proyectos de ingeniería por su empleo de imágenes de aéreas extensas capturando datos del terreno en grandes cantidades, ofrece nuevas oportunidades y desafíos para los profesionales del sector (Pulido et al., 2023).

La fotogrametría puede ofrecer ventajas significativas en términos de velocidad y cobertura del área, pero su precisión puede variar considerablemente dependiendo de factores como el traslape de las imágenes y la altura de vuelo del dron o la aeronave que captura las imágenes (Mancini & Salvini, 2019). A pesar de su creciente popularidad, hay una notable escasez de estudios comparativos que analicen de manera sistemática cómo estas variables influyen en la precisión de las coordenadas obtenidas mediante fotogrametría, en contraste con los métodos topográficos convencionales. Esta carencia en la literatura limita la capacidad de los profesionales para tomar decisiones informadas sobre la elección del método de medición más adecuado para proyectos específicos.



Aunque la precisión de la fotogrametría ha sido investigada en contextos limitados, aún falta un entendimiento integral sobre cómo diferentes configuraciones de traslape y alturas de vuelo afectan los errores sistemáticos y la variabilidad de las mediciones. Esta investigación es especialmente crucial, ya que los errores en las mediciones pueden generar costosas correcciones en proyectos de construcción y planificación territorial.

Por lo tanto, este estudio busca llenar estas lagunas de conocimiento comparando directamente la precisión de las coordenadas (x, y, z) obtenidas a través de levantamientos fotogramétricos bajo diferentes configuraciones de traslape y alturas de vuelo con aquellas obtenidas mediante la topografía convencional. Esta investigación no solo aportará a la literatura académica, sino que también proveerá guías prácticas para los ingenieros y planificadores en la selección de técnicas de medición geoespacial.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema radica en la falta de comprensión precisa sobre cómo los parámetros de vuelo en fotogrametría aérea, especialmente la altura de vuelo y el traslape entre imágenes, afectan la precisión de las coordenadas (X, Y, Z) obtenidas (Galcerá et al., 2009). A pesar del uso extendido de drones en este campo, el conocimiento insuficiente sobre el impacto de estos parámetros compromete la capacidad de garantizar la exactitud de los datos topográficos generados. Esta deficiencia en la investigación puede resultar en configuraciones de vuelo inadecuadas, lo que lleva a resultados inexactos que afectan la calidad y fiabilidad de los datos obtenidos (Pino, 2019).

A pesar de las teorías extendidas entre los profesionales de la fotogrametría de que volar a alturas más bajas y con mayores niveles de traslape mejora la precisión de los datos, esta suposición no ha sido validada de manera científica. La falta de estudios rigurosos que demuestren la relación precisa entre estos parámetros y la calidad de los



resultados genera incertidumbre en la práctica (Saharahui et al., 2019). Al mismo tiempo, aunque los métodos topográficos tradicionales son valorados por su precisión, son comparativamente más lentos que las técnicas fotogramétricas, lo que limita su eficiencia en algunos casos. La dificultad permanece en la ausencia de evidencia empírica que respalde las teorías actuales sobre la configuración óptima de los parámetros de vuelo en fotogrametría. Esto impide la estandarización de las prácticas y, potencialmente, lleva a decisiones basadas en supuestos incorrectos que afectan la confiabilidad y eficacia de los resultados (Chaverri & Arguedas, 2020).

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la precisión de las coordenadas obtenidas mediante levantamientos fotogramétricos, variando los traslapes y las alturas de vuelo, con aquellas generadas por métodos de topografía convencional?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Los traslapes tendrán influencia en la precisión de las coordenadas con levantamiento fotogramétrico?
- ¿La variación en la altura de vuelo tendrá influencia en la precisión de cotas con levantamiento fotogramétrico?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La influencia de los traslapes y las alturas de vuelo mediante de los levantamientos fotogramétricos tendrán la precisión de las coordenadas obtenidas por los vuelos, frente a los generadas por los métodos de topografía convencional.



1.3.2. Hipótesis específicas

- Los distintos traslapes de imagen (60/70, 70/80, 80/90) tienen un efecto significativo en la precisión de las coordenadas obtenidas mediante levantamientos fotogramétricos.
- Las diversas alturas de vuelo (80, 120, 160 metros) impactan significativamente en la precisión de las cotas obtenidas mediante levantamientos fotogramétricos.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación proporciona una nueva fuente de información sobre cómo los parámetros de vuelo en fotogrametría aérea, en particular la altura de vuelo y el traslape entre imágenes, influyen en la precisión de las coordenadas (X, Y, Z) obtenidas. A pesar del creciente uso de la fotogrametría aérea, especialmente mediante drones, aún existe una falta de claridad en la exactitud de los datos de los datos obtenidos por estas. Este conocimiento es de gran relevancia para realizar los proyectos de ingeniería, ya que una correcta configuración de los parámetros de vuelo es fundamental para garantizar la calidad de los datos topográficos generados (Molina & Sánchez, 2021). Actualmente, la configuración de los parámetros de vuelo varía considerablemente entre los profesionales. Algunos prefieren utilizar alturas de vuelo más bajas y mayores solapes, bajo el supuesto de que estas configuraciones mejoran la precisión de los datos (García & Ortiz, 2020). No obstante, esta suposición aún no ha sido respaldada por estudios rigurosos, y la relación exacta entre estos parámetros y la precisión de los datos sigue siendo incierta. Por otro lado, se ha observado que los métodos topográficos tradicionales, aunque precisos, suelen requerir más tiempo para completar un levantamiento, en contraste con la eficiencia que se asocia a las técnicas fotogramétricas. Para llenar esta brecha de



conocimiento, la presente investigación se propone comparar de manera exhaustiva los datos obtenidos mediante fotogrametría aérea con diversas configuraciones de altura y traslape, frente a los datos obtenidos mediante métodos topográficos convencionales (Miranda & Ortiz, 2020). Los métodos tradicionales, validados y de larga data, servirán como referencia para evaluar la precisión de los datos fotogramétricos. Esta comparación permitirá determinar si las configuraciones actuales realmente ofrecen una mayor precisión o si existen alternativas más efectivas (Pérez & Gutiérrez, 2019).

Los resultados de este estudio serán de gran utilidad para profesionales en los campos de la cartografía, ingeniería topográfica y planificación territorial. Comprender cómo influyen la altura de vuelo y el traslape en la precisión de los datos permitirá desarrollar mejores prácticas y directrices para la configuración de drones en levantamientos fotogramétricos. Esto no solo incrementará la calidad de los datos obtenidos, sino que también optimizará la eficiencia y reducirá los costos de los proyectos, aprovechando las ventajas de rapidez que ofrece la fotogrametría aérea. La investigación proporcionará una base sólida para validar o refutar las teorías actuales sobre la relación entre los parámetros de vuelo y la precisión de los datos (Ibarrera, 2022). Al basarse en evidencia empírica, estas recomendaciones contribuirán a la estandarización de prácticas en el sector, fomentando la mejora continua en las técnicas de fotogrametría. Como resultado, se facilitará una aplicación más eficaz y confiable de esta tecnología en diversas áreas profesionales.



1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Determinar la precisión de las coordenadas obtenidas por levantamientos fotogramétricos con variaciones en traslapes y diferentes alturas de vuelo, con respecto a los levantamientos topográficos convencionales.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de los traslapes a 60/70, 70/80 y 80/90 en la precisión de coordenadas obtenidas de imágenes de los levantamientos fotogramétricos.
- Evaluar la precisión de las cotas a diferentes alturas de vuelo de 80, 120 y 160 metros con drones fotogramétricos frente a los levantamientos topográficos convencionales.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Jiménez et al. (2019), realizaron su investigación de “Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos”. Tuvo como objetivo: Realizar un análisis comparativo entre levantamientos topográficos con Estación Total como método directo y el uso de Dron y GPS como métodos. Metodología: planteo una metodología con enfoque cuantitativo, de diseño experimental, desarrollado en cuatro etapas: la primera corresponde a la planeación del trabajo de campo, la segunda hace referencia a la recopilación de información de campo, la tercera pertenece al procesamiento de la información y la cuarta es la evaluación estadística de los valores obtenidos en los proyectos fotogramétricos. Los datos utilizados en la presente investigación son 24 puntos 8 tomados con dron, 8 con estación total y 8 con GPS diferencial Resultados: Las coordenadas obtenidas en el levantamiento de la bóveda en la Universidad de El Salvador, realizado con estación total respecto a las coordenadas obtenidas con GPS en modo RTK presentan desviaciones que varían entre 1 a 3.5 cm; así también la comparación entre estación total y Dron presenta desviaciones que varían entre 1 a 5 cm. considerando que el uso de estación total conlleva a errores más grandes, los resultados obtenidos son satisfactorios para ambos casos por presentar poca variación entre ellos.



Rios & Puerto (2019), realizaron una investigación sobre “Control terrestre en el proceso fotogramétrico usando vehículos aéreos no tripulados con fines cartográficos en el municipio de Cómbita”, en la investigación se abordó el proceso de foto-control que es una etapa importante para la fotogrametría y es por esto necesario analizar la eficiencia de su implementación y la manera adecuada de ejecución, teniendo en cuenta las técnicas que han surgido con la fotogrametría VANTs y reconociendo al foto-control como una etapa esencial de la fotogrametría clásica. El objetivo general de la investigación es determinar la importancia de la etapa de fotocontrol en el proceso fotogramétrico con vehículos aéreos no tripulados en el municipio de Cómbita departamento de Boyacá. Se planteo una metodología con enfoque cuantitativo, de diseño experimental, desarrollado en cuatro etapas: la primera corresponde a la planeación del trabajo de campo, la segunda hace referencia a la ejecución de vuelos y control terrestre, la tercera pertenece al procesamiento de la información y la cuarta es la evaluación estadística de los valores obtenidos en los proyectos fotogramétricos. Para poder realizar esto, se establecieron 22 proyectos fotogramétricos y 24 puntos de control, los cuales se validan estadísticamente, teniendo en cuenta los parámetros de la ASPRS, que permitieron identificar las distribuciones para la mejora de la eficacia del foto-control como etapa de la fotogrametría clásica.

Santos et al. (2022), en su investigación denominada “*Overlap influence in images obtained by an unmanned aerial vehicle on a digital terrain model of altimetric precisión*”, se analizaron los datos fotogramétricos se utilizan sistemáticamente en varios segmentos. Productos como Modelo Digital de Terreno (DTMs) proporcionan información detallada de la superficie, sin embargo, la confiabilidad geométrica de estos productos es cuestionable en



comparación con los datos recopilados por el estudio topográfico por GNSS RTK. La presente investigación evalúa la calidad de los DTM obtenidos utilizando un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) con diferentes parámetros, porcentajes de superposición y direcciones de vuelo, comparando los resultados con los del método topográfico Global Navigation Satellite System – Real-Time Kinematic (GNSS RTK). Se realizaron doce planes de vuelo con diferentes superposiciones (90x90, 80x80, 80x60, 70x50, 70x30 y 60x40%) y direcciones (transversales y longitudinales a la línea de siembra). Los parámetros de altura (Above Ground Land- AGL) y velocidad se fijaron a 90 m y 3 m/s respectivamente y se obtiene una Distancia de Muestra Terrestre (GSD) de 0,1 m para todos los vuelos. En general, el vuelo con superposición de 70x50% en la dirección transversal generó los mejores resultados, con un tiempo de procesamiento total de 12 minutos y 17 segundos (aproximadamente 1.5 horas más rápido que 90x90%), un Error Cuadrático Medio de Raíz (RMSE) de 0.589 m, y cumple con el solapamiento mínimo requerido por aerofotogrametría de 60X30%; además, los resultados no difirieron estadísticamente de los superposiciones altas de 90x90% y 80x80%.un Error Cuadrado Medio Raíz (RMSE) 0.589 m, y cumple con la superposición mínima requerida por aerofotogrametría 60X30%; además, los resultados no difirieron estadísticamente de las superposiciones altas de 90x90% y 80x80%.un Error Cuadrado Medio Raíz (RMSE) 0.589 m, y cumple con la superposición mínima requerida por aerofotogrametría 60X30%; además, los resultados no difirieron estadísticamente de las superposiciones altas de 90x90% y 80x80%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Mallma (2020), realizó su investigación denominada “Análisis comparativo del método fotogramétrico y convencional para el levantamiento



topográfico de la Av. Ferrocarril – Pachacamac”, tuvo como objetivo comparar la precisión, el costo y el tiempo entre el levantamiento topográfico convencional y el método fotogramétrico con drones en la Av. Ferrocarril, Pachacamac. La metodología incluyó el uso de una estación total y nivel electrónico para el método convencional, y un dron DJI Phantom Pro v2.0 para el fotogramétrico. Los datos fueron procesados en AutoCad Civil 3D y Agisoft Photoscan, respectivamente. Los resultados mostraron que la diferencia en precisión fue mínima (2 cm en X, Y y 3 cm en Z), pero el método con drones resultó 42.93% más económico y 28.41% más rápido. En conclusión, el levantamiento con drones es más eficiente en costo y tiempo, con una precisión comparable al método convencional.

Alvarado (2020), en su investigación denominada “Análisis de la precisión entre los levantamientos Aero fotogramétrico realizado con el dron EBEE plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la universidad nacional Hermilio Valdizan Huánuco - 2019”, ha comparado la precisión del levantamiento Aero fotogramétrico con un levantamiento topográfico. La población de estudio fue el campus de la universidad Nacional Hermilio Valdizan, con un área de 17 hectáreas. La obtención de datos fotogramétricos se hizo en función a 5, 6, 7, 8, 9 puntos de control (determinados por un GPS diferencial Trimble R8) para todas las misiones (3 misiones) y las características de la misión N° 1, fueron: resolución de 3cm/pixel, altura de vuelo de 127.5m y con solape/traslape del 50%/70%, para la misión N° 02: resolución de 3.5cm/pixel, altura de vuelo de 148.8m y con un solape/traslape de 55%/75% y para la misión N° 03: resolución de 4cm/pixel, altura de vuelo de 170m y con solape/traslape de 70%/60%, en total se hicieron 15 vuelos fotogramétricos y para el levantamiento topográfico se empleó un GPS diferencial de la marca Trimble de la serie R8 en modo cinemático. Para una



resolución espacial de $r=3\text{cm/pixel}$, en las coordenadas este se obtiene un nivel de significancia de $\alpha=0.906$, para las coordenadas norte un $\alpha=0.902$ y para la elevación un $\alpha=0.901$, para una resolución espacial de $r=3.5\text{ cm/pixel}$, para la coordenada este, se obtiene un nivel de significancia de $\alpha=0.814$, para la coordenada norte, un nivel de significancia de $\alpha=0.814$ y para la elevación un nivel de significancia de $\alpha=0.813$ y finalmente para la resolución espacial de $r=4\text{ cm/pixel}$, para la coordenada este se obtiene un nivel de significancia de $\alpha=0.714$, para la coordenada norte se obtiene un nivel de significancia de $\alpha=0.724$ y para la elevación se obtiene un nivel de significancia de $\alpha=0.713$, encontrándose los 3 grupos dentro del rango de excelente confiabilidad.

Hinostroza (2021), realizó su investigación titulada “Evaluación de errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial”, en esta investigación se tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado de la evaluación de los errores máximos entre levantamiento topográfico empleando ¿Dron y Sistema de posicionamiento Global Diferencial?, y como objetivo general: analizar los resultados de la evaluación de los errores máximos permisibles entre un levantamiento topográfico empleando el Dron DJI Phantom 4 pro y un receptor GNSS y la hipótesis general: los errores máximos permisibles están en función al método de levantamiento topográfico empleando un dron y sistema de posicionamiento global diferencial. El método general de investigación es científico de tipo aplicada y de nivel explicativo, el diseño es no experimental. La muestra está conformada por los terrenos la Universidad Peruana Los Andes; mientras que la muestra fue tomada de acuerdo con el método no probabilístico o intencional formada por el campus universitario de chorrillos. Como conclusión principal se obtuvo que, de los



levantamientos topográficos analizados en este trabajo de investigación se establece que el efectuado con el sistema de posicionamiento global diferencial es más y exacto teniendo un error máximo de 0.674m en altimetría y un error máximo de 0.007m en planimetría a comparación del dron; en el tema de costos el uso del dron es el 21.25% más económico que el receptor GNSS ya que abarca mayor área en menos tiempo.

2.1.3. Antecedentes locales

Ordoñez & Condori (2022), en su investigación titulada “Análisis de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría con RPAS y su relación a la densidad de puntos de control terrestre”, el objetivo fue determinar la altura de vuelo, los traslapes y la densidad de puntos de control óptimos para un levantamiento topográfico utilizando RPAS en un área de 15 hectáreas en el Centro de Producción de Bienes y Servicios Illpa UNA - Puno. La metodología incluyó el establecimiento de dos puntos geodésicos de orden “c” con un receptor GNSS, la planificación de vuelos fotogramétricos con un Dji Phantom 4 Pro RTK y la ejecución de cuatro vuelos a diferentes alturas (100m y 120m) y traslapes. Se establecieron 15 puntos de control con un receptor GNSS y una estación total Leica. Los resultados mostraron que una menor altura de vuelo y un mayor número de puntos de control mejoran la precisión del levantamiento fotogramétrico. Se concluye que la altura de vuelo y la densidad de puntos de control influyen directamente en la precisión de los resultados.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que emplea fotografías para obtener medidas precisas y generar representaciones detalladas del terreno. Se basa en la captura de imágenes desde diferentes ángulos y alturas, ya sea mediante aeronaves, drones o cámaras terrestres. Estas imágenes se procesan para crear modelos tridimensionales del terreno, así como mapas topográficos que reflejan con precisión las características geográficas del área (Iñiguez, 2024). La fotogrametría es una técnica avanzada que utiliza imágenes fotográficas para obtener mediciones precisas y generar representaciones detalladas tanto de superficies terrestres como de objetos (Ordóñez et al., 2019). Este método se fundamenta en la captura de fotografías desde diferentes ángulos y alturas, lo cual permite captar múltiples perspectivas de un área o estructura. Dependiendo de las necesidades del proyecto, estas imágenes pueden tomarse desde aeronaves tripuladas, drones, satélites, o cámaras fijas situadas en tierra (Pérez, 2016). Cada uno de estos sistemas proporciona información esencial para diferentes aplicaciones, desde la cartografía hasta la ingeniería civil.

El proceso fotogramétrico en topografía permite la creación de Modelos Digitales del Terreno (DTMs), que muestran las variaciones en la elevación y otros detalles del paisaje. Los datos obtenidos a partir de estas imágenes permiten medir dimensiones y distancias entre objetos, documentar cambios en el terreno a lo largo del tiempo y elaborar mapas que incluyen carreteras, cuerpos de agua y otras características relevantes (Nájera, 2021).



La fotogrametría se valora por su capacidad para capturar grandes áreas de manera eficiente y con alta precisión. Esta técnica no solo proporciona una visión detallada del terreno, sino que también ofrece una herramienta poderosa para la toma de decisiones informadas en diversas aplicaciones topográficas (Claros et al., 2016).

2.2.2. Pixel

El píxel es el componente fundamental y más pequeño de una imagen digital, y se encuentra en una cantidad masiva que, en conjunto, constituye la imagen completa. Cada píxel actúa como una unidad de color uniforme, y la combinación de múltiples píxeles con una gama diversa de colores genera una imagen con diferentes niveles de complejidad. Los píxeles pueden tener tres o cuatro colores diferentes, como rojo, verde y azul, o magenta, amarillo y cian (Diaz et al., 2014)

2.2.3. Traslape longitudinal

En fotogrametría, el traslape longitudinal se refiere al porcentaje de superposición entre imágenes consecutivas tomadas a lo largo de la trayectoria de vuelo de un vehículo aéreo. Esta superposición es esencial para asegurar que las imágenes adyacentes se alineen correctamente, lo que permite una cobertura completa del área de interés. El traslape longitudinal garantiza que todas las áreas del terreno sean capturadas de manera continua y precisa, facilitando la reconstrucción tridimensional y el modelado detallado del terreno. El traslape longitudinal se ajusta para mejorar la calidad de los datos obtenidos y la precisión en la creación de modelos digitales del terreno. Una superposición adecuada



permite que las áreas no capturadas en una imagen sean cubiertas por las imágenes siguientes, evitando vacíos y errores en el modelo final (Neira, 2005).

2.2.4. Altura de vuelo

En topografía, la altura de vuelo se refiere a la altitud a la que un vehículo aéreo no tripulado (UAV) opera durante la captura de imágenes o la realización de levantamientos fotogramétricos. Esta altura es importante ya que determina el área de cobertura y la resolución de los datos obtenidos. A mayor altura de vuelo, mayor será el área cubierta en una sola pasada, pero con menor resolución; a menor altura de vuelo, se obtiene una mayor resolución, pero se cubre una menor área (Erazo, 2023).

2.2.5. Geodesia satelital

La geodesia satelital se enfoca en la observación y análisis de las señales provenientes de satélites artificiales en órbita alrededor de la Tierra para establecer posiciones exactas en la superficie terrestre y modelar su forma y dimensiones. Esta área se apoya en principios matemáticos y físicos que facilitan el cálculo de la posición tridimensional de puntos en la Tierra mediante la recepción de señales de sistemas de navegación por satélite como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global) (Zepeda, 2015).

La geodesia satelital igualmente comprende la teoría de la observación de satélites, que investiga el comportamiento de las señales emitidas por los satélites mientras atraviesan la atmósfera terrestre hacia los receptores en la superficie. Este estudio implica calcular el tiempo de tránsito de las señales, corregir las alteraciones atmosféricas, y precisar la posición exacta del satélite en el espacio en un instante determinado (Marijan & Tomislav, 2021).



La geodesia satelital utiliza sistemas de coordenadas terrestres que facilitan la representación de puntos en la superficie de la Tierra a través de coordenadas geográficas (latitud, longitud, altura) o coordenadas cartesianas (x, y, z) basadas en un elipsoide de referencia. Estos sistemas de coordenadas son esenciales para la geolocalización y el posicionamiento exacto en aplicaciones como navegación, cartografía, ingeniería y ciencias de la Tierra (Delva et al., 2023).

2.2.6. Topografía

Detallada la superficie de la Tierra, incluyendo sus formas y características, tanto naturales como artificiales. Su objetivo principal es medir y representar en un plano o mapa las dimensiones y la ubicación de terrenos, elevaciones, pendientes, accidentes geográficos, y estructuras construidas por el ser humano. Para ello, se emplean técnicas de medición como el uso de instrumentos especializados (como teodolitos, niveles, estaciones totales, y sistemas GPS) que permiten obtener datos precisos sobre la forma y el relieve de una zona (Claros et al., 2016).

La precisión y la exactitud son principios fundamentales en el campo de la medición geoespacial. La precisión se refiere a la coherencia y la capacidad de repetir los resultados de una medición, o sea, la habilidad de un método para producir resultados consistentes bajo condiciones idénticas. Por su parte, la exactitud indica la proximidad de los resultados de una medición al valor verdadero o reconocido como correcto. En efecto, la exactitud se asocia con la ausencia de sesgos en la medición y la capacidad de un método para ofrecer resultados que se acerquen al valor real (Anderson, 2019).



2.2.7. Procesamiento de líneas base

En la geodesia satelital, el procesamiento de líneas base implica determinar las distancias y posiciones relativas entre dos o más receptores GNSS fijos en la superficie terrestre. Este procedimiento se fundamenta en la captura simultánea de señales de múltiples satélites por los receptores y el análisis comparativo de las diferencias en el tiempo de llegada de estas señales para calcular con alta precisión las distancias entre los receptores (Dabove & Di Pietra, 2019).

El procesamiento de líneas base involucra el análisis de datos crudos de pseudorrango o fases de portadora de satélite, capturados por receptores GNSS. Estos datos se analizan mediante algoritmos de ajuste, como el método de mínimos cuadrados, para calcular las coordenadas tridimensionales de los receptores y los parámetros de reloj y efemérides de los satélites. Se realizan además correcciones para mitigar errores sistemáticos tales como el retraso atmosférico, la interferencia de señales y los errores del reloj del receptor (Moya, 2022).

El resultado del procesamiento de líneas base es la determinación exacta de las coordenadas relativas entre los receptores GNSS. Esto facilita la formación de redes geodésicas de gran precisión, las cuales son esenciales para aplicaciones como el control de deformaciones del suelo, el monitoreo de movimientos tectónicos y la elaboración de cartografía detallada (Paniagua & Valverde, 2017).

2.2.8. Efemérides

En la geodesia satelital, las efemérides se refieren a los datos que especifican la posición y la velocidad de los satélites en un momento determinado. Estos datos son fundamentales para determinar la ubicación exacta de los

receptores GNSS en la superficie terrestre. Las efemérides detallan la trayectoria orbital de cada satélite, su posición relativa al sistema de coordenadas terrestres y su velocidad instantánea en el espacio (Cedeño & Alfaro, 2018).

2.2.9. Lecturas estáticas y cinemáticas

En geodesia satelital, las lecturas estáticas y dinámicas representan dos métodos diferenciados para la recolección de datos de posicionamiento por satélite, cada uno adaptado a necesidades y aplicaciones particulares. Las lecturas estáticas consisten en la captura de señales GNSS durante un tiempo extendido, típicamente desde una ubicación fija. A lo largo de este período, los receptores GNSS capturan de manera continua las señales de satélites y determinan la ubicación precisa del receptor en un punto específico sobre la superficie terrestre. Este método se emplea frecuentemente en tareas que demandan gran precisión, como la creación de puntos de control geodésicos o el seguimiento de cambios en el terreno a lo largo del tiempo (Zepeda, 2015).

En contraste, las lecturas dinámicas en geodesia satelital involucran la captura de señales GNSS mientras el receptor se encuentra en movimiento. Aquí, el receptor monitorea las señales de los satélites mientras se desplaza, lo que facilita la determinación de su posición en tiempo real y el seguimiento preciso de su ruta. Este método se aplica en contextos como la navegación vehicular, la cartografía móvil y el posicionamiento en tiempo real, donde es esencial conocer la ubicación del receptor durante su movimiento (Iñiguez, 2024).

2.2.10. Errores y correcciones

En la geodesia satelital, los errores y sus correcciones son elementos cruciales que se deben considerar para asegurar la precisión en las mediciones de



posicionamiento por satélite. Estos errores pueden originarse en varias fuentes y comprometer la exactitud de los resultados. Algunos de los errores más habituales incluyen los errores atmosféricos, los errores de reloj en el receptor, los errores de multipath y los errores en las efemérides (Yuan et al., 2023). Los errores atmosféricos ocurren debido a la refracción de las señales GNSS al pasar por la atmósfera terrestre, lo que puede alterar la velocidad de propagación de las señales y, en consecuencia, impactar la precisión en las mediciones de distancia. Para mitigar estos errores, se aplican modelos atmosféricos y técnicas de corrección que consideran variables como la presión atmosférica, la temperatura y la humedad (Nikolaidou et al., 2020).

Los errores de reloj del receptor se relacionan con las diferencias entre el tiempo registrado por el reloj interno del receptor GNSS y el tiempo real del GPS. Estas discrepancias pueden generar imprecisiones en las mediciones de tiempo y, por ende, en la determinación de la ubicación del receptor. Para rectificar estos errores, se emplean señales de tiempo precisas suministradas por estaciones terrestres de monitoreo GPS, y se realizan correcciones diferenciales a las mediciones de tiempo (Mikoś et al., 2023). Los errores de efemérides se deben a inexactitudes en los modelos empleados para pronosticar la ubicación de los satélites GPS en el espacio. Estos errores pueden generar imprecisiones en las estimaciones de la posición del receptor y necesitan ser corregidos mediante el uso de efemérides actualizadas y precisas (Montenbruck et al., 2015).

2.2.11. Factor escala

El factor de escala es un elemento esencial en la geodesia, empleado para ajustar las mediciones de distancias en la superficie terrestre y asegurar la



precisión de los cálculos geodésicos. Sirve para corregir las dimensiones observadas en la Tierra, considerando la esfericidad y las deformaciones del elipsoide terrestre (Torres et al., 2010).

En la geodesia, las mediciones de distancias se ven afectadas por distorsiones originadas por la curvatura de la Tierra y las irregularidades en su forma. Por ello, resulta importante aplicar correcciones para lograr mediciones precisas y consistentes en diversas áreas geográficas. El factor de escala, a menudo representado por la letra 'k', es utilizado con este fin (Marijan & Tomislav, 2021).

Este factor se calcula basándose en la posición geográfica del área bajo estudio y se utiliza para calibrar las coordenadas planas o geodésicas. La corrección toma en cuenta las variaciones en longitud y latitud, así como las diferencias en la esfericidad de la Tierra en distintas localizaciones (Delva et al., 2023).

La relevancia del factor de escala se debe a su habilidad para corregir las distorsiones propias de la proyección cartográfica empleada, asegurando mediciones precisas y coherentes en diferentes aplicaciones geodésicas. En áreas como la cartografía, la ingeniería civil, la navegación marítima, y otras disciplinas afines, el factor de escala es fundamental para mantener la precisión y uniformidad de los datos geoespaciales utilizados (Delva et al., 2023; Moya Zamora, 2022).

2.2.12. Coordenadas topográficas

Las coordenadas topográficas representan un sistema de referencia empleado en topografía para detallar la posición de puntos en la superficie de la Tierra respecto a un plano de referencia y una altitud determinada. Este sistema utiliza coordenadas cartesianas, aplicando unidades de longitud (típicamente



metros) para definir la ubicación horizontal de un punto y unidades de altura (comúnmente metros sobre el nivel del mar) para señalar la altitud del punto en comparación con una superficie de referencia (Anderson, 2019).

Las coordenadas topográficas se determinan utilizando métodos de medición topográfica como la taquimetría, la triangulación y la medición por satélite. Estos métodos facilitan la determinación de las coordenadas horizontales (en los ejes X e Y) y la altitud (eje Z) de un punto concreto en la superficie terrestre. Las coordenadas topográficas son ampliamente empleadas en diversas áreas como la ingeniería civil, la geología, la cartografía y la planificación urbana, entre otros campos (Kolkos et al., 2022).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada en el Centro Experimental de la Universidad Nacional del Altiplano CHUQUIBAMBILLA, ubicado en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, departamento de Puno.

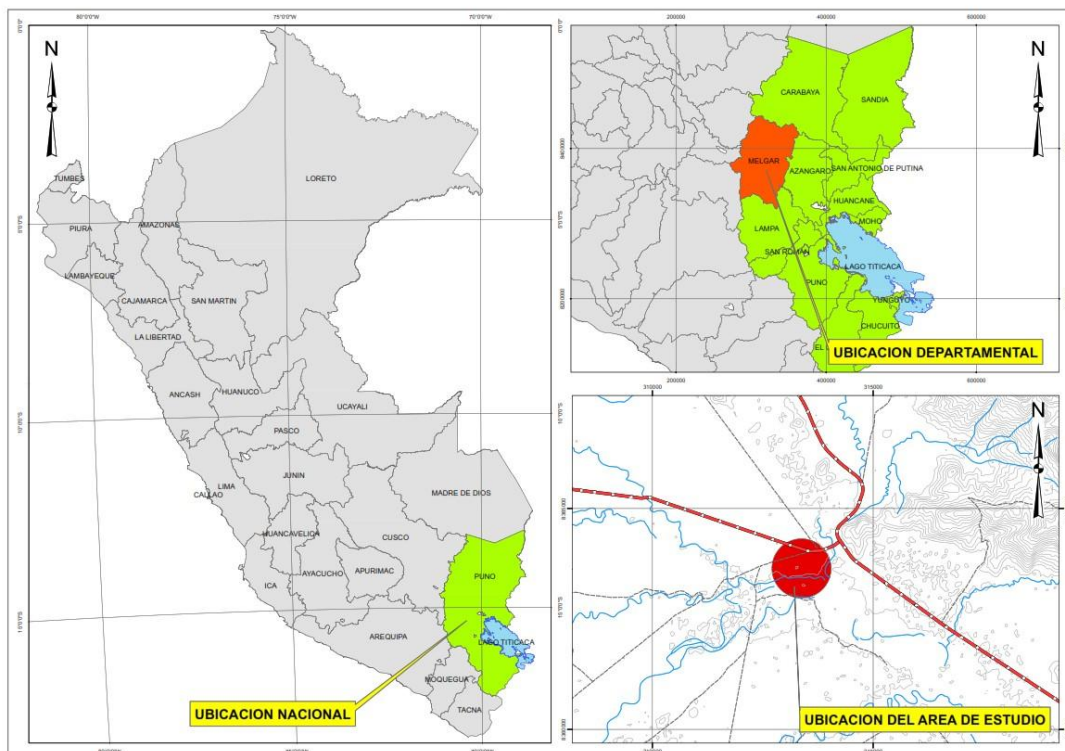
Coordenadas este 313494.2445m,

Coordenada norte 8363679.0470m

Cota 3912.71843m, las que se puede e evidencia en la figura 1.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



3.2. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO

El trayecto para llegar al centro experimental de Chuquibambilla comienza en la ciudad de Puno y sigue la ruta 3S en dirección norte. Desde Puno, se viaja pasando por las ciudades de Paucarcolla, Juliaca y Pucara. Posteriormente, se llega a la ciudad de Ayaviri. Desde Ayaviri, se continúa el viaje en dirección norte hasta alcanzar el centro experimental de Chuquibambilla, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1

Accesibilidad al área de estudio

| Medio de Transporte | Ruta | Punto de Partida | Puntos Intermedios | Punto de Llegada | Tiempo Estimado | Condiciones del Camino |
|---------------------|---------|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|--|
| Vehículo | Ruta 3S | Puno | Paucarcolla, Juliaca, Pucara, Ayaviri | Centro Experimental de Chuquibambilla | 2 horas 50min | Asfaltado hasta el centro experimental |

3.3. CONDICIONES CLIMATICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.3.1. Temperatura

En el centro experimental Chuquibambilla, los veranos son breves, frescos y nublados, mientras que los inviernos son también cortos pero muy fríos, secos y parcialmente nublados. A lo largo del año, la temperatura oscila generalmente entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, con raras ocasiones en que desciende por debajo de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ o supera los $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Weather Spark, 2019).

3.3.2. Lluvias

La temporada de lluvias en el centro experimental de Chuquibambilla dura aproximadamente 7.6 meses, desde el 13 de septiembre hasta el 1 de mayo, con



un acumulado móvil de 31 días de al menos 13 milímetros de lluvia. Enero es el mes más lluvioso, con un promedio de 85 milímetros de precipitación. Por otro lado, el período seco dura alrededor de 4.4 meses, desde el 1 de mayo hasta el 13 de septiembre. Julio es el mes más seco, con un promedio de solo 3 milímetros de lluvia (Weather Spark, 2019).

3.3.3. Viento

La velocidad del viento en el centro experimental Chuquibambilla varía ligeramente a lo largo del año. El periodo más ventoso dura 7.4 meses, de mayo a enero, con julio como el mes más ventoso (10.4 km/h). El periodo más calmado, de enero a mayo, tiene a abril como el mes más tranquilo (7.6 km/h) (Weather Spark, 2019).

3.3.4. Heladas

En el centro experimental Chuquibambilla, ubicado a 3912 metros sobre el nivel del mar en la provincia de Melgar, Puno, las heladas son comunes debido a la altitud y clima. Estas ocurren principalmente entre mayo y septiembre, con mayor intensidad en julio y agosto. Aunque el SENAMHI indica que las heladas en la región son leves, son persistentes, especialmente en zonas por encima de los 4,000 metros (Senamhi, 2020).

3.3.5. Topografía

La topografía del centro experimental de Chuquibambilla es mayormente plana, con pendientes menores al 10% y ligeras variaciones en el lado este del centro experimental, donde se alcanza una altura máxima de 3,940 metros sobre el nivel del mar. El área del centro experimental está atravesada por dos ríos: el



río Santa Rosa y el río Macari, lo que contribuye a la diversidad del paisaje y puede influir en las actividades de investigación y manejo de recursos en la región.

3.4. DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo entre los meses de octubre y diciembre de 2022, con el objetivo de recolectar datos de campo. En los meses siguientes, se procedió al procesamiento de todos los datos obtenidos. Tras completar las fases de recolección y procesamiento de datos, se inició la elaboración de la redacción detallada, fundamentada en la bibliografía existente y en investigaciones previas. Este enfoque meticuloso permitió integrar adecuadamente los hallazgos del estudio con el conocimiento académico y científico disponible.

3.5. MATERIALES

3.5.1. Materiales

- Coordenadas x: La posición de un punto en el eje horizontal, que generalmente se orienta en la dirección este-oeste.
- Coordenadas y: Representan la dirección norte-sur.
- Alturas z: Indican la elevación o altura sobre un nivel de referencia, como el nivel del mar.

3.5.2. Equipos y accesorios

- Receptor GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) de la marca Trimble Modelo R8 de alta precisión utilizado principalmente en aplicaciones topográficas y geodésicas, en la investigación se ha utilizado en la obtención de coordenadas de los puntos de control.



- GPS Diferencial SOUTH Galaxy G6: Es un receptor GNSS diseñado para aplicaciones de topografía y geodesia.
- Estacion total Leyca TS06: Es un instrumento de medición utilizado en topografía y construcción, diseñado para ofrecer alta precisión y confiabilidad en el levantamiento de datos geoespaciales.
- Dron Phantom 4: Es una herramienta versátil y potente que ha sido ampliamente adoptada tanto por aficionados como por profesionales en diversas industrias.

3.5.3. Programas

- Trimble Business Center: Este programa se empleó para procesar los datos GNSS recolectados mediante el GPS diferencial, utilizando la versión 5.20 con una licencia de prueba.
- Civil 3D 2021: Este programa se utilizó para generar las curvas de nivel y extraer las coordenadas de los puntos de análisis, empleando la versión 2021 con una licencia de estudiante.
- Agisoft Metashape Professional: Se utilizó este programa para procesar las imágenes recolectadas por el dron, empleando la versión 2.1.2 con una licencia de prueba.
- IDLE (Python 3.12): Es un entorno de desarrollo integrado para Python, utilizado para realizar las pruebas estadísticas; el programa es de acceso libre.



3.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1. Tipo de investigación

La investigación “correlacional” Examina la relación entre dos o más variables para determinar si existe una asociación sin implicar causalidad. Es aplicada porque se sitúa en el ámbito de la ingeniería y tecnología, ya que busca aplicar métodos fotogramétricos y de topografía convencional en condiciones controladas (Castro et al., 2023).

3.6.2. Diseño de la investigación

El diseño es “transversal” porque recoge datos en un solo punto en el tiempo (Hernández et al., 2014).

3.6.3. Enfoque de la investigación

Según Hernández et al. (2014) la investigación es cuantitativo porque se dedica a recopilar, procesar y analizar datos cuantitativos, como numéricos y estadísticos sobre variables previamente establecidas. De acuerdo a Arturo & Murillo (2022), la investigación es cuantitativa, ya que se recolectan datos numéricos sobre la precisión de las coordenadas (x, y, z) obtenidas mediante diferentes métodos y condiciones (traslapes y alturas de vuelo).

3.6.4. Nivel de investigación

Es descriptivo, ya que se dedica a identificar las características que generan determinados fenómenos y entender la relación de las variables implicadas. Este tipo de estudio busca comprender por qué y cómo suceden ciertos eventos, estableciendo relaciones de causalidad entre las variables involucradas. Es



fundamental para el desarrollo de teorías y modelos explicativos (Hernández et al., 2014).

3.6.5. Variables de la investigación

3.6.5.1. Variable dependiente

- Las variables dependientes son las coordenadas este(x), norte (y) y altura (z) obtenidas de las imágenes de un vuelo fotogramétrico.

Definición: La variable dependiente es el componente de un estudio que se mide para determinar el efecto que tienen las variables independientes sobre ella. Este tipo de variable refleja las modificaciones y resultados que se producen debido a la manipulación de las variables independientes en un experimento. Según Hernández et al. (2014), la variable dependiente es aquella que se busca explicar o predecir en la investigación. Complementariamente, destacan que la variable dependiente es la que se observa y mide para analizar cómo varía en respuesta a los cambios introducidos por el investigador en las variables independientes.

- **Dimensiones:** Precisión de las coordenadas.
- **Indicadores:** Desviación estándar de las coordenadas las mismas que serán analizadas con métricas estadísticas en altura (Z) y en horizontal (X, Y).
- **Escala de medición:** Escala de razón.

3.6.5.2. Variable independiente

- Traslapes y alturas de vuelo.



Definición: La variable independiente es el elemento que el investigador manipula para evaluar su impacto sobre la variable dependiente. Este tipo de variable es fundamental para establecer relaciones causales en un estudio. Señalan que la variable independiente es aquella que se modifica para observar cómo afecta a otra variable. Por otro lado, Hernández et al. (2014) explican que las variables independientes son los factores o condiciones que el investigador introduce y controla deliberadamente para determinar sus efectos en el fenómeno que se estudia.

- **Dimensiones:** Altura de vuelo y traslape.
- **Indicadores:** Porcentaje de traslape y solape, Altura de absoluta sobre el nivel del terreno.
- **Escala de medición:** Escala de razón.

3.6.6. Población

La población abarca todos los elementos que cumplen con ciertos criterios para un estudio específico (Hernández et al., 2014). En esta presente investigación, la población de estudio corresponde a las cuatro hectáreas que está ubicadas en el Centro de Producción de Bienes y Servicios Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) – Puno. Este centro está ubicado en la localidad de Chuquibambilla, en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar y departamento de Puno.

3.6.7. Muestra

Es un muestreo intencional y no probabilístico porque la muestra se recolecta a criterio y juicio subjetivo del investigador (Otzen & Manterola, 2017). En el contexto de esta investigación, la muestra está compuesta por 20 puntos de análisis distribuidos en un área de 4 hectáreas, en el Centro de Producción de Bienes y Servicios Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) – Puno. Estos puntos fueron comparados bajo distintas condiciones de traslape y altura de vuelo mediante levantamientos fotogramétricos. Para establecer la precisión de las coordenadas obtenidas, se utilizó un grupo control conformado por lecturas de coordenadas obtenidas con una estación total, conocida por su alta precisión y fiabilidad.

3.6.8. Prueba estadística

Para determinar el nivel de investigación en un estudio estadístico, es fundamental considerar varios aspectos que guían la elección de técnicas y métodos analíticos. Los niveles de investigación se clasifican generalmente en seis categorías: exploratorio, descriptivo, relacional, explicativo, predictivo y aplicativo. A continuación, se describen cada uno de estos niveles y cómo se relacionan con el uso de análisis estadísticos.

3.6.8.1. Error absoluto medio

$$MAE = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |O_i - P_i|$$

$\sum |O_i - P_i|$ representa la suma de los errores absolutos, donde $|O_i - P_i|$ denota la diferencia absoluta entre cada valor observado (O_i) y su valor previsto correspondiente (P_i). El símbolo Σ significa suma, lo que indica

que estamos sumando estas diferencias absolutas en todos los puntos de datos del conjunto de datos.

3.6.8.2. Error porcentual absoluto medio

$$MAPE = 100 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \left| \frac{Obs_i - Model_i}{Obs_i} \right|$$

Donde Obs_i representa el valor observado y $Model_i$ denota el valor pronosticado para cada punto de datos i . MAPE proporciona una medida estandarizada de precisión de predicción, lo que permite realizar comparaciones entre diferentes modelos o técnicas de pronóstico.

3.6.8.3. Error de sesgo medio

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)$$

Donde O_i es el valor de observación y P_i es el valor de pronóstico.

3.6.8.4. Coeficiente de Pearson

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}}$$

Donde O_i representa el valor de observación, P_i denota el valor de pronóstico, \bar{O} significa el promedio de los valores de observación y \bar{P} denota el promedio de los valores de pronóstico.

3.7. CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

El dron DJI Phantom utilizado para los vuelos fotogramétricos cuenta con las certificaciones CE (Conformité Européenne), FCC (Federal Communications



Commission), RoHS (Restriction of Hazardous Substances), ISO 9001 y la Marca UL (Underwriters Laboratories). La estación total empleada es el modelo TS-06 de la marca Leica, con un certificado de calibración vigente emitido por Catacora Laboratorio Topográfico. Para el posicionamiento diferencial se utilizaron un receptor GNSS Trimble modelo R8 y un GPS diferencial GALAXY SOUTH modelo G6, ambos con certificados de operatividad emitidos por Ingenieros COIPSA ICT E.I.R.L. y COSOLA GROUP S.A.C., respectivamente.

3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL Y RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1. Etapa de planificación

En esta etapa se procedió a definir el área de estudio, las cuatro hectáreas que está ubicadas en el Centro de Producción de Bienes y Servicios Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) – Puno, sobre el cual se distribuyó uniformemente los 20 puntos de análisis y los dos puntos geodésicos.

3.8.1.1. Fase de preparación

En esta fase se realizan dos trabajos, la monumentación de los puntos de control geodésico con los códigos ITA-01 e ITA-02 en ubicaciones estratégicas dentro del área de estudio (alejado de edificios, arboles, antenas). Estos puntos sirvieron como referencias para las mediciones con estación total, el establecimiento de puntos de foto control y también sirvieron para el enlace del trabajo de investigación a la Red Geodésica Nacional. En esta fase también se revisaron que todos los equipos (dron DJI Phantom 4, estación total Leica TS-06, receptor GNSS

Trimble R8, y GPS diferencial GALAXY SOUTH G6) están calibrados y en óptimas condiciones de operatividad.

3.8.1.2. Instalación de equipos diferenciales y lectura de datos GNSS

Se instaló el primer equipo GNSS en el punto geodésico de orden C con código PUN08005, como se observa en la imagen 2, ubicado en los exteriores de la ciudad de Ayaviri, a 19.3 km en dirección sureste del área de estudio. Este punto sirvió como estación de rastreo permanente. Se ubican dos receptores GNSS en los puntos de control geodésico dentro del área de estudio, con códigos ITA-01 e ITA-02. En el punto geodésico PUN08005 se estacionó el receptor GNSS Trimble R8 Model 1, con número de serie 4507144944.

Figura 2

Instalación del GPS diferencial en el punto PUN08005

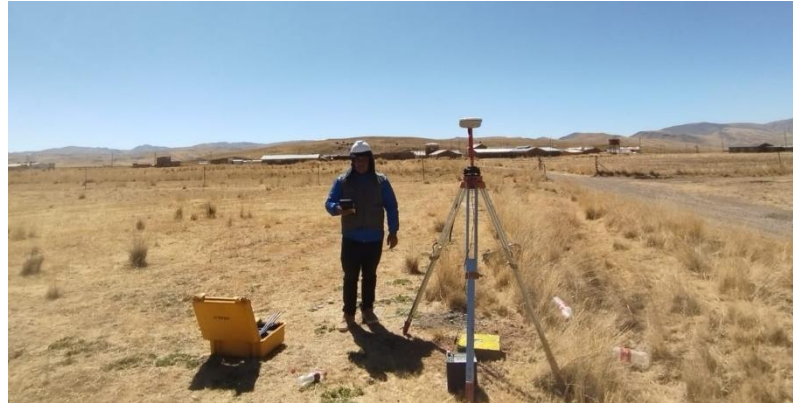


En el punto de control geodésico ITA-01, como se puede observar en la figura 3, se colocó el receptor GNSS SOUTH Modelo GALAXY G6, con número de serie SG61B1126376667EDD, y en el punto de control

geodésico ITA-02, como se observa en la figura 4, se instaló otro receptor GNSS Trimble R8 Model 1, con número de serie 4603105763.

Figura 3

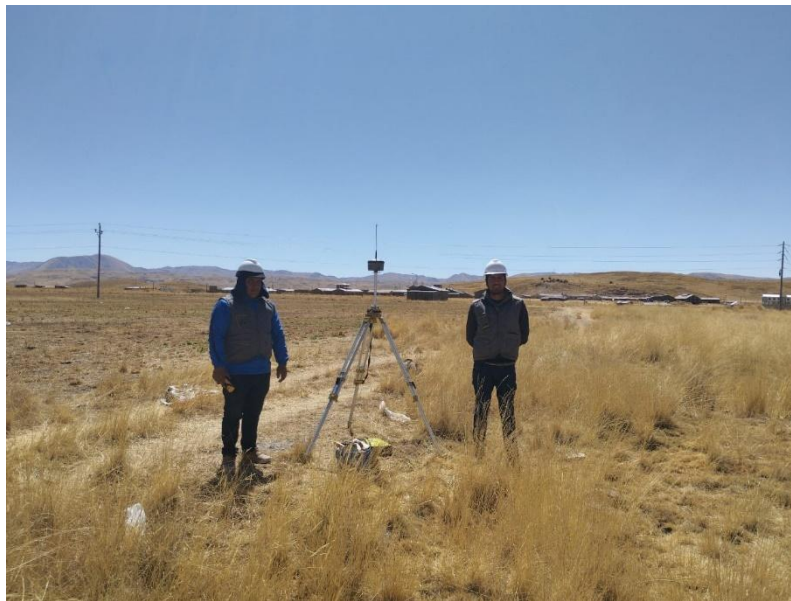
Instalación del GPS diferencial en el punto ITA-01



El receptor GNSS en el punto PUN08005 inició la lectura de datos a las 09:10:14 AM el 13/08/2022, con un intervalo de recolección de datos de 5 segundos. La recolección de datos en el punto de control geodésico ITA-01 comenzó a las 10:09:20 AM del mismo día, y en el punto de control geodésico ITA-02, a las 10:15:20 AM. La recolección de datos GNSS finalizó en el punto PUN08005 a la 01:30:22 PM, en el punto ITA-01 a la 01:28:55 PM, y en el punto ITA-02 a la 01:36:20 PM, todo el mismo día 13/08/2022. El tiempo total de recolección de datos GNSS fue de 4 horas, 20 minutos y 8 segundos para el punto PUN08005; 3 horas, 19 minutos y 35 segundos para el punto ITA-01; y 3 horas, 21 minutos y 0 segundos para el punto ITA-02.

Figura 4

Instalación del GPS diferencial en el punto ITA-02



3.8.2. Recolección de datos de acuerdo al objetivo específico 1

Efecto de distintos traslapes de imagen (60/70, 70/80, 80/90) en la precisión de las coordenadas obtenidas mediante levantamientos fotogramétricos

3.8.2.1. Etapa de campo

Levantamiento fotogramétrico: Se llevaron a cabo los vuelos fotogramétricos utilizando el dron DJI Phantom 4, con planificación de vuelos y traslapes específicos (60%/70%, 70%/80%, y 80%/90%) a diversas alturas de vuelo (80m, 120m, y 160m). Esta actividad incluyó la planificación de las rutas de vuelo para asegurar una cobertura adecuada y recopilación de datos fotogramétricos con traslapes definidos.

Tabla 2

Traslape de coordenadas X

| N° | Traslape: 60/70 | | | Traslape: 70/80 | | | Traslape: 80/90 | | | |
|----|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | |
| | X(m) | X(m) | X(m) | X(m) | X(m) | X(m) | X(m) | X(m) | X(m) | |
| 1 | 313385.3222 | 313385.3239 | 313385.3066 | 313385.3271 | 313385.3202 | 313385.2929 | 313385.3151 | 313385.3221 | 313385.3061 | 313385.3061 |
| 2 | 313401.4625 | 313401.4662 | 313401.4631 | 313401.4984 | 313401.4696 | 313401.4712 | 313401.4897 | 313401.4753 | 313401.482 | 313401.4815 |
| 3 | 313413.4794 | 313413.4933 | 313413.5124 | 313413.5058 | 313413.4944 | 313413.497 | 313413.5046 | 313413.4956 | 313413.5007 | 313413.4997 |
| 4 | 313421.6299 | 313421.6199 | 313421.6209 | 313421.6359 | 313421.6104 | 313421.6187 | 313421.6408 | 313421.6335 | 313421.621 | 313421.6205 |
| 5 | 313429.7073 | 313429.6944 | 313429.6735 | 313429.721 | 313429.6856 | 313429.7221 | 313429.701 | 313429.7069 | 313429.7301 | 313429.71 |
| 6 | 313437.7697 | 313437.7588 | 313437.7559 | 313437.772 | 313437.7608 | 313437.7647 | 313437.7627 | 313437.7678 | 313437.7698 | 313437.7716 |
| 7 | 313445.851 | 313445.8473 | 313445.8247 | 313445.856 | 313445.8401 | 313445.8265 | 313445.8593 | 313445.8309 | 313445.8461 | 313445.8351 |
| 8 | 313466.0019 | 313466.013 | 313465.9948 | 313466.0189 | 313466.0192 | 313466.0071 | 313465.9859 | 313466.0099 | 313465.9938 | 313466.0124 |
| 9 | 313486.1857 | 313486.1975 | 313486.2204 | 313486.2083 | 313486.2047 | 313486.2345 | 313486.1962 | 313486.199 | 313486.2201 | 313486.191 |
| 10 | 313494.2445 | 313494.2691 | 313494.2489 | 313494.2545 | 313494.238 | 313494.2081 | 313494.2707 | 313494.2513 | 313494.2526 | 313494.2488 |
| 11 | 313502.3101 | 313502.2985 | 313502.3075 | 313502.2929 | 313502.2983 | 313502.3347 | 313502.3331 | 313502.3103 | 313502.3072 | 313502.3192 |
| 12 | 313510.3382 | 313510.3113 | 313510.3414 | 313510.3406 | 313510.3267 | 313510.3221 | 313510.3688 | 313510.3359 | 313510.3184 | 313510.3583 |
| 13 | 313518.4592 | 313518.4513 | 313518.4534 | 313518.4381 | 313518.4501 | 313518.4759 | 313518.4555 | 313518.4621 | 313518.4629 | 313518.4538 |
| 14 | 313558.6971 | 313558.7121 | 313558.7098 | 313558.7074 | 313558.7081 | 313558.7186 | 313558.6998 | 313558.7008 | 313558.7026 | 313558.7047 |
| 15 | 313566.8683 | 313566.8552 | 313566.8856 | 313566.866 | 313566.8791 | 313566.8814 | 313566.8694 | 313566.8922 | 313566.8997 | 313566.8806 |
| 16 | 313574.895 | 313574.8711 | 313574.8763 | 313574.8638 | 313574.8926 | 313574.8931 | 313574.8614 | 313574.8914 | 313574.8897 | 313574.8944 |
| 17 | 313582.9199 | 313582.9135 | 313582.9091 | 313582.9138 | 313582.9091 | 313582.919 | 313582.9136 | 313582.932 | 313582.9151 | 313582.9073 |
| 18 | 313591.1875 | 313591.1764 | 313591.2222 | 313591.2063 | 313591.1917 | 313591.2152 | 313591.1918 | 313591.2209 | 313591.2289 | 313591.2171 |
| 19 | 313603.1467 | 313603.1468 | 313603.1735 | 313603.1524 | 313603.1502 | 313603.1375 | 313603.1668 | 313603.1317 | 313603.1642 | 313603.1425 |
| 20 | 313619.1098 | 313619.1245 | 313619.1575 | 313619.1444 | 313619.1307 | 313619.1281 | 313619.1567 | 313619.1491 | 313619.126 | 313619.1429 |

Nota: La tabla presenta los valores de las coordenadas X obtenidas mediante levantamiento convencionales y levantamientos fotogramétricos.

Tabla 3

Traslape de coordenadas Y

| N° | Grupo control (Estación Total) | Traslape: 60/70 | | | Traslape: 70/80 | | | Traslape: 80/90 | | |
|----|--------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|
| | | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m |
| | | Y(m) | Y(m) | Y(m) | Y(m) | Y(m) | Y(m) | Y(m) | Y(m) | Y(m) |
| 1 | 8363638.458 | 8363638.462 | 8363638.488 | 8363638.465 | 8363638.485 | 8363638.482 | 8363638.478 | 8363638.483 | 8363638.482 | |
| 2 | 8363595.146 | 8363595.172 | 8363595.153 | 8363595.159 | 8363595.170 | 8363595.177 | 8363595.180 | 8363595.157 | 8363595.174 | |
| 3 | 8363673.686 | 8363673.700 | 8363673.686 | 8363673.697 | 8363673.682 | 8363673.697 | 8363673.683 | 8363673.673 | 8363673.686 | |
| 4 | 8363652.026 | 8363652.031 | 8363652.028 | 8363652.019 | 8363652.035 | 8363652.030 | 8363652.008 | 8363652.050 | 8363652.052 | |
| 5 | 8363630.381 | 8363630.374 | 8363630.377 | 8363630.407 | 8363630.384 | 8363630.388 | 8363630.378 | 8363630.399 | 8363630.404 | |
| 6 | 8363608.742 | 8363608.766 | 8363608.752 | 8363608.760 | 8363608.756 | 8363608.769 | 8363608.745 | 8363608.762 | 8363608.768 | |
| 7 | 8363587.111 | 8363587.132 | 8363587.142 | 8363587.175 | 8363587.161 | 8363587.150 | 8363587.179 | 8363587.144 | 8363587.141 | |
| 8 | 8363643.903 | 8363643.924 | 8363643.922 | 8363643.942 | 8363643.947 | 8363643.918 | 8363643.937 | 8363643.934 | 8363643.917 | |
| 9 | 8363700.718 | 8363700.712 | 8363700.733 | 8363700.720 | 8363700.703 | 8363700.719 | 8363700.716 | 8363700.707 | 8363700.726 | |
| 10 | 8363679.047 | 8363679.067 | 8363679.051 | 8363679.043 | 8363679.076 | 8363679.071 | 8363679.040 | 8363679.061 | 8363679.054 | |
| 11 | 8363657.564 | 8363657.578 | 8363657.586 | 8363657.574 | 8363657.583 | 8363657.587 | 8363657.583 | 8363657.591 | 8363657.586 | |
| 12 | 8363635.848 | 8363635.877 | 8363635.869 | 8363635.869 | 8363635.863 | 8363635.883 | 8363635.874 | 8363635.869 | 8363635.865 | |
| 13 | 8363614.231 | 8363614.251 | 8363614.281 | 8363614.271 | 8363614.261 | 8363614.217 | 8363614.268 | 8363614.249 | 8363614.252 | |
| 14 | 8363727.912 | 8363727.863 | 8363727.879 | 8363727.902 | 8363727.887 | 8363727.904 | 8363727.916 | 8363727.887 | 8363727.898 | |
| 15 | 8363706.274 | 8363706.267 | 8363706.245 | 8363706.233 | 8363706.275 | 8363706.269 | 8363706.225 | 8363706.255 | 8363706.262 | |
| 16 | 8363684.673 | 8363684.666 | 8363684.675 | 8363684.669 | 8363684.675 | 8363684.690 | 8363684.661 | 8363684.692 | 8363684.681 | |
| 17 | 8363663.021 | 8363663.056 | 8363663.037 | 8363663.023 | 8363663.054 | 8363663.048 | 8363663.023 | 8363663.027 | 8363663.025 | |
| 18 | 8363641.346 | 8363641.373 | 8363641.388 | 8363641.367 | 8363641.365 | 8363641.338 | 8363641.388 | 8363641.400 | 8363641.365 | |
| 19 | 8363719.743 | 8363719.753 | 8363719.739 | 8363719.725 | 8363719.737 | 8363719.773 | 8363719.731 | 8363719.740 | 8363719.741 | |
| 20 | 8363676.890 | 8363676.891 | 8363676.910 | 8363676.851 | 8363676.898 | 8363676.941 | 8363676.852 | 8363676.888 | 8363676.864 | |

Nota: La tabla presenta los valores de las coordenadas Y obtenidas mediante levantamientos convencionales y levantamientos fotogramétricos.

3.8.2.2. Levantamiento topográfico convencional

En esta fase, se realizó el levantamiento topográfico con la estación total marca Leica, modelo TS-06 1". El proceso comenzó con el estacionamiento del equipo en uno de los puntos geodésicos. Posteriormente, se procedió con la lectura de los 10 foto controles, codificados como F, y de los 20 puntos de análisis, codificados como P. Se hicieron 24 lecturas de cada punto (foto controles y puntos de análisis), registrando un total de 720 puntos con sus coordenadas x (este), y (norte) y z (elevación).

Figura 5

Levantamiento topográfico con estación total Leica TS-06



3.8.2.3. Levantamiento fotogramétrico

En esta etapa, se llevaron a cabo los vuelos fotogramétricos, tal como se muestra en la figura 6. El proceso comenzó con el ensamblaje del dron DJI Phantom 4, asegurando que todos sus componentes estuvieran en



óptimas condiciones para el levantamiento. Paralelamente, se realizó una detallada planificación de las rutas de vuelo utilizando la aplicación DJI Pilot, lo que permitió definir parámetros esenciales como la altura, traslape frontal y lateral, y velocidad del vuelo, garantizando una cobertura eficiente del área de estudio. En total, se planificaron 9 rutas de vuelo, cada una diseñada con el propósito de cubrir diferentes sectores del terreno bajo diversas condiciones de traslape y altura, a fin de obtener una variedad de datos fotogramétricos que permitieran una evaluación precisa de las coordenadas (X, Y, Z).

3.8.3. Recopilación de datos de acuerdo al objetivo específico 2

Impacto de diversas alturas de vuelo (80, 120, 160 metros) sobre la precisión de los levantamientos fotogramétricos.

3.8.3.1. Etapa de campo

Levantamiento fotogramétrico: Durante los vuelos fotogramétricos, se emplearon alturas de vuelo específicas (80m, 120m, y 160m) en combinación con los traslapes establecidos. La variación en la altura de vuelo permite analizar cómo afecta la precisión de los puntos en coordenadas X, Y, Z.

3.8.3.2. Etapa de gabinete

Procesamiento de fotos aéreas: En el software Agisoft Metashape, se ajustaron las configuraciones de referencia geodésica y se procesaron las imágenes considerando las diferentes alturas de vuelo. Esto



permitió examinar el efecto de la altura en la precisión de las coordenadas obtenidas.

Procesamiento de fotos aéreas: Con el software Agisoft Metashape, versión 2.1.2, se procesaron las fotografías aéreas obtenidas para evaluar el impacto de los distintos traslapes en la precisión de las coordenadas finales.

Esta planificación minuciosa fue clave para asegurar la calidad y precisión de los resultados obtenidos durante el proceso de levantamiento:

- Para los traslapes del 60%/70% con alturas de vuelo de 80m, 120m y 160m.
- Para los traslapes del 70%/80% con alturas de vuelo de 80m, 120m y 160m.
- Para los traslapes del 80%/90% con alturas de vuelo de 80m, 120m y 160m.

Tabla 4

Obtención de cotas de los traslape a diferentes alturas de vuelo

| N° | Grupo control (Estación Total) | Traslape: 60/70 | | | TRASLAPE: 70/80 | | | TRASLAPE: 80/90 | | |
|----|-----------------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|------|
| | | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m |
| | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) | Z(m) |
| 1 | 3912.762 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.765 | 3912.799 | 3912.800 | 3912.798 | |
| 2 | 3912.706 | 3912.676 | 3912.667 | 3912.667 | 3912.683 | 3912.685 | 3912.668 | 3912.670 | 3912.734 | |
| 3 | 3912.813 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | |
| 4 | 3912.696 | 3912.675 | 3912.681 | 3912.701 | 3912.708 | 3912.681 | 3912.800 | 3912.670 | 3912.680 | |
| 5 | 3912.694 | 3912.657 | 3912.672 | 3912.682 | 3912.718 | 3912.679 | 3912.800 | 3912.676 | 3912.753 | |
| 6 | 3912.658 | 3912.662 | 3912.664 | 3912.706 | 3912.682 | 3912.678 | 3912.795 | 3912.685 | 3912.699 | |
| 7 | 3912.749 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.739 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.797 | |
| 8 | 3912.835 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | |
| 9 | 3912.662 | 3912.630 | 3912.646 | 3912.642 | 3912.682 | 3912.694 | 3912.695 | 3912.702 | 3912.682 | |
| 10 | 3912.718 | 3912.693 | 3912.698 | 3912.721 | 3912.735 | 3912.738 | 3912.741 | 3912.741 | 3912.734 | |
| 11 | 3912.721 | 3912.699 | 3912.711 | 3912.699 | 3912.757 | 3912.751 | 3912.762 | 3912.740 | 3912.742 | |
| 12 | 3912.817 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | |
| 13 | 3912.810 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | 3912.800 | |
| 14 | 3912.584 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | |
| 15 | 3912.545 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.594 | 3912.600 | 3912.576 | 3912.600 | 3912.580 | 3912.593 | |
| 16 | 3912.443 | 3912.498 | 3912.498 | 3912.468 | 3912.498 | 3912.465 | 3912.470 | 3912.468 | 3912.475 | |
| 17 | 3912.522 | 3912.520 | 3912.513 | 3912.531 | 3912.552 | 3912.575 | 3912.562 | 3912.540 | 3912.539 | |
| 18 | 3912.571 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.593 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | |
| 19 | 3912.603 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | 3912.600 | |
| 20 | 3912.509 | 3912.529 | 3912.519 | 3912.521 | 3912.539 | 3912.534 | 3912.535 | 3912.530 | 3912.490 | |

Nota: La tabla presenta los valores de las alturas Z obtenidas mediante levantamientos convencionales y levantamientos fotogramétricos.

Figura 6

Vuelo fotogramétrico con dron Phantom 4



a. Post proceso de datos GNSS

En esta etapa se procesaron los datos GNSS recolectados en campo mediante el software Trimble Business Center (versión 5.52), configurando la zona UTM correspondiente, el geoide EGM2008PERU y el datum WGS1984. Luego, se generaron líneas base desde el punto geodésico PUN08005 hacia los puntos de control ITA-01 e ITA-02 para verificar la precisión y exactitud de las mediciones GNSS, aplicando correcciones diferenciales y validando que las coordenadas obtenidas cumplieran con los estándares geodésicos establecidos.



Tabla 5

Coordenadas procesadas de los puntos ITA-01, ITA-02 Y PUN08005

| ID | Este (Metro) | Norte (Metro) | Elevación (Metro) | Factor de escala de proyección | Factor de escala de altura | Factor de escala combinada | Ángulo de convergencia de meridiano |
|----------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| ITA-01 | 313722.318 | 8363558.739 | 3912.094 | 1.000029209 | 0.999379858 | 0.999409048 | 0°26'32" |
| ITA-02 | 313667.793 | 8363823.68 | 3912.281 | 1.00002946 | 0.999379827 | 0.999409269 | 0°26'32" |
| PUN08005 | 329871.672 | 8354110.378 | 4027.197 | 0.999958003 | 0.999361757 | 0.999319787 | 0°24'23" |

La tabla 5, presenta las coordenadas X (este), Y (norte), Z (elevación), Factor de escala de proyección, Factor de escala de altura, Factor de escala combinada y el Ángulo de convergencia de meridiano.

b. Procesamiento de los puntos tomados con la estación total

Se descargaron los datos de la estación total, obteniendo 24 lecturas por cada punto de análisis. Estos datos fueron ajustados utilizando el método de mínimos cuadrados, el cual se basa en las ecuaciones de observación. Este método estadístico busca minimizar la suma de los cuadrados de las diferencias (residuos) entre los valores observados y los valores ajustados. Al aplicar esta técnica a las 24 lecturas de coordenadas, se obtuvo que los valores ajustados coincidían con el promedio de los datos observados.

Este ajuste demuestra que el promedio de las observaciones es la mejor estimación de los valores verdaderos cuando se minimizan los residuos cuadráticos.

Las fórmulas para el ajuste de las coordenadas se aplican en el orden mostrado:

c. Planteamiento de ecuaciones de observación

Para cada coordenada, se plantea una ecuación de observación:

$$\begin{aligned}x_i &= X_i - \hat{X} \\y_i &= Y_i - \hat{Y} \\z_i &= Z_i - \hat{Z}\end{aligned}$$

Donde X_i , Y_i , Z_i son observaciones y \hat{X} , \hat{Y} , \hat{Z} , son los valores ajustados (Montgomery, 2017).

d. Función objetivo para cada coordenada

La función objetivo para minimizar es la suma de los cuadrados de los residuos para cada coordenada:

$$\begin{aligned}S_X &= \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X})^2 \\S_Y &= \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2 \\S_Z &= \sum_{i=1}^n (Z_i - \hat{Z})^2\end{aligned}$$

e. Minimización de la solución

Tomando la derivada de cada función objetivo y resolviendo para \hat{X} , \hat{Y} , \hat{Z} , se obtiene:

$$\begin{aligned}\hat{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \\ \hat{Y} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \hat{Z} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i\end{aligned}$$

Así, los valores ajustados \hat{X} , \hat{Y} , \hat{Z} , son los promedios de las observaciones X_i , Y_i , Z_i (Montgomery, 2017)



Se siguieron todos los procedimientos mencionados anteriormente para el ajuste de las coordenadas X, Y y elevación Z de los 20 puntos de análisis (ver tabla 6) y los 10 puntos de foto control (ver tabla 7). A continuación, se presentan las coordenadas finales obtenidas.

Tabla 6

Coordenadas ajustadas de los puntos de análisis

| Coordenadas De Puntos De Análisis | | | | |
|--|-------------|--------------|-----------|--------|
| Nº | X(m) | Y(m) | Z(m) | Código |
| 1 | 313385.3222 | 8363638.4584 | 3912.7618 | P1 |
| 2 | 313401.4625 | 8363595.1464 | 3912.7062 | P2 |
| 3 | 313413.4794 | 8363673.6856 | 3912.8126 | P3 |
| 4 | 313421.6299 | 8363652.0258 | 3912.6963 | P4 |
| 5 | 313429.7073 | 8363630.3811 | 3912.6936 | P5 |
| 6 | 313437.7697 | 8363608.7424 | 3912.6583 | P6 |
| 7 | 313445.8510 | 8363587.1106 | 3912.7491 | P7 |
| 8 | 313466.0019 | 8363643.9026 | 3912.8351 | P8 |
| 9 | 313486.1857 | 8363700.7179 | 3912.6618 | P9 |
| 10 | 313494.2445 | 8363679.0470 | 3912.7184 | P10 |
| 11 | 313502.3101 | 8363657.5643 | 3912.7214 | P11 |
| 12 | 313510.3382 | 8363635.8477 | 3912.8169 | P12 |
| 13 | 313518.4592 | 8363614.2312 | 3912.8104 | P13 |
| 14 | 313558.6971 | 8363727.9117 | 3912.5845 | P14 |
| 15 | 313566.8683 | 8363706.2738 | 3912.5450 | P15 |
| 16 | 313574.8950 | 8363684.6732 | 3912.4426 | P16 |
| 17 | 313582.9199 | 8363663.0211 | 3912.5220 | P17 |
| 18 | 313591.1875 | 8363641.3464 | 3912.5707 | P18 |
| 19 | 313603.1467 | 8363719.7429 | 3912.6033 | P19 |
| 20 | 313619.1098 | 8363676.8897 | 3912.5085 | P20 |

Nota: La tabla muestra las coordenadas X, Y y la altura Z de los puntos de análisis.

En la tabla 6 se muestran las coordenadas X, Y y la altura Z de los puntos de análisis.

Tabla 7

Coordenadas ajustadas de los puntos de fotocontrol

| Coordenadas De Puntos De Fotocontrol | | | | |
|---|------------|------------|------------|--------|
| N° | X(m) | Y(m) | Z(m) | Código |
| 1 | 313377.295 | 8363660.15 | 3912.77909 | F1 |
| 2 | 313393.435 | 8363616.87 | 3912.68597 | F2 |
| 3 | 313409.337 | 8363573.6 | 3912.69739 | F3 |
| 4 | 313457.912 | 8363665.56 | 3912.85222 | F4 |
| 5 | 313474.068 | 8363622.29 | 3912.82869 | F5 |
| 6 | 313530.464 | 8363692.76 | 3912.59717 | F6 |
| 7 | 313546.643 | 8363649.44 | 3912.64253 | F7 |
| 8 | 313594.975 | 8363741.54 | 3912.61065 | F8 |
| 9 | 313611.257 | 8363698.19 | 3912.54493 | F9 |
| 10 | 313627.322 | 8363654.86 | 3912.56583 | F10 |

Nota: La tabla muestra las coordenadas X, Y y la altura Z de los puntos de fotocontrol.

En la tabla 7 se muestra las coordenadas X, Y y la altura Z de los puntos de fotocontrol.

El proceso de ajuste para cada punto de análisis y cada foto control se muestra en el Anexo 4.

f. Procesamiento de fotos aéreas

Para el procesamiento de fotografías aéreas se empleó el software Agisoft Metashape: Professional en su versión 2.1.2, en el cual se siguieron los siguientes pasos, que se detallan a continuación.

Se inició con la configuración del sistema de referencia geodésico, tal como se aprecia en el anexo 1, ya que el datum y la zona UTM son esenciales para toda medición geoespacial y para el enlace correcto de la presente investigación a la red geodésica nacional. Se eligió la zona UTM 19S en datum WGS84.



Seguidamente, se añadieron las fotos aéreas al software Agisoft Metashape, tal como se aprecia en el anexo 1. Las imágenes obtenidas de los vuelos fotogramétricos están en formato JPG. La adición de estas imágenes se realizó empleando la herramienta "Flujo de trabajo" y seleccionando "Añadir fotos". Con las fotos cargadas en el software Agisoft Metashape, se procedió a realizar la orientación de las imágenes, como se observa en el anexo 1. Este proceso aseguró la correcta alineación y superposición de las imágenes. Los parámetros establecidos fueron precisión alta y preselección de referencia de origen. Después de orientar las fotos, se generó la nube de puntos densa, la cual proporciona una representación tridimensional del área de estudio. Se eligieron los parámetros de calidad alta y el filtrado de profundidad agresivo, como se ve en el anexo 1. Con la nube de puntos densa generada, se procedió a generar la malla. Este proceso creó un modelo poligonal a partir de los datos tridimensionales. Se seleccionaron como origen de datos los mapas de profundidad, calidad alta y número de caras alta, como se observa en el anexo 5.

Los fotocontroles se ubicaron manualmente en las fotos aéreas, punto por punto en cada fotografía en la cual estaban presentes. Se identificaron los 10 puntos de fotocontrol, como se aprecia en el anexo 1.

Con los fotocontroles ya ubicados en el modelo dentro del software Agisoft Metashape, se procedió a importar los fotocontroles a partir de un archivo de texto que contiene las coordenadas X, Y, Z. Este proceso se realizó mediante la herramienta "Importar referencia", como se observa en el anexo 1.



Para el correcto enlace a los puntos de fotocontrol, se optimizó la orientación de las cámaras, como se observa en el anexo 1. Este proceso garantizó el correcto enlace a la red geodésica nacional de la investigación. Este paso conlleva repetir los procesos de generación de la nube de puntos densa y la creación de la malla.

Finalizando con la optimización de las cámaras, se procedió a generar nuevamente la nube de puntos densa, seleccionando nuevamente los parámetros de calidad alta y filtrado de profundidad agresivo. Habiendo generado nuevamente la nube de puntos densa, se procedió a generar la malla con los parámetros de origen de datos mapas de profundidad, calidad alta y número de caras alta.

Con todos los pasos seguidos minuciosamente, se generó el modelo digital de elevaciones con una resolución de píxel al centímetro, como se aprecia en el anexo 1.

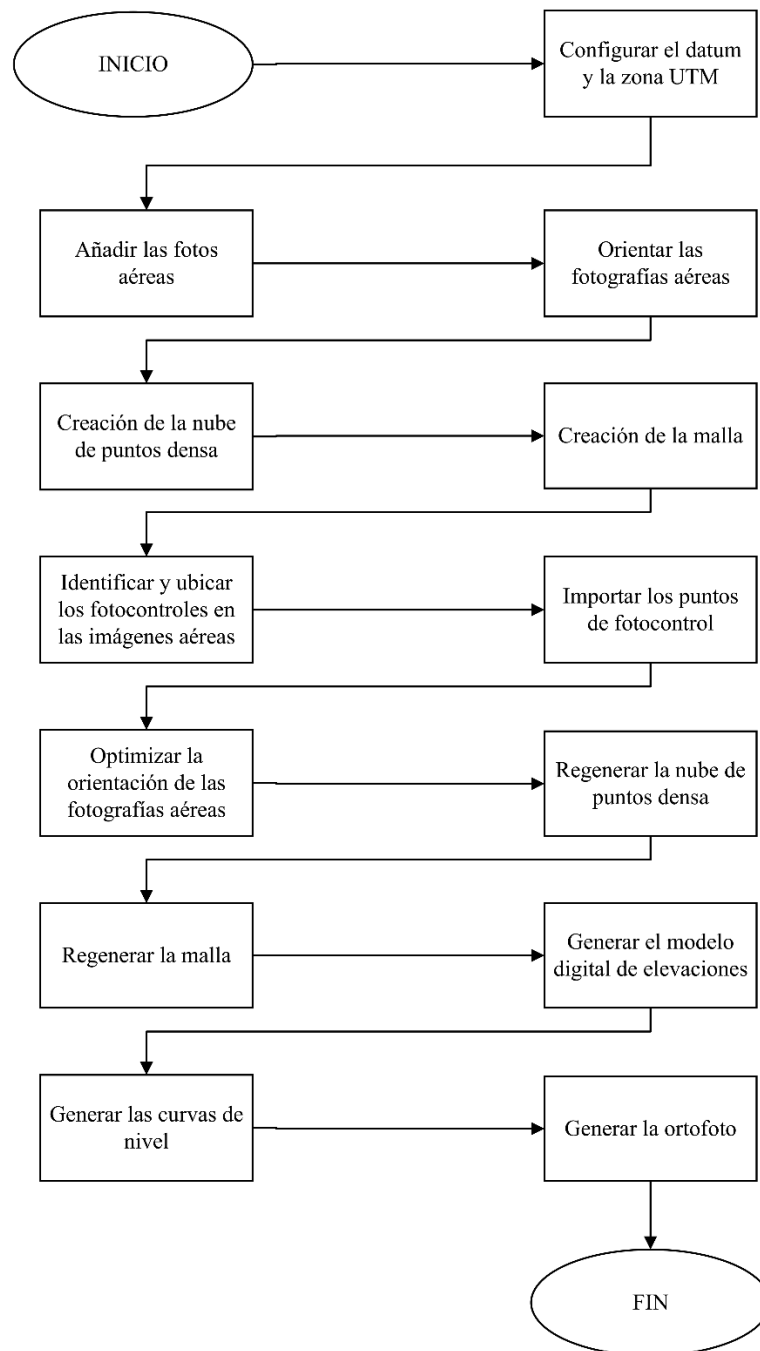
Sobre el modelo digital de elevaciones generado correctamente, se generaron las curvas de nivel con un intervalo de 0.2 m para curvas menores y 1.0 m para curvas mayores, como se aprecia en el anexo 1.

Finalmente, se generó la ortofoto a partir del modelo digital de elevaciones y las fotos ortorrectificadas, garantizando una imagen aérea precisa y corregida geométricamente del área de estudio, en formato TIFF, como se observa en el anexo 1.

Todo el proceso descrito se representa en el flujograma

Figura 7

Flujograma resumen del procesamiento de fotos aéreas





CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos al comparar la precisión de las coordenadas generadas mediante levantamientos fotogramétricos con aquellas obtenidas por métodos de topografía convencional utilizando una estación total. Se analizan las coordenadas de 20 puntos de análisis, considerando variaciones en los traslapes de imagen (60/70, 70/80, 80/90) y diferentes alturas de vuelo (80, 120, 160 metros).

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS TRASLAPES A 60/70, 70/80 Y 80/90 EN LA PRECISIÓN DE COORDENADAS OBTENIDAS DE IMÁGENES DE LOS LEVANTAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS.

4.1.1. Traslapes para las coordenadas X

Correlación R^2 que mide la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables. Un valor cercano a 1 indica una fuerte correlación positiva, mientras que un valor cercano a -1 indica una fuerte correlación negativa. Un valor cercano a 0 sugiere poca o ninguna correlación. Por lo que se observó una correlación muy alta en todas las combinaciones de traslape y altura de vuelo, con valores cercanos a 1.00 siendo estos valores 0.998 a 0.995 lo que indica una fuerte relación con los datos topográficos convencionales.

El error absoluto medio se tuvo un error vario significativamente con el traslape y altura a 80 metros de altura, el error medio es de 0.011 metros con un traslape 80/90 y aumenta a 0.067 metros a 120 m de altura con traslape 60/70. Esto también ha sido comparado con el error porcentual absoluto Medio que

indica los errores porcentuales fueron más altos a 60/70 de traslape, alcanzando hasta un 48.7% en ciertas combinaciones de traslape 70/80 a 120 metros de altura. Y el coeficiente de Pearson indicó una relación lineal fuerte, con valores entre 0.999 y 0.997.

La precisión en general a alturas menores de 80 metros, los errores absolutos en las coordenadas X son significativamente más bajos. A medida que la altura aumenta, por ejemplo, a 120 metros, el error absoluto medio puede aumentar hasta 0.067 el cual se puede evidenciar en la tabla 8 y en la Figura 8.

Tabla 8

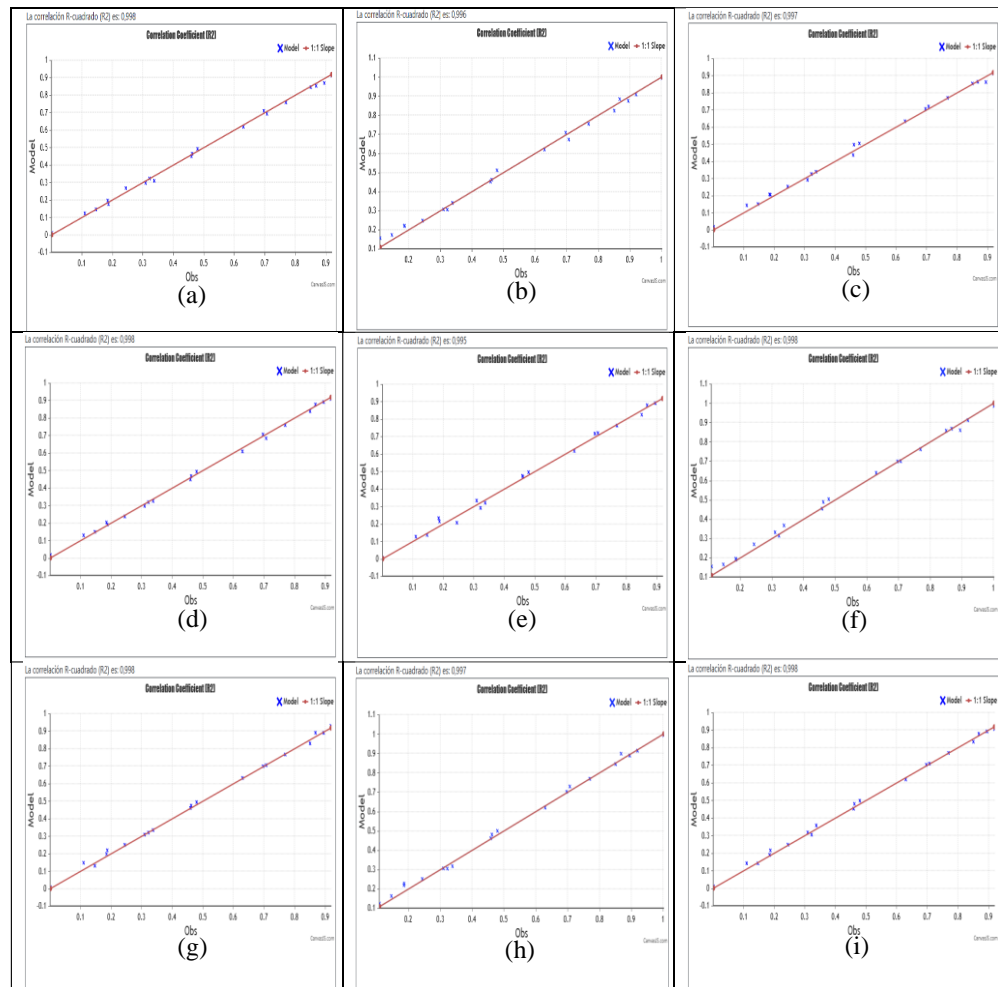
Métricas estadísticas para las coordenadas "X" según traslape y altura de vuelo

| N° | Traslape: 60/70 | | | TRASLAPE: 70/80 | | | TRASLAPE: 80/90 | | |
|---------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m |
| Correlación R ² | 0.998 | 0.996 | 0.997 | 0.998 | 0.995 | 0.998 | 0.998 | 0.997 | 0.998 |
| Error absoluto medio | 0.012 | 0.067 | 0.015 | 0.011 | 0.018 | 0.064 | 0.011 | 0.064 | 0.012 |
| Error porcentual absoluto medio | 32.5% | 6.7% | 9.8% | 48.7% | 19.8% | 5.8% | 25.5% | 5.2% | 31.9% |
| Error de sesgo medio | -0.002 | 0.004 | 0.007 | 0.000 | 0.004 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.006 |
| Coefficiente de Pearson | 0.999 | 0.998 | 0.999 | 0.999 | 0.997 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.999 |

En la tabla 8 se muestran los resultados estadísticos obtenidos al comparar los levantamientos fotogramétricos en diferentes traslapos (60/70, 70/80 y 80/90) y alturas de vuelo (80m, 120m y 160m). Se incluyen los valores de correlación R², error absoluto medio, error porcentual absoluto medio, error de sesgo medio y el coeficiente de Pearson, en las coordenadas X.

Figura 8

Correlación r^2 $x(\text{control}) - x$ (A diferentes alturas y diferentes traslapes)



4.1.2. Traslapes para las coordenadas Y

La correlación R^2 resulto similar a las coordenadas X, con valores entre 0.994 y 0.999 que indica una fuerte relación con los datos topográficos convencionales, mientras que con el error absoluto medio oscila entre 0.015 y 0.023, mostrando un comportamiento relativamente estable con cambios en la altura.

El error porcentual absoluto medio nos indica que los errores son menores en comparación con las coordenadas X, variando entre 9% y 18%. Y el coeficiente

de Pearson también reflejó una fuerte relación lineal (0.999 a 0.996), indicando que las coordenadas Y son igualmente precisas.

La precisión general similar a las coordenadas X, las coordenadas Y muestran un mejor rendimiento a alturas menores. El error absoluto medio es más bajo de 0.015 a 80 metros en comparación con alturas mayores el cual se puede evidenciar en la tabla 9 y en la Figura 9.

Tabla 9

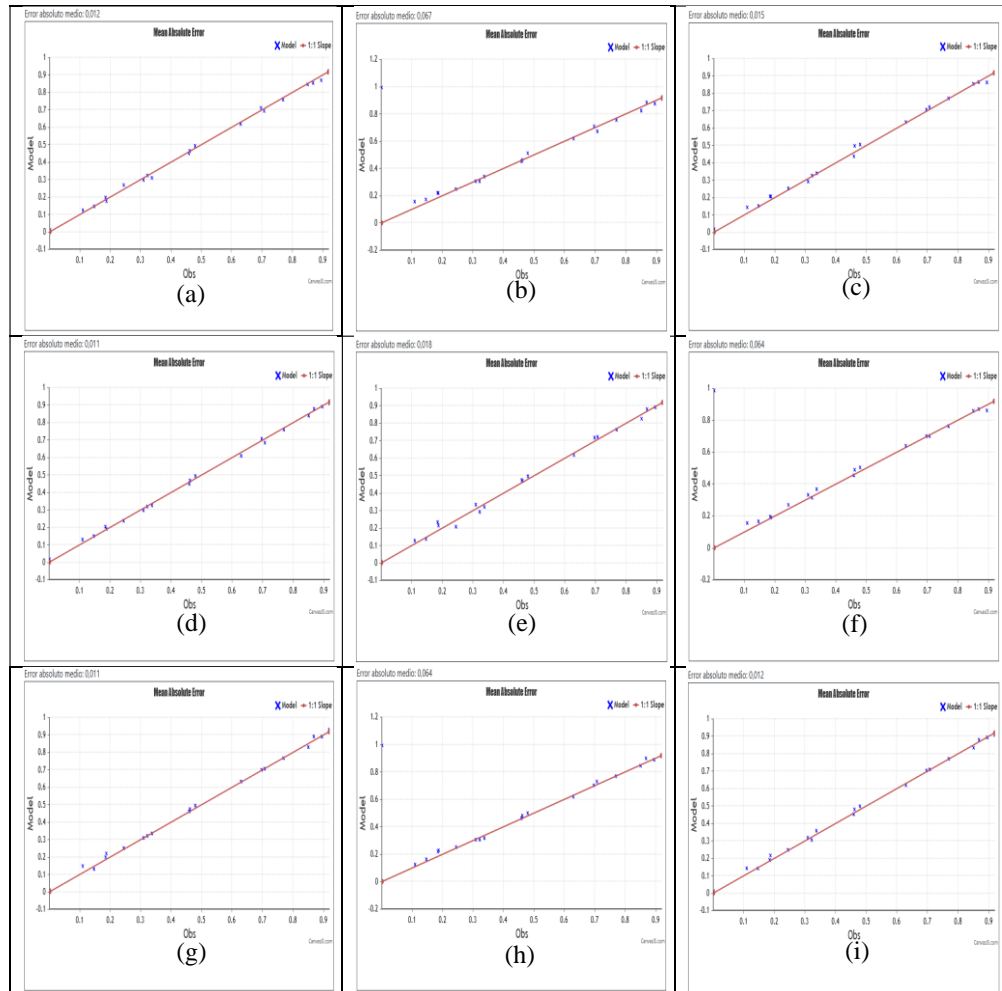
Métricas estadísticas para las coordenadas “Y” según traslape y altura de vuelo

| N° | Traslape: 60/70 | | | TRASLAPE: 70/80 | | | TRASLAPE: 80/90 | | |
|---------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|--------|-----------------|-------|-------|
| | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m |
| Correlación R ² | 0.997 | 0.996 | 0.994 | 0.997 | 0.997 | 0.9992 | 0.998 | 0.996 | 0.998 |
| Error absoluto medio | 0.017 | 0.018 | 0.02 | 0.018 | 0.021 | 0.023 | 0.015 | 0.019 | 0.016 |
| Error porcentual absoluto medio | 15.4% | 9.9% | 9.0% | 17.8% | 15.1% | 12.4% | 18.6% | 12.4% | 11.4% |
| Error de sesgo medio | 0.01 | 0.012 | 0.008 | 0.013 | 0.017 | 0.008 | 0.0013 | 0.012 | 0.011 |
| Coefficiente de Pearson | 0.998 | 0.998 | 0.997 | 0.999 | 0.998 | 0.996 | 0.999 | 0.998 | 0.999 |

En la tabla 9 se muestran los resultados estadísticos obtenidos al comparar los levantamientos fotogramétricos en diferentes traslapos (60/70, 70/80 y 80/90) y alturas de vuelo (80m, 120m y 160m). Se incluyen los valores de correlación R², error absoluto medio, error porcentual absoluto medio, error de sesgo medio y el coeficiente de Pearson, en las coordenadas Y.

Figura 9

Error absoluto promedio y (control) – y (A diferentes alturas y diferentes traslapos)



4.2. EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN A DIFERENTES ALTURAS DE VUELO DE 80, 120 Y 160 METROS CON DRONES FOTOGRAMÉTRICOS FRENTE A LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CONVENCIONALES.

La correlación R^2 para las alturas son más variables, especialmente a mayores alturas, con valores que van desde 0.843 hasta 0.998. mientras que el error absoluto medio

indica que los errores son más consistentes en alturas menores, pero aumentan a alturas mayores; por ejemplo, el error medio es de 0.021 a 160 m.

Error Porcentual Absoluto Medio este error fue relativamente bajo, oscilando entre el 3.3% y el 6.4%. Y el Coeficiente de Pearson mantuvo valores significativos (entre 0.918 y 0.973), indicando buena precisión en general.

La precisión en general las alturas en Z son las más afectadas por la altura de vuelo. A alturas menores, los errores absolutos son relativamente bajos como es el caso 0.021, pero aumentan notablemente a mayores alturas, el cual se muestra como evidencia en la tabla 10.

Tabla 10

Métricas estadísticas para las cotas “Z” según traslape y altura de vuelo

| N° | Traslape: 60/70 | | | TRASLAPE: 70/80 | | | TRASLAPE: 80/90 | | |
|---------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m | 80m | 120m | 160m |
| Correlación R ² | 0.943 | 0.944 | 0.955 | 0.945 | 0.973 | 0.843 | 0.949 | 0.947 | 0.998 |
| Error absoluto medio | 0.026 | 0.023 | 0.023 | 0.027 | 0.03 | 0.021 | 0.042 | 0.025 | 0.026 |
| Error porcentual absoluto medio | 4.1% | 3.6% | 3.5% | 4.3% | 4.8% | 3.3% | 6.4% | 3.8% | 4.0% |
| Error de sesgo medio | 0.001 | 0.003 | 0.006 | 0.016 | 0.02 | 0.007 | 0.03 | 0.009 | 0.015 |
| Coeficiente de Pearson | 0.965 | 0.971 | 0.972 | 0.977 | 0.972 | 0.986 | 0.918 | 0.974 | 0.973 |

En la tabla 10 se muestran los resultados estadísticos obtenidos al comparar los levantamientos fotogramétricos en diferentes traslapos (60/70, 70/80 y 80/90) y alturas de vuelo (80m, 120m y 160m). Se incluyen los valores de correlación R², error absoluto



medio, error porcentual absoluto medio, error de sesgo medio y el coeficiente de Pearson, en las alturas Z.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Los resultados indican que los levantamientos fotogramétricos son precisos, especialmente a menores alturas de vuelo y con traslapes mayores (80/90), ya que proporcionan más puntos de referencia para la triangulación y mejor calidad de imagen. La correlación entre las coordenadas obtenidas por fotogrametría y las convencionales es alta, lo que sugiere que la fotogrametría es un método efectivo para obtener datos geoespaciales.

SEGUNDA: El traslape y la altura impactan significativamente en la precisión; los mayores traslapes (80/90) y menores alturas (80 m) generaron los menores errores absolutos, mientras que la precisión disminuye con el aumento de la altura. En comparación con la topografía convencional, la fotogrametría no solo se acerca a su precisión, sino que en muchos casos supera las expectativas.

TERCERA: En comparación con la topografía convencional, la fotogrametría no solo se acerca a la precisión de los métodos topográficos tradicionales, sino que en muchos casos supera las expectativas esperadas en su efectividad. Los resultados mostraron alta correlación en las coordenadas X (R^2 : 0.998-0.995) y Y (R^2 : 0.994-0.999), con errores absolutos medios mínimos de 0.011 m a 80 m y traslape 80/90, mientras que en Z hubo mayor variabilidad (R^2 : 0.843-0.998) con menor error a 80 m (0.021 m). El error porcentual medio osciló entre 3.3% y 4.8%.

CUARTA: En conclusión, las coordenadas X e Y muestran mayor precisión que las alturas Z, destacando la importancia de seleccionar adecuadamente las



alturas de vuelo y traslapes para optimizar la precisión en levantamientos
fotogramétricos.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Optimización del Traslape se recomienda utilizar un traslape mínimo del 80% para maximizar la precisión en levantamientos fotogramétricos. Para la altura de vuelo ajustada la aplicación requerida para una alta precisión, se sugiere mantener las alturas de vuelo alrededor de los 80 metros. Tanto para las coordenadas X como Y, se observa que la precisión mejora significativamente cuando se trabaja a menores alturas de vuelo.
- SEGUNDA:** Para la validar los datos obtenidos continuamente a través de los drones se debe implementar un sistema regular de validación comparativa entre métodos fotogramétricos y topográficos para asegurar la calidad y precisión continua del proceso fotogramétricos. Además, se debe tener la capacitación técnica a fin de que la intervención de los operadores de drones y personal técnico sobre las mejores prácticas en levantamientos fotogramétricos.
- TERCERA:** Se adoptar el uso de software avanzado para el procesamiento de imágenes que pueda mejorar aún más la precisión mediante algoritmos optimizados.
- CUARTA:** Estos hallazgos subrayan el potencial significativo del uso de drones y técnicas fotogramétricas en aplicaciones geoespaciales, ofreciendo una alternativa viable a métodos tradicionales con beneficios claros en términos de costo y eficiencia operativa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Calderon, C. R. (2020). Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogrametrico realizado con el dron EBEE plus y topográfico realizado con el GPS diferencial en la universidad nacional hermilio valdizan huanuco - 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6056>
- Anderson, S. W. (2019). Uncertainty in quantitative analyses of topographic change: error propagation and the role of thresholding. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(5), 1015–1033. <https://doi.org/10.1002/esp.4551>
- Arturo, S., & Murillo, A. (2022). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. 9(2), 1–35. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-29562021000200147
- Cedeño-Montoya, B., & Alfaro-Chavarria, C. (2018). Herramientas GNSS en la Enseñanza de Geografía y Cartografía: Aspectos Metodológicos. *Revista Geográfica de América Central*, 1(60), 71–92. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-2.3>
- Chaverri, P., & Arguedas, A. (2020). Políticas Públicas Basadas en Evidencia: una revisión del concepto y sus características. *Revista ABRA*, 40(60), 1–28. <https://doi.org/10.15359/abra.40-60.2>
- Claros, R., Guevara, A., & Pacas, N. (2016). Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados [Tesis de Pregrado, Universidad de el Salvador]. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/2c050c7c-dd31-43cc-959f-7fdb8787dfa8>
- Dabove, P., & Di Pietra, V. (2019). Single-baseline RTK positioning using dual-frequency GNSS receivers inside smartphones. *Sensors (Switzerland)*, 19(19). <https://doi.org/10.3390/s19194302>



- Delva, P., Altamimi, Z., Blazquez, A., Blossfeld, M., Böhm, J., Bonnefond, P., Boy, J. P., Bruinsma, S., Bury, G., Chatzinikos, M., Couhert, A., Courde, C., Dach, R., Dehant, V., Dell’Agnello, S., Elgered, G., Enderle, W., Exertier, P., Glaser, S., ... Zajdel, R. (2023). GENESIS: co-location of geodetic techniques in space. *Earth, Planets and Space*, 75(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01752-w>
- Diaz, G., Lencinas, J., & Del Valle, H. (2014). Introducción a la fotografía hemisférica en ciencias forestales. *Madera y Bosques*, 20, 109–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2014.201180>
- Erazo, R. (2023). Drones Multirrotor en Levantamientos Topográficos de Zonas Montañasas. *Revista Ingenio*, 6(1), 13–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/ingenio.v6i1.4304>
- Galcerá, S., Seguí, A., Portalés, C., Lerma, J., Ramírez, A., & Esteban, A. (2009). Optimización de proyectos de vuelo en Fotogrametría aérea. 1–8. https://folcomuns.firabcn.es/Globalgeo_Proceedings/Proceedings/Fotogrametr%C3%ADa%20y%20Teledetecci%C3%B3n/Aerial%20Photogrammetry/Optimizaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20de%20vuelo%20en%20Fotogrametr%C3%ADa%20a%C3%A9rea.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (McGraw-Hill, Ed.; 6ª ed.).
- Hinostroza Quijada, P. S. (2021). Evaluación de errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana los Andes.
- Iñiguez, V. (2024). Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total y vehículos aéreos no tripulados (UAVS) en los Andes del sur del Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28270>
- Jimenez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O., & Soriano Melgar, E. (2019). Análisis comparativo entre levantamientos Topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos



[Tesis de pregrado, Universidad de el Salvador].
<https://hdl.handle.net/20.500.14492/16439>

- Kolkos, G., Stergiadou, A., Kantartzis, A., & Tselepis, A. (2022). Accuracy of topographical instruments and Unmanned Aerial Systems for mapping and surveying environmental projects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1123(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1123/1/012015>
- Ibarrera, W. (2022). Gestión de la calidad de los datos: Qué, por qué, cómo y mejores prácticas. <https://dataladder.com/es/gestion-de-la-calidad-de-los-datos-que-por-que-como-y-mejores-practicas/>
- Mallma Palacios, R. (2020). Análisis comparativo del método fotogramétrico y convencional para el levantamiento topográfico de la Av. Ferrocarril-Pachacamac [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/56130>
- Mancini, F., & Salvini, R. (2019). Applications of photogrammetry for environmental research. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/ijgi8120542>
- Marijan, G., & Tomislav, B. (2021). Radar Satellite Altimetry in Geodesy-Theory, Applications and Recent Developments. *Geodetic Sciences - Theory, Applications and Recent Developments*, 1–18. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97349>
- Mikoś, M., Kazmierski, K., & Sońnica, K. (2023). Characteristics of the IGS receiver clock performance from multi-GNSS PPP solutions. *GPS Solutions*, 27(1). <https://doi.org/10.1007/s10291-023-01394-9>
- Miranda, S., & Ortiz, J. (2020). Los paradigmas de la investigación: un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 11(21), 1–18. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.717>



- Montenbruck, O., Steigenberger, P., & Hauschild, A. (2015). Broadcast versus precise ephemerides: a multi-GNSS perspective. *GPS Solutions*, 19(2), 321–333. <https://doi.org/10.1007/s10291-014-0390-8>
- Moya Zamora, J. (2022). Procesamiento GNSS en el Marco Geodésico CR-SIRGAS: influencia de las épocas de observación y referencia. *Ingeniería*, 32(2), 48–85. <https://doi.org/10.15517/ri.v32i2.50181>
- Nájera, A. (2021). Metodología para generación de ortofotos y modelos digitales de elevación de alta resolución a través de imágenes obtenidas con drones no-fotogramétricos [Universidad Autónoma de Guerrero]. http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/2498/TE_851102_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Neira Ricouz, R. A. (2005). “FOTOGRAFIA AEREA” [Tesis de Pregrado]. Universidad Austral del Chile.
- Nikolaidou, T., Santos, M., Williams, S. D. P., & Geremia-Nievinski, F. (2020). A simplification of rigorous atmospheric raytracing based on judicious rectilinear paths for near-surface GNSS reflectometry. *Earth, Planets and Space*, 72(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01206-1>
- Ordoñez Avendaño, J. R., & Condori Mamani, G. N. (2022). Análisis de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría con RPAS y su relación a la densidad de puntos de control terrestre [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18121>
- Ordóñez, S., Saharahui, A., Pineda, D., Brenes, B., & González, J. (2019). Fotogrametría: cómo crear modelos tridimensionales de bajo costo, con características realistas y fácil manipulación. *Investigacion En Educacion Medica*, 8(32), 1–12. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2019.32.18157>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. *Int. J. Morphol*, 35(1),



1–6. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037

Paniagua-Jiménez, D., & Valverde-Calderón, J. (2017). Comparación de los resultados en la resolución de ambigüedades para una red de estaciones GNSS en Europa con el uso de datos GPS y la combinación con datos GLONASS, utilizando el programa de procesamiento Bernese. *Uniciencia*, 31(2), 1. <https://doi.org/10.15359/ru.31-2.1>

Pérez, R. (2016). Acerca del método de la observación y algunos alcances al estudio experimental para la construcción de imágenes. 66, 1–11. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232018000100011

Pino, E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica)*, 37(1), 1–10. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019005000402>

Rios Monroy, A. P., & Puerto Caro, L. N. (2019). Control terrestre en el proceso fotogramétrico usando vehículos aéreos no tripulados con fines cartográficos en el municipio de cómbita [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/15113>

Saharahui, A., Ordóñez, S., Pineda, D., Brenes, B., & González, J. (2019). Photogrammetry: how to create three-dimensional models of low-cost, with realistic characteristics and easy handling, for use in teaching and medical diagnosis. *Investigación En Educación Medica*, 8(32), 1–12. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2019.32.18157>

Santos, L., Lopes, N., Araújo, G., & Barata, R. (2022). Overlap influence in images obtained by an unmanned aerial vehicle on a digital terrain model of altimetric precision. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1), 263–276. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2054028>

Torres, N., Franquet, J., & Gonzáles, J. (2010). Nivelación de terrenos por regresión tridimensional. <https://e-spacio.uned.es/entities/publication/53dc0bed-fefe-473d-8e4a-8b0afa958032>



Yuan, H., Zhang, Z., He, X., Dong, Y., Zeng, J., & Li, B. (2023). Multipath mitigation in GNSS precise point positioning using multipath hierarchy for changing environments. *GPS Solutions*, 27(4).
<https://doi.org/10.1007/s10291-023-01531-4>

Zepeda, R. (2015). Geodesia satelital GNSS.
https://www.academia.edu/39745642/GEODESIA_SATELITAL_GNSS_Revisi%C3%B3n_2



ANEXOS

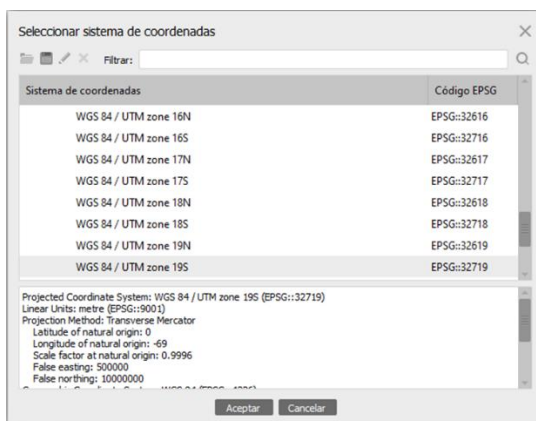
ANEXO 1. Procesamiento de fotos aéreas

Para el procesamiento de fotografías aéreas se empleó el software Agisoft Metashape: Professional en su versión 2.1.2, en el cual se siguieron los siguientes pasos, que se detallan a continuación.

Se inició con la configuración del sistema de referencia geodésico, tal como se aprecia en la figura 11, ya que el datum y la zona UTM son esenciales para toda medición geoespacial y para el enlace correcto de la presente investigación a la red geodésica nacional. Se eligió la zona UTM 19S en datum WGS84.

Figura 10

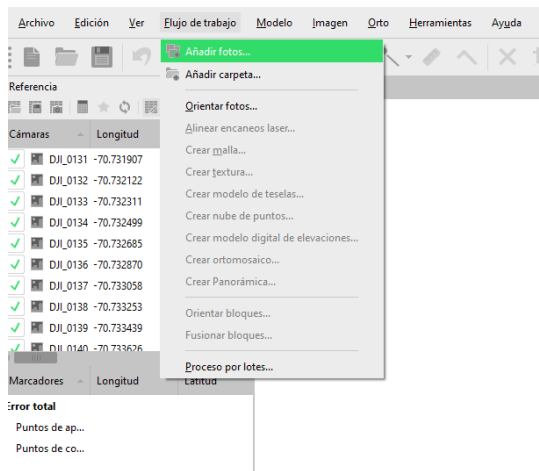
Configuración del sistema de referencia geodésico



Seguidamente, se añadieron las fotos aéreas al software Agisoft Metashape, tal como se aprecia en la figura 12. Las imágenes obtenidas de los vuelos fotogramétricos están en formato JPG. La adición de estas imágenes se realizó empleando la herramienta "Flujo de trabajo" y seleccionando "Añadir fotos".

Figura 11

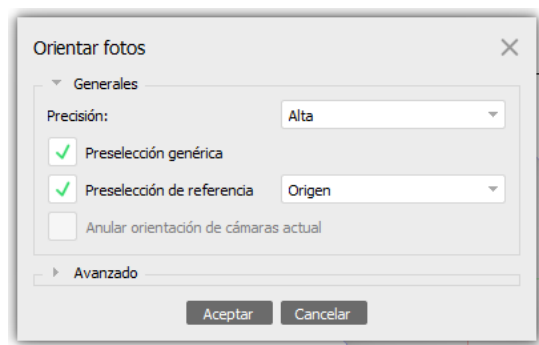
Añadir las fotos aéreas



Con las fotos cargadas en el software Agisoft Metashape, se procedió a realizar la orientación de las imágenes, como se observa en la figura 13. Este proceso aseguró la correcta alineación y superposición de las imágenes. Los parámetros establecidos fueron precisión alta y preselección de referencia de origen.

Figura 12

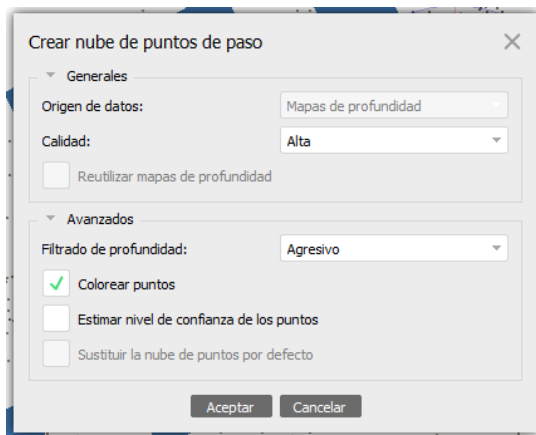
Orientación de las fotos aéreas



Después de orientar las fotos, se generó la nube de puntos densa, la cual proporciona una representación tridimensional del área de estudio. Se eligieron los parámetros de calidad alta y el filtrado de profundidad agresivo, como se ve en la figura 14.

Figura 13

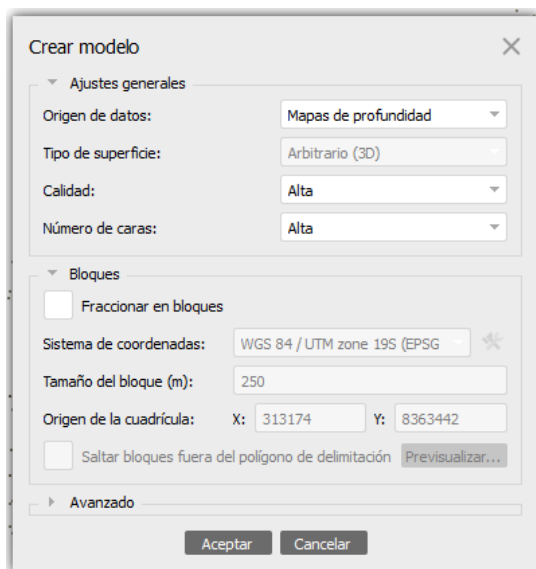
Generación de la nube de puntos densa



Con la nube de puntos densa generada, se procedió a generar la malla. Este proceso creó un modelo poligonal a partir de los datos tridimensionales. Se seleccionaron como origen de datos los mapas de profundidad, calidad alta y número de caras alta, como se observa en la figura 15.

Figura 14

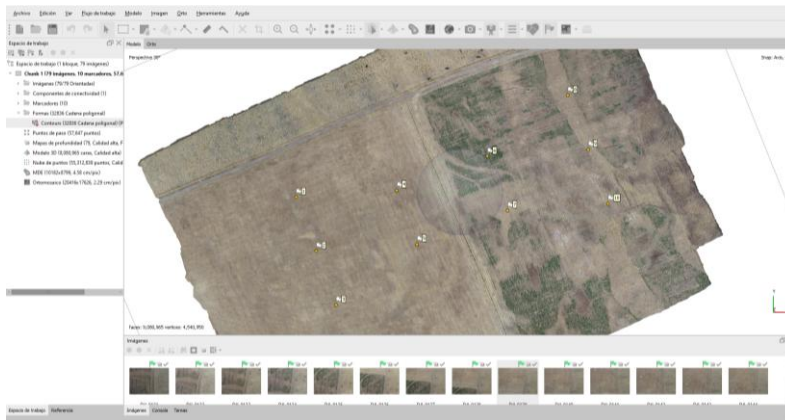
Generación de la malla



Los fotocontroles se ubicaron manualmente en las fotos aéreas, punto por punto en cada fotografía en la cual estaban presentes. Se identificaron los 10 puntos de fotocontrol, como se aprecia en la figura 16.

Figura 15

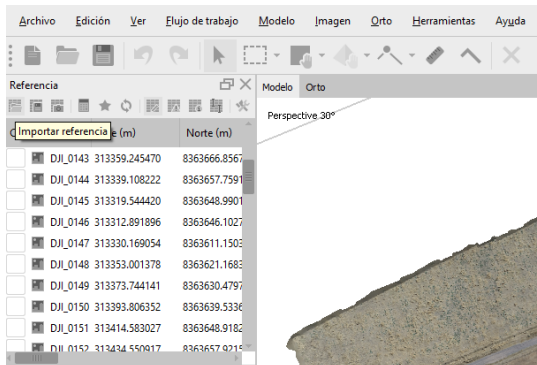
Ubicación manual de los fotocontroles



Con los fotocontroles ya ubicados en el modelo dentro del software Agisoft Metashape, se procedió a importar los fotocontroles a partir de un archivo de texto que contiene las coordenadas X, Y, Z. Este proceso se realizó mediante la herramienta "Importar referencia", como se observa en la figura 17.

Figura 16

Importación de los puntos de fotocontrol

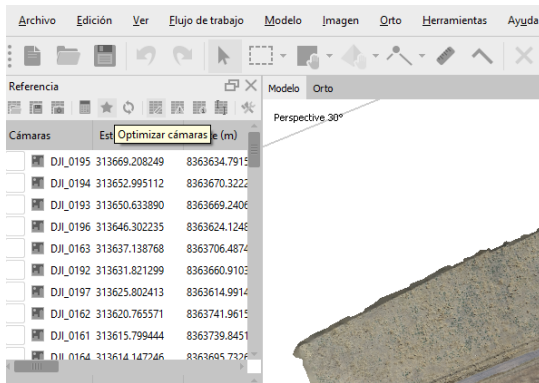


Para el correcto enlace a los puntos de fotocontrol, se optimizó la orientación de las cámaras, como se observa en la figura 18. Este proceso garantizó el correcto enlace a la red geodésica nacional de la investigación.

Este paso conlleva repetir los procesos de generación de la nube de puntos densa y la creación de la malla.

Figura 17

Optimización de la orientación de las cámaras



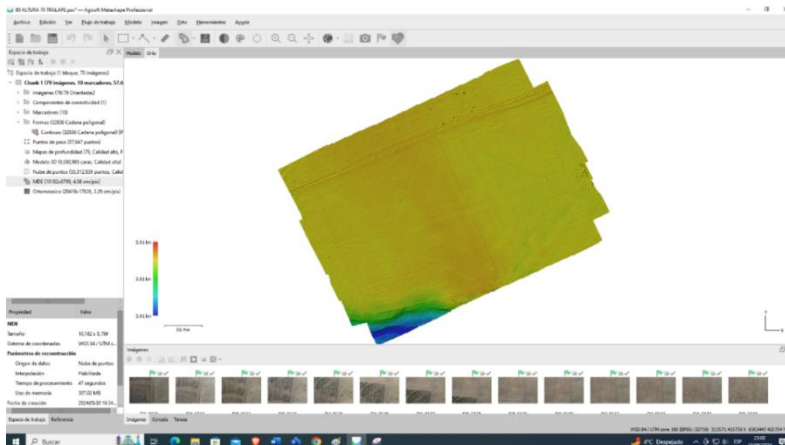
Finalizando con la optimización de las cámaras, se procedió a generar nuevamente la nube de puntos densa, seleccionando nuevamente los parámetros de calidad alta y filtrado de profundidad agresivo.

Habiendo generado nuevamente la nube de puntos densa, se procedió a generar la malla con los parámetros de origen de datos mapas de profundidad, calidad alta y número de caras alta.

Con todos los pasos seguidos minuciosamente, se generó el modelo digital de elevaciones con una resolución de píxel al centímetro, como se aprecia en la figura 19.

Figura 18

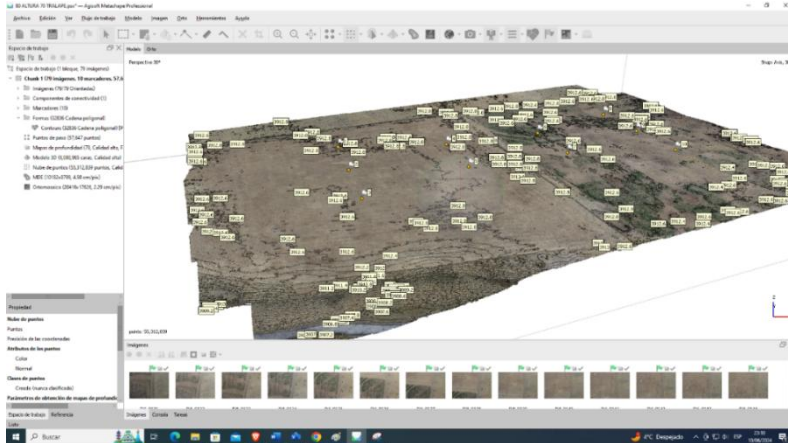
Generación del modelo digital de elevaciones



Sobre el modelo digital de elevaciones generado correctamente, se generaron las curvas de nivel con un intervalo de 0.2 m para curvas menores y 1.0 m para curvas mayores, como se aprecia en la figura 20.

Figura 19

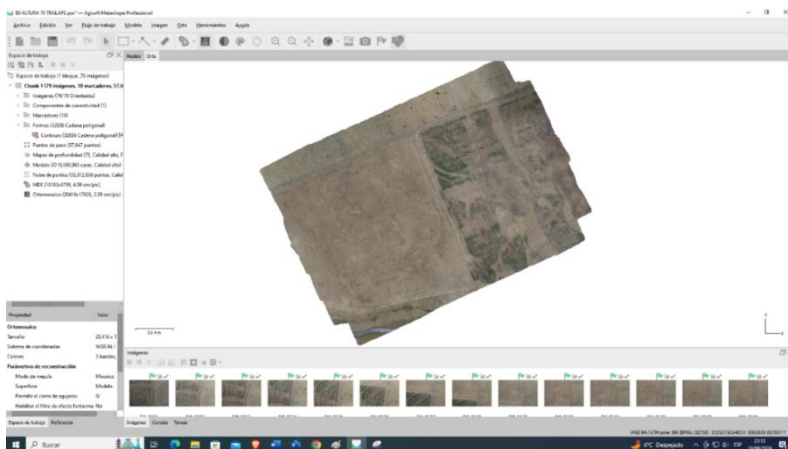
Generación de las curvas de nivel



Finalmente, se generó la ortofoto a partir del modelo digital de elevaciones y las fotos ortorrectificadas, garantizando una imagen aérea precisa y corregida geoméricamente del área de estudio, en formato TIFF, como se observa en la figura 21.

Figura 20

Generación de la ortofoto





ANEXO 2. Reporte de procesamiento GNSS

Procesamiento de líneas base del punto geodésico de orden C PUN08005 al punto geodésico ITA-01.

Estilo de procesamiento:

| | |
|---|-----------------------|
| Máscara de elevación: | 10.0 deg |
| Autoiniciar procesamiento: | Sí |
| Iniciar numeración automática de ID: | AUTO0001 |
| Vectores continuos: | No |
| Generar residuales: | Sí |
| Modelo de antena: | Automático |
| Tipo de efeméride: | Preciso/a |
| Frecuencia: | Múltiples frecuencias |
| Intervalo de procesamiento: | Usar todos los datos |
| Forzar flotante: | No |

Criterios de aceptación

| Componente del vector | Indicador | Fallida |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| Precisión horizontal > | 0.050 m + 1.000 ppm | 0.100 m + 1.000 ppm |
| Precisión vertical > | 0.100 m + 1.000 ppm | 0.200 m + 1.000 ppm |

PUN08005 - ITA-01 (10:53:20 a.m.-01:36:20 p.m.) (S3)

| | |
|--|---|
| Observación de línea base: | PUN08005 --- ITA-01 (B3) |
| Procesados: | 15/08/2022 05:09:42 p.m. |
| Tipo de solución: | Fija |
| Frecuencia utilizada: | Frecuencia doble (L1, L2) |
| Precisión horizontal: | 0.005 m |
| Precisión vertical: | 0.018 m |
| RMS: | 0.017 m |
| PDOP máximo: | 2.346 |
| Efemérides utilizadas: | Preciso/a |
| Modelo de antena: | NGS Absolute |
| Hora de inicio de procesamiento: | 13/08/2022 10:53:20 a.m. (Desajuste con respecto a GPS: -5hr) |
| Hora de detención de procesamiento: | 13/08/2022 01:36:20 p.m. (Desajuste con respecto a GPS: -5hr) |
| Duración del procesamiento: | 02:43:00 |
| Intervalo de procesamiento: | 5 segundos |

Componentes de vector (Marca a marca)

| De: | PUN08005 | | | | |
|------------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Cuadrícula | | Local | | Global |
| Este | 329871.672 m | Latitud | S14°52'55.58288" | Latitud | S14°52'55.58288" |
| Norte | 8354110.378 m | Longitud | W70°34'53.18548" | Longitud | W70°34'53.18548" |
| Elevación | 4027.197 m | Altura | 4074.301 m | Altura | 4074.301 m |



| A: ITA-01 | | | | | |
|------------|---------------|----------|------------------|----------|------------------|
| Cuadrícula | | Local | | Global | |
| Este | 313722.318 m | Latitud | S14°47'44.28816" | Latitud | S14°47'44.28816" |
| Norte | 8363558.739 m | Longitud | W70°43'50.99389" | Longitud | W70°43'50.99389" |
| Elevación | 3912.094 m | Altura | 3958.669 m | Altura | 3958.669 m |

| Vector | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------------|-------------|------------|--------------|
| Δ Este | -16149.354 m | Acimut Adelante NS | 300°44'07" | Δ X | -14405.786 m |
| Δ Norte | 9448.361 m | Dist. elip | 18710.372 m | Δ Y | -7537.315 m |
| Δ Elevación | -115.103 m | Δ Altura | -115.632 m | Δ Z | 9284.128 m |

Errores estándar

| Errores de vector: | | | | | |
|-----------------------------|---------|------------------------------|----------|---------------------|---------|
| σ Δ Este | 0.002 m | σ Acimut NS delantero | 0°00'00" | σ Δ X | 0.003 m |
| σ Δ Norte | 0.002 m | σ Dist. elipsoide | 0.002 m | σ Δ Y | 0.008 m |
| σ Δ Elevación | 0.009 m | σ Δ Altura | 0.009 m | σ Δ Z | 0.003 m |

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

| | X | Y | Z |
|---|---------------|--------------|--------------|
| X | 0.0000115080 | | |
| Y | -0.0000233739 | 0.0000707218 | |
| Z | -0.0000074704 | 0.0000206812 | 0.0000088575 |

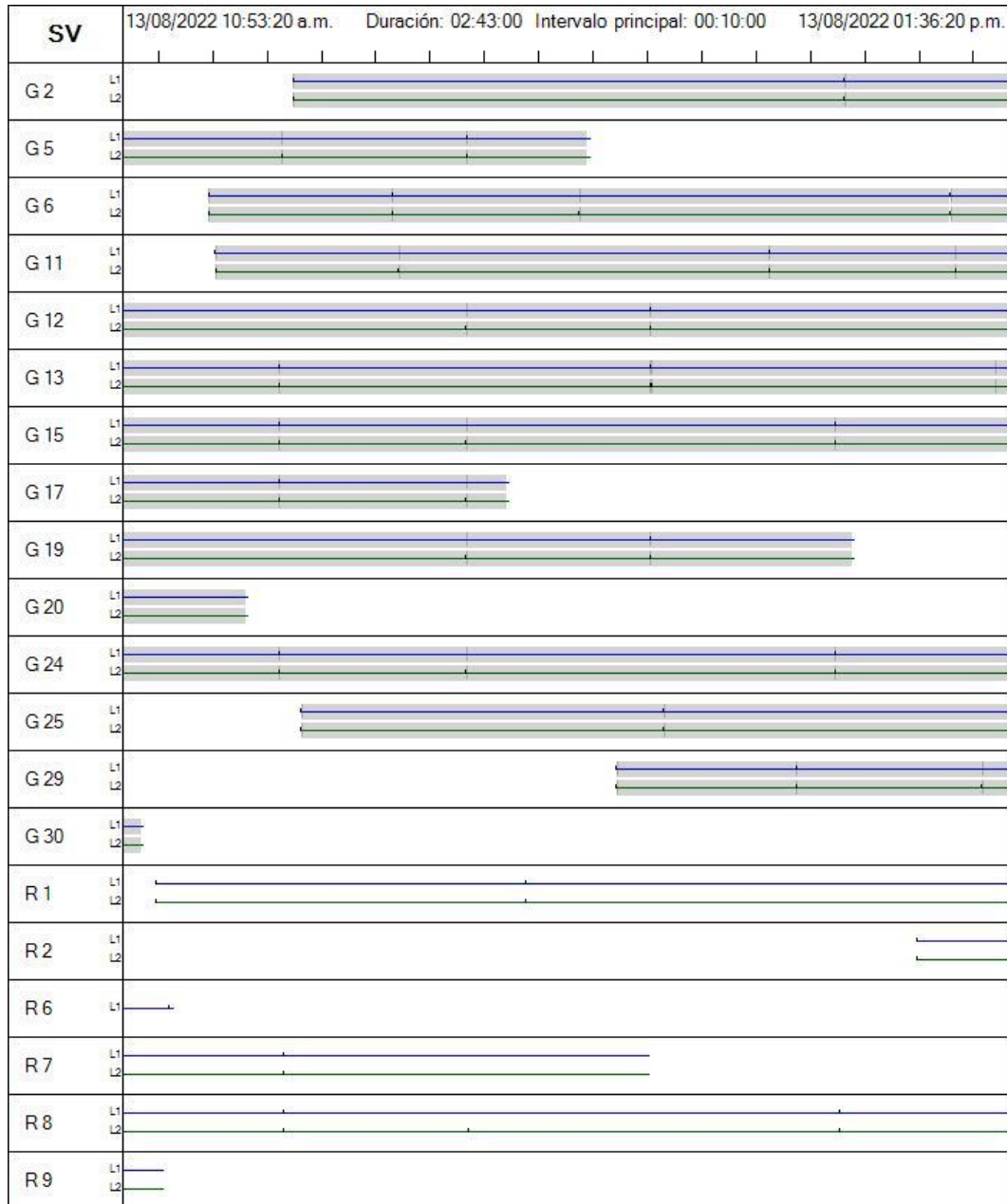
Ocupaciones

| | De | A |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| ID de punto: | PUN08005 | ITA-01 |
| Archivo de datos: | J:\CONSULTORIA-2022\492- | J:\CONSULTORIA-2022\492- |
| Tipo de receptor: | R8 | Galaxy G6-SG6X |
| Número de serie del receptor: | 4507144944 | SG61B1126376667 |
| Tipo de antena: | R8/5800/SPS78x Internal | Galaxy G6-SG2X |
| Número de serie de la antena: | ----- | SG61B1126376667 |
| Altura de la antena (medida): | 1.648 m | 1.650 m |
| Método de antena: | Centro del tope protector | Centro de fase de la antena |



Diagrama de barras de observación satelital donde se grafican los tiempos de visibilidad de distintos satélites de la línea base del punto geodésico de orden C PUN08005 al punto geodésico ITA-01.

Resumen de seguimiento



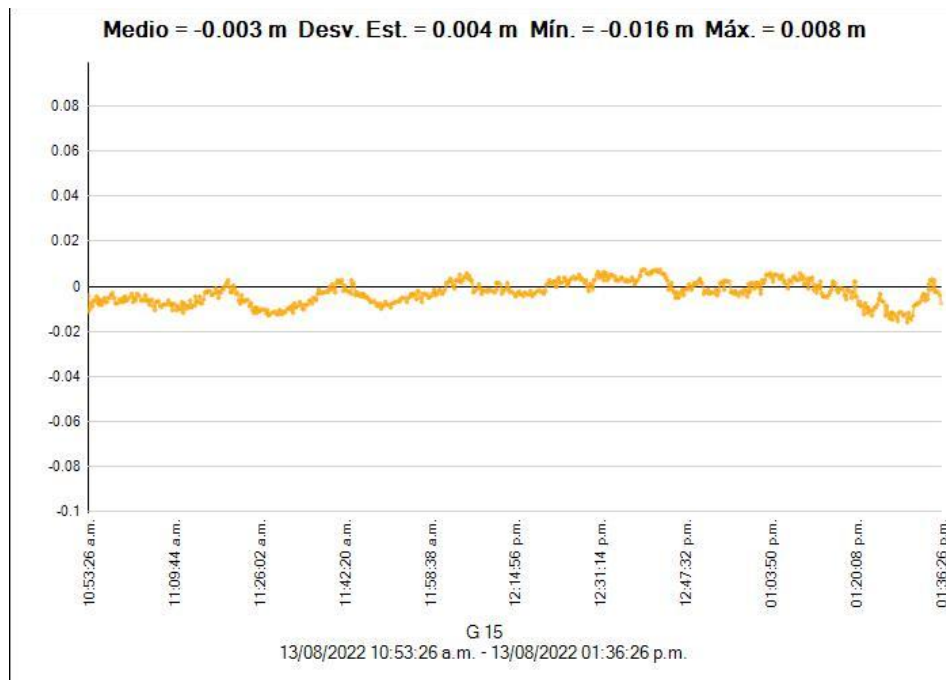
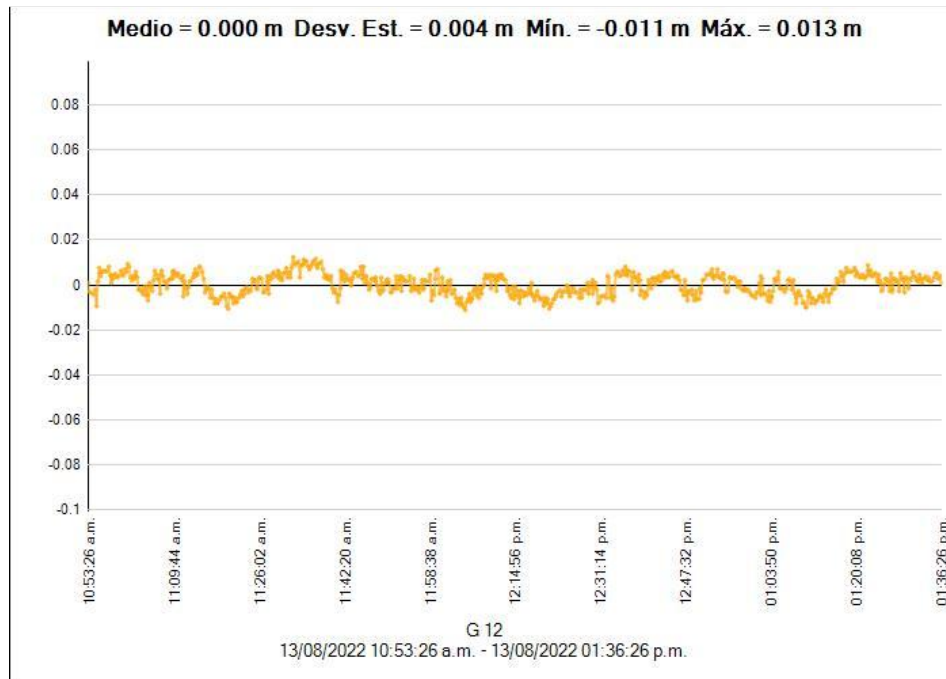


| SV | 13/08/2022 10:53:20 a.m. | Duración: 02:43:00 | Intervalo principal: 00:10:00 | 13/08/2022 01:36:20 p.m. |
|------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|
| R 10 | L1 | | | |
| R 11 | L1 | | | |
| | L2 | | | |
| R 12 | L1 | | | |
| | L2 | | | |
| R 20 | L1 | | | |
| | L2 | | | |
| R 21 | L1 | | | |
| | L2 | | | |
| E 1 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 4 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 7 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 13 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 15 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 19 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 21 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 26 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 27 | E1 | | | |
| | E5 | | | |
| E 33 | E1 | | | |
| | E5 | | | |



Residuales mas precisas de la línea base del punto geodésico de orden C

PUN08005 al punto geodésico ITA-01.







Procesamiento de líneas base del punto geodésico de orden C PUN08005 al punto geodésico ITA-02.

Estilo de procesamiento:

| | |
|---|-----------------------|
| Máscara de elevación: | 10.0 deg |
| Autoiniciar procesamiento: | Sí |
| Iniciar numeración automática de ID: | AUTO0001 |
| Vectores continuos: | No |
| Generar residuales: | Sí |
| Modelo de antena: | Automático |
| Tipo de efeméride: | Preciso/a |
| Frecuencia: | Múltiples frecuencias |
| Intervalo de procesamiento: | Usar todos los datos |
| Forzar flotante: | No |

Criterios de aceptación

| Componente del vector | Indicador  | Fallida  |
|------------------------|---|---|
| Precisión horizontal > | 0.050 m + 1.000 ppm | 0.100 m + 1.000 ppm |
| Precisión vertical > | 0.100 m + 1.000 ppm | 0.200 m + 1.000 ppm |

| | | |
|---------------------|---|-------------------------|
| 15/08/2022 17:11:59 | J:\CONSULTORIA-2022\492-CHUQUIBAMBILLA- | Trimble Business Center |
|---------------------|---|-------------------------|



| Datos del archivo del proyecto | | | | Sistema de coordenadas | | | | |
|--|---|----------|------------------|------------------------|------------------|------------|------------|----------|
| Nombre: | JA\CONSULTORIA-2022\492- | | | Nombre: | World wide/UTM | | | |
| Tamaño: | 47 KB | | | Datum: | WGS 1984 | | | |
| Modificado/a: | 15/08/2022 05:10:44 p.m. (UTC:-5) | | | Zona: | 19 South | | | |
| Zona horaria: | Hora est. Pacifico, Sudamerica | | | Geoide: | EGM2008PERU | | | |
| Número de referencia: | | | | Datum vertical: | | | | |
| Descripción: | | | | | | | | |
| Comentario 1: | | | | | | | | |
| Comentario 2: | | | | | | | | |
| Comentario 3: | | | | | | | | |
| Informe de procesamiento de líneas base | | | | | | | | |
| Procesando resumen | | | | | | | | |
| Observación | De | A | Tipo de | Prec. H. | Prec. V. | Aci. | Dist. elip | ΔAltura |
| PUN08005 --- ITA-02 (B1) | PUN08005 | ITA-02 | Fija | 0.003 | 0.014 | 301°20'43" | 18892.295 | -115.436 |
| PUN08005 --- ITA-01 (B3) | PUN08005 | ITA-01 | Fija | 0.005 | 0.018 | 300°44'07" | 18710.372 | -115.632 |
| Resumen de aceptación | | | | | | | | |
| Procesado | Pasado | | Indicador | Fallida | | | | |
| 2 | 2 | | 0 | 0 | | | | |
| PUN08005 - ITA-02 (10:09:20 a.m.-01:28:55 p.m.) (S1) | | | | | | | | |
| Observación de línea base: | PUN08005 --- ITA-02 (B1) | | | | | | | |
| Procesados: | 15/08/2022 05:09:43 p.m. | | | | | | | |
| Tipo de solución: | Fija | | | | | | | |
| Frecuencia utilizada: | Frecuencia doble (L1, L2) | | | | | | | |
| Precisión horizontal: | 0.003 m | | | | | | | |
| Precisión vertical: | 0.014 m | | | | | | | |
| RMS: | 0.014 m | | | | | | | |
| PDOP máximo: | 2.348 | | | | | | | |
| Efemérides utilizadas: | Preciso/a | | | | | | | |
| Modelo de antena: | NGS Absolute | | | | | | | |
| Hora de inicio de procesamiento: | 13/08/2022 10:09:20 a.m. (Desajuste con respecto a GPS: -5hr) | | | | | | | |
| Hora de detención de procesamiento: | 13/08/2022 01:28:55 p.m. (Desajuste con respecto a GPS: -5hr) | | | | | | | |
| Duración del procesamiento: | 03:19:35 | | | | | | | |
| Intervalo de procesamiento: | 5 segundos | | | | | | | |
| Componentes de vector (Marca a marca) | | | | | | | | |
| De: | PUN08005 | | | | | | | |
| Cuadrícula | | Local | | | Global | | | |
| Este | 329871.672 m | Latitud | S14°52'55.58288" | Latitud | S14°52'55.58288" | | | |
| Norte | 8354110.378 m | Longitud | W70°34'53.18548" | Longitud | W70°34'53.18548" | | | |
| Elevación | 4027.197 m | Altura | 4074.301 m | Altura | 4074.301 m | | | |

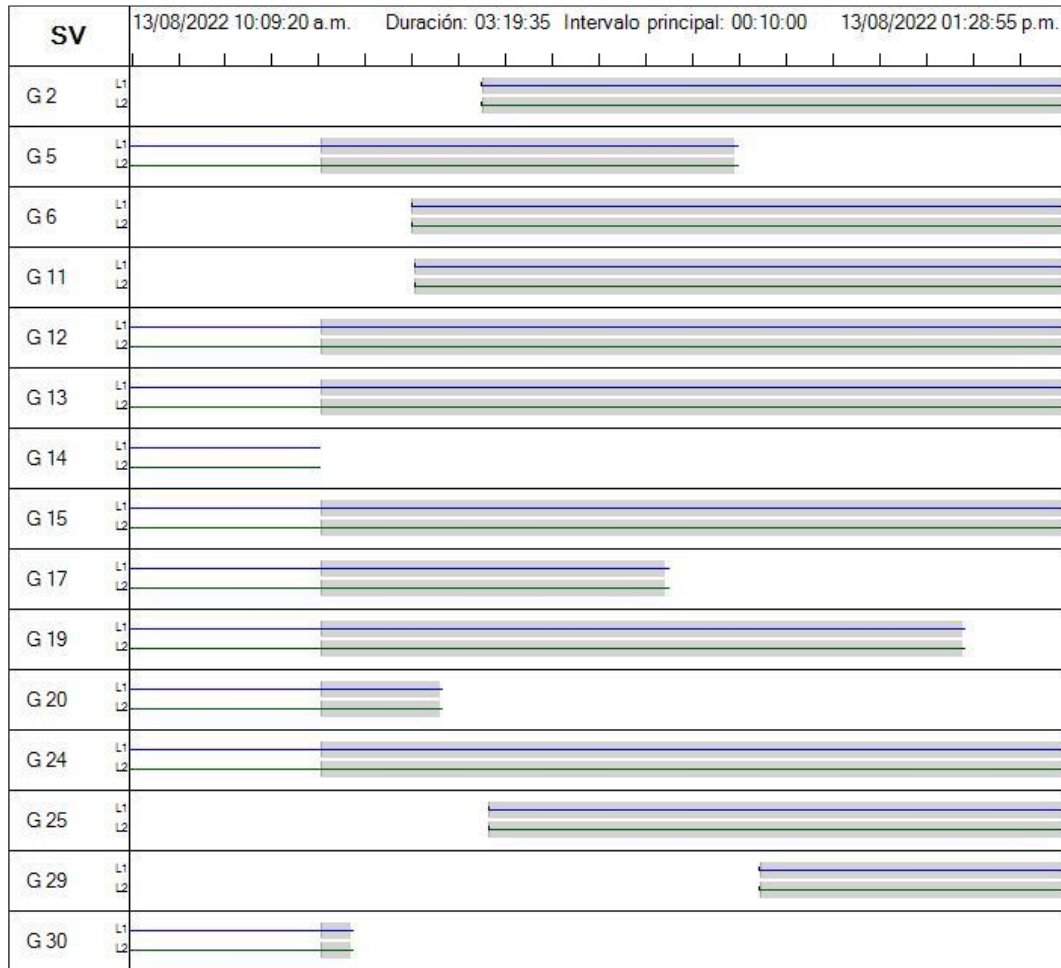


| A: ITA-02 | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|---------------------------|----------|------------------|
| Cuadrícula | | Local | | Global | |
| Este | 313667.793 m | Latitud | S14°47'35.65485" | Latitud | S14°47'35.65485" |
| Norte | 8363823.680 m | Longitud | W70°43'52.74876" | Longitud | W70°43'52.74876" |
| Elevación | 3912.281 m | Altura | 3958.865 m | Altura | 3958.865 m |
| Vector | | | | | |
| ΔEste | -16203.879 m | Acimut Adelante NS | 301°20'43" | ΔX | -14432.917 m |
| ΔNorte | 9713.302 m | Dist. elip | 18892.295 m | ΔY | -7618.823 m |
| ΔElevación | -114.915 m | ΔAltura | -115.436 m | ΔZ | 9540.789 m |
| Errores estándar | | | | | |
| Errores de vector: | | | | | |
| σ ΔEste | 0.001 m | σ Acimut NS delantero | 0°00'00" | σ ΔX | 0.002 m |
| σ ΔNorte | 0.001 m | σ Dist. elipsoide | 0.001 m | σ ΔY | 0.006 m |
| σ ΔElevación | 0.007 m | σ ΔAltura | 0.007 m | σ ΔZ | 0.002 m |
| Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²) | | | | | |
| | X | Y | Z | | |
| X | 0.0000059690 | | | | |
| Y | -0.0000131778 | 0.0000402444 | | | |
| Z | -0.0000042071 | 0.0000117532 | 0.0000049622 | | |
| Ocupaciones | | | | | |
| | De | | A | | |
| ID de punto: | PUN08005 | | ITA-02 | | |
| Archivo de datos: | J:\CONSULTORIA-2022\492- | | J:\CONSULTORIA-2022\492- | | |
| Tipo de receptor: | R8 | | R8 | | |
| Número de serie del receptor: | 4507144944 | | 4603105763 | | |
| Tipo de antena: | R8/5800/SPS78x Internal | | R8/5800/SPS78x Internal | | |
| Número de serie de la antena: | ----- | | ----- | | |
| Altura de la antena (medida): | 1.648 m | | 1.691 m | | |
| Método de antena: | Centro del tope protector | | Centro del tope protector | | |



Diagrama de barras de observación satelital donde se grafican los tiempos de visibilidad de distintos satélites de la línea base del punto geodésico de orden C PUN08005 al punto geodésico ITA-02.

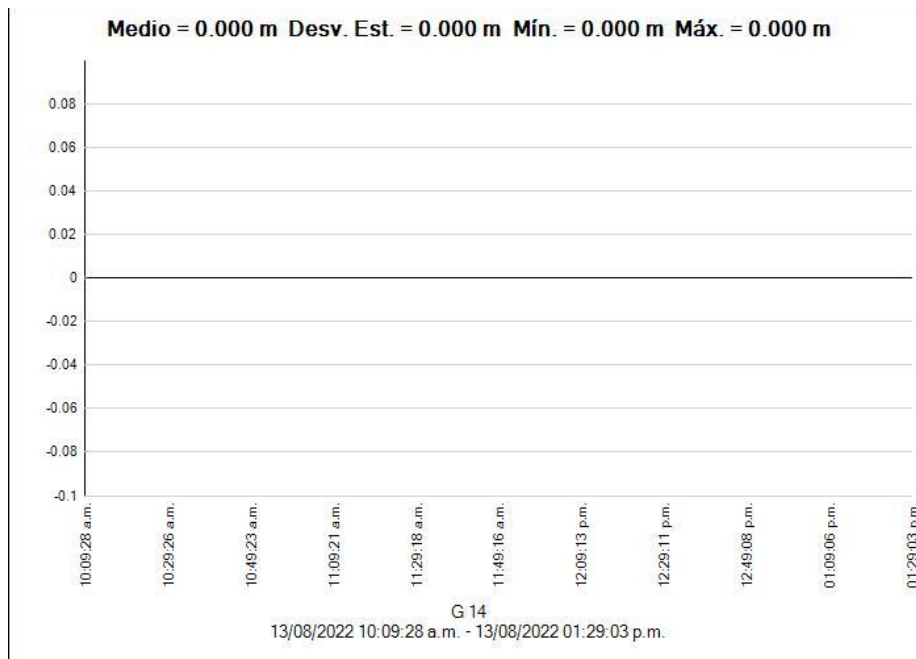
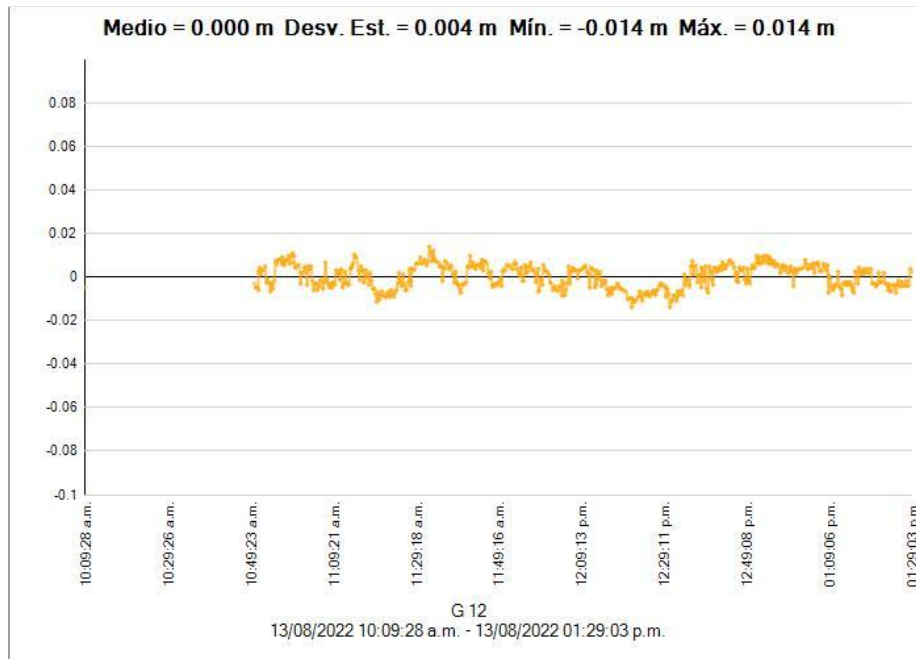
Resumen de seguimiento





Residuales más precisas de la línea base del punto geodésico de orden C

PUN08005 al punto geodésico ITA-02.



ANEXO 3. Certificado de calibración de los equipos



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD CERTIFICATE OF OPERATION

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

| | | | |
|------------|---------------|----------------------------|--|
| Equipo | RECEPTOR GNSS | Persona Natural o Jurídica | PROYECTOS E INGENIERIA CONTRATISTAS GENERALES EIRL |
| Fabricante | TRIMBLE | Dirección | JR. CAJAMARCA N° 111- PUNO |
| Modelo | R8 | RUC / DNI | 20447783941 |
| N° Serie | 4507144944 | | |

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 185-09/2024
Fecha : 12/09/2024

Imagen de Receptor



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

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

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.



PRESICIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

| | |
|------------|---------------------|
| HORIZONTAL | ±5 mm + 0.5 ppm RMS |
| VERTICAL | ±5 mm + 1 ppm RMS |

| | |
|------------|-------------------|
| HORIZONTAL | 10 mm + 1 ppm RMS |
| VERTICAL | 20 mm + 1 ppm RMS |

FECHA DE MANTENIMIENTO

| Fecha | Mantenimiento | Prueba de Operatividad | Fecha de Vencimiento | Observación |
|------------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| 12/09/2024 | x | x | 12/09/2025 | % 100 OPERATIVO |

| Responsable Técnico | GERENTE GENERAL |
|---|--|
| J. YOVANI FLORES TEVES | INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. |
|  |  Ing° Jasmani Yovani Flores Teves Representante Legal CIP 195571 |

ORD. N° 185-09/24



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General Reparación **Operatividad** Garantía Nuevo

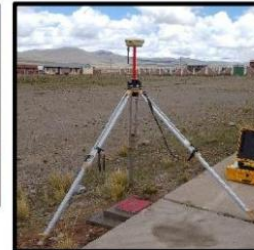
DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

| | |
|-------------------------------|---|
| Equipo : RECEPTOR GNSS | Persona Natural o Jurídica : PROYECTOS E INGENIERIA CONTRATISTRAS GENERALES EIRL |
| Fabricante : TRIMBLE | Dirección : JR. CAJAMARCA N° 111- PUNO |
| Modelo : R8 | RUC / DNI : 20447783941 |
| N° Serie : 4603105763 | |

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 186-09/2024 Imagen de Receptor
Fecha : 12/09/2024



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

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

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

PRECISIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

| | |
|------------|---------------------|
| HORIZONTAL | ±5 mm + 0.5 ppm RMS |
| VERTICAL | ±5 mm + 1 ppm RMS |

| | |
|------------|-------------------|
| HORIZONTAL | 10 mm + 1 ppm RMS |
| VERTICAL | 20 mm + 1 ppm RMS |

FECHA DE MANTENIMIENTO

| Fecha | Mantenimiento | Prueba de Operatividad | Fecha de Vencimiento | Observación |
|------------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| 12/09/2024 | x | x | 12/09/2025 | % 100 OPERATIVO |

| | |
|--|--|
| Responsable Técnico J. YOVANI FLORES TEVES | GERENTE GENERAL INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. |
| | Ing° Jasmani Yovani Flores Teves Representante Legal CIP 195571 |

ORD. N° 186-09/24



SOUTH

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

| | | | | |
|-----------------------|------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Mantenimiento general | Reparacion | Operatividad OK | Garantia 1 año OK | Nuevo OK |
|-----------------------|------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|

DATOS DEL EQUIPO

| | |
|---|--|
| Nombre : GPS DIFERENCIAL | Especificaciones de Precision (RMS) 1 2 3 · Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS · Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS · Tiempo de observacion: Va de 4 a 30 minutos en funcion de la distancia entre los receptores y otros factores ambientales · Modelo de antena STHG6SG6X-T970A |
| Marca : GALAXY SOUTH | |
| Modelo : G6 | |
| Colector Serie : SNH2B50D0315800D0 | |
| Modelo No: H5 | |
| Receptor BASE Serie : SG61B1126376667EDD | |
| Receptor ROVER Serie : G61B3126376554EDD | |

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro. : 008-00386
Fecha : 15/10/2024

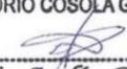
METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

□ Los valores de rendimiento asumen un mínimo de 4 satélite, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. Las zona de elevada recepción múltiple, los valores alto del PDOP y los periodos de condiciones atmosférica extremas pueden afectar al rendimiento

COSOLA GROUP S.A.C. bajo la acreditación de SGS ISO 9001-2008 certifica que el instrumento identificado a sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecida por el fabricante

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO

| Fecha | Mantenimiento | Calibración | Próxima Operatividad | Observación |
|------------|---------------|-------------|----------------------|-----------------|
| 15/10/2024 | | X | 1 AÑO | % 100 OPERATIVO |

| | | |
|--|---|-------------|
| Responsable de Verificación | Propietario | RUC |
| COSOLA GROUP S.A.C. | PROYECTOS E INGENIERIA CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L. | 20447783941 |
| LABORATORIO COSOLA GROUP SAC  Sonia Andía Girao JEFE DPTO. TÉCNICO Y REPARACIÓN (Equipos GPS y Drones) Firma y Sello | Firma y Sello | |





CATACORA

LABORATORIO TOPOGRÁFICO

CALIBRACIÓN y MANTENIMIENTO DE
INSTRUMENTOS DE TOPOGRAFÍA

| | |
|---------|--------|
| N° CERT | 004-24 |
| AÑO | 2024 |

CERTIFICADO DE CALIBRACION

| | | | |
|---------|-----------------------|-------------------------------|---|
| Nombre | SOUTHFORJ CONS S.A.C. | Precisión Angular | 1" |
| DNI/RUC | 20611694122 | Lectura Mínima | 1" |
| Equipo | Estación Total | Precisión de Distancia/Prisma | 2 mm+2 ppm |
| Marca | LEICA | Precisión de Distancia/DR | 3 mm+2 ppm |
| Modelo | TS 06 1" | Alcance con Prisma Sin Prisma | 1.4 a 5000m. con 01 prisma 0 a 1000m |
| Serie | 1375830 | Lectura Distancia Mínima | 1.4 m |

MEDICION DE SISTEMA ANGULAR

| PATRON DE MEDIDAS | | |
|-------------------|---------|----------|
| GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
| 0 | 0 | 0 |
| 90 | 0 | 0 |

| VALOR A CORREGIR | | | |
|------------------|--------|---------|----------|
| | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
| HORIZONT. | 0 | 0 | 07 |
| VERT. | 0 | 0 | 05 |

| LECTURAS DE EQUIPO | | | |
|--------------------|----------------|-----------------|-------|
| | ANGULO DIRECTO | ANGULO INVERSO | DELTA |
| AH | 0 ° 0 ' 0 " | 180 ° 00 ' 07 " | 07" |

| DESPUES DE COLIMACION | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|-------|
| | ANGULO DIRECTO | ANGULO INVERSO | DELTA |
| | 0 ° 0 ' 0 " | 180 ° 00 ' 00 " | 0 " |

| | | | |
|----|----------------|-----------------|-----|
| AV | 90 ° 00 ' 11 " | 269 ° 59 ' 54 " | 05" |
|----|----------------|-----------------|-----|

| | | | |
|--|----------------|-----------------|-----|
| | 89 ° 59 ' 57 " | 270 ° 00 ' 03 " | 0 " |
|--|----------------|-----------------|-----|

SISTEMA DE MEDIDAS DE DISTANCIA

| PATRON DE MEDIDAS | 0.735mts | 2.144mts | 5.981mts | 6.183mts | 6.420mts |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO | 0.735mts | 2.144mts | 5.981mts | 6.183mts | 6.420mts |
| ERROR PARA CORREGIR | 00.00mm | 00.00mm | 00.00mm | 00.00mm | 00.00mm |

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO:

Colimador marca SOUTH, modelo F420-3T, serie COL3T0001, precisión de 2" y aumento de lentes 30X.

PRECISION DEL INSTRUMENTO: la precisión angular es de 2" lectura mínima en el Display 1"

Sistema de medición de Distancia \pm (2mm+2ppm) .

Certificamos que el Equipo Topográfico mencionado cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales.

PATRON UTILIZADO PARA CALIBRACION DEL COLIMADOR

> Estación Total marca TOPCON IS-01, número de serie 9R0057. CERTIFICADO N° C2019

> Nivel Leica Sprinter 250M Serie 2210165 1 mm/km - Certificado N° C2095

La verificación del alineamiento de los colimadores se realiza diariamente según manual de Instrucción de la fábrica estándar basada en La norma: ISO 9001:2008/FM/ISO14001 y Cumplimos con los Estándar de Fabrica Establecidos en Equipos de Precisión y Topografía, Normas Internacionales Establecidos según (DIN18723).

Puno, 18 de Agosto del 2024.

| FECHA DE CALIBRACION | PROXIMA CALIBRACION | PROX. MANTENIMIENTO | CALIBRACION |
|----------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| 18/08/2024 | 20/09/2025 | 20/09/2025 | X |
| Servicio Técnico | Propietario | Técnico Responsable | |
| | | | |

DATOS: ESTE EQUIPO ANTES DE SALIR DE ALMACEN HA SIDO CHEQUEADO, Y SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO, ES DE SU RESPONSABILIDAD EL ADECUADO CUIDADO, ESTA EMPRESA NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR UNA MALA MANIPULACION Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO. A LA FIRMA SE MUESTRA LA CONFORMIDAD.

Jr. Justo Riquelme # 182. Puno Perú Cel. 993412540 Email: serviciotecnico@grupocatacora@gmail.com



ANEXO 4. Ajuste de puntos de fotocontrol y puntos de análisis por mínimos cuadrados

| AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F1 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|------------|---------------------------|------------|------------|------------------------------|
| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
| | | | | δ_x | δ_y | δ_z | |
| 1 | 313377.29920 | 8363660.16590 | 3912.77540 | 0.0047 | 0.0129 | -0.0037 | 0.0002023 |
| 2 | 313377.29740 | 8363660.16630 | 3912.77940 | 0.0029 | 0.0133 | 0.0003 | 0.0001856 |
| 3 | 313377.29830 | 8363660.16600 | 3912.78370 | 0.0038 | 0.0130 | 0.0046 | 0.0002049 |
| 4 | 313377.29960 | 8363660.16650 | 3912.78550 | 0.0051 | 0.0135 | 0.0064 | 0.0002495 |
| 5 | 313377.30110 | 8363660.16750 | 3912.78690 | 0.0066 | 0.0145 | 0.0078 | 0.0003150 |
| 6 | 313377.30220 | 8363660.16780 | 3912.78450 | 0.0077 | 0.0148 | 0.0054 | 0.0003078 |
| 7 | 313377.29520 | 8363660.17070 | 3912.78500 | 0.0007 | 0.0177 | 0.0059 | 0.0003490 |
| 8 | 313377.29220 | 8363660.16880 | 3912.78500 | -0.0023 | 0.0158 | 0.0059 | 0.0002901 |
| 9 | 313377.29260 | 8363660.16780 | 3912.78710 | -0.0019 | 0.0148 | 0.0080 | 0.0002870 |
| 10 | 313377.30110 | 8363660.16350 | 3912.78990 | 0.0066 | 0.0105 | 0.0108 | 0.0002708 |
| 11 | 313377.30360 | 8363660.16240 | 3912.79160 | 0.0091 | 0.0094 | 0.0125 | 0.0003277 |
| 12 | 313377.28740 | 8363660.14060 | 3912.78070 | -0.0071 | -0.0124 | 0.0016 | 0.0002066 |
| 13 | 313377.28220 | 8363660.14480 | 3912.77690 | -0.0123 | -0.0082 | -0.0022 | 0.0002233 |
| 14 | 313377.28910 | 8363660.14020 | 3912.77530 | -0.0054 | -0.0128 | -0.0038 | 0.0002072 |
| 15 | 313377.29490 | 8363660.14050 | 3912.77380 | 0.0004 | -0.0125 | -0.0053 | 0.0001842 |
| 16 | 313377.30360 | 8363660.13850 | 3912.77250 | 0.0091 | -0.0145 | -0.0066 | 0.0003362 |
| 17 | 313377.29850 | 8363660.13900 | 3912.77580 | 0.0040 | -0.0140 | -0.0033 | 0.0002226 |
| 18 | 313377.29020 | 8363660.14320 | 3912.77500 | -0.0043 | -0.0098 | -0.0041 | 0.0001311 |
| 19 | 313377.28910 | 8363660.14070 | 3912.77490 | -0.0054 | -0.0123 | -0.0042 | 0.0001979 |
| 20 | 313377.28770 | 8363660.14150 | 3912.77410 | -0.0068 | -0.0115 | -0.0050 | 0.0002033 |
| 21 | 313377.29020 | 8363660.14260 | 3912.77360 | -0.0043 | -0.0104 | -0.0055 | 0.0001567 |
| 22 | 313377.29130 | 8363660.14040 | 3912.77170 | -0.0032 | -0.0126 | -0.0074 | 0.0002235 |
| 23 | 313377.29100 | 8363660.14370 | 3912.77150 | -0.0035 | -0.0093 | -0.0076 | 0.0001562 |
| 24 | 313377.29040 | 8363660.14290 | 3912.76840 | -0.0041 | -0.0101 | -0.0107 | 0.0002330 |
| Promedio | 313377.29450 | 8363660.15299 | 3912.77909 | | | Σ | 0.0056713 |
| Coordenada ajustada por mínimos cuadrados | | | | | | | |
| | X | Y | Z | | | | |
| | 313377.2945 | 8363660.1530 | 3912.7791 | | | | |



| AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F2 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|------------|---------------------------|------------|------------|------------------------------|
| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313393.43640 | 8363616.86730 | 3912.72760 | 0.0015 | -0.0017 | 0.0416 | 0.0017387 |
| 2 | 313393.43470 | 8363616.86770 | 3912.72770 | -0.0002 | -0.0013 | 0.0417 | 0.0017435 |
| 3 | 313393.43350 | 8363616.86570 | 3912.67950 | -0.0014 | -0.0033 | -0.0065 | 0.0000547 |
| 4 | 313393.43460 | 8363616.86670 | 3912.67570 | -0.0003 | -0.0023 | -0.0103 | 0.0001109 |
| 5 | 313393.43320 | 8363616.86820 | 3912.67550 | -0.0017 | -0.0008 | -0.0105 | 0.0001130 |
| 6 | 313393.43360 | 8363616.86790 | 3912.67330 | -0.0013 | -0.0011 | -0.0127 | 0.0001633 |
| 7 | 313393.43210 | 8363616.86820 | 3912.67310 | -0.0028 | -0.0008 | -0.0129 | 0.0001738 |
| 8 | 313393.43030 | 8363616.86930 | 3912.67380 | -0.0046 | 0.0003 | -0.0122 | 0.0001689 |
| 9 | 313393.42860 | 8363616.87270 | 3912.67400 | -0.0063 | 0.0037 | -0.0120 | 0.0001958 |
| 10 | 313393.43360 | 8363616.86880 | 3912.68110 | -0.0013 | -0.0002 | -0.0049 | 0.0000253 |
| 11 | 313393.43500 | 8363616.86860 | 3912.68080 | 0.0001 | -0.0004 | -0.0052 | 0.0000269 |
| 12 | 313393.43460 | 8363616.87090 | 3912.68150 | -0.0003 | 0.0019 | -0.0045 | 0.0000235 |
| 13 | 313393.43330 | 8363616.87120 | 3912.68180 | -0.0016 | 0.0022 | -0.0042 | 0.0000245 |
| 14 | 313393.43760 | 8363616.86970 | 3912.68090 | 0.0027 | 0.0007 | -0.0051 | 0.0000336 |
| 15 | 313393.43910 | 8363616.86870 | 3912.68220 | 0.0042 | -0.0003 | -0.0038 | 0.0000323 |
| 16 | 313393.44040 | 8363616.86860 | 3912.68420 | 0.0055 | -0.0004 | -0.0018 | 0.0000340 |
| 17 | 313393.42990 | 8363616.86770 | 3912.68370 | -0.0050 | -0.0013 | -0.0023 | 0.0000315 |
| 18 | 313393.43420 | 8363616.86930 | 3912.68520 | -0.0007 | 0.0003 | -0.0008 | 0.0000011 |
| 19 | 313393.43590 | 8363616.87040 | 3912.68840 | 0.0010 | 0.0014 | 0.0024 | 0.0000089 |
| 20 | 313393.43590 | 8363616.87070 | 3912.68870 | 0.0010 | 0.0017 | 0.0027 | 0.0000113 |
| 21 | 313393.44120 | 8363616.87060 | 3912.68980 | 0.0063 | 0.0016 | 0.0038 | 0.0000574 |
| 22 | 313393.43960 | 8363616.87010 | 3912.69190 | 0.0047 | 0.0011 | 0.0059 | 0.0000588 |
| 23 | 313393.43790 | 8363616.86890 | 3912.69150 | 0.0030 | -0.0001 | 0.0055 | 0.0000399 |
| 24 | 313393.43140 | 8363616.86880 | 3912.69130 | -0.0035 | -0.0002 | 0.0053 | 0.0000405 |
| Promedio | 313393.43486 | 8363616.86903 | 3912.68597 | | | Σ | 0.0049122 |
| Coordenada ajustada por mínimos cuadrados | | | | | | | |
| | X | Y | Z | | | | |
| | 313393.4349 | 8363616.8690 | 3912.6860 | | | | |

| AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F3 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|------------|---------------------------|------------|------------|------------------------------|
| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313409.33570 | 8363573.59930 | 3912.69440 | -0.0008 | -0.0057 | -0.0030 | 0.0000418 |
| 2 | 313409.33970 | 8363573.60350 | 3912.69580 | 0.0032 | -0.0015 | -0.0016 | 0.0000150 |
| 3 | 313409.33800 | 8363573.60330 | 3912.69570 | 0.0015 | -0.0017 | -0.0017 | 0.0000079 |
| 4 | 313409.33680 | 8363573.60500 | 3912.69500 | 0.0003 | 0.0000 | -0.0024 | 0.0000058 |
| 5 | 313409.34150 | 8363573.60480 | 3912.69470 | 0.0050 | -0.0002 | -0.0027 | 0.0000323 |
| 6 | 313409.33590 | 8363573.60460 | 3912.69530 | -0.0006 | -0.0004 | -0.0021 | 0.0000049 |
| 7 | 313409.33600 | 8363573.60620 | 3912.69630 | -0.0005 | 0.0012 | -0.0011 | 0.0000029 |
| 8 | 313409.33070 | 8363573.60110 | 3912.69460 | -0.0058 | -0.0039 | -0.0028 | 0.0000564 |



| | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| 9 | 313409.33360 | 8363573.60340 | 3912.69540 | -0.0029 | -0.0016 | -0.0020 | 0.0000148 |
| 10 | 313409.33770 | 8363573.60200 | 3912.69460 | 0.0012 | -0.0030 | -0.0028 | 0.0000181 |
| 11 | 313409.33450 | 8363573.60580 | 3912.69670 | -0.0020 | 0.0008 | -0.0007 | 0.0000051 |
| 12 | 313409.33460 | 8363573.60870 | 3912.69560 | -0.0019 | 0.0037 | -0.0018 | 0.0000207 |
| 13 | 313409.33630 | 8363573.61040 | 3912.69610 | -0.0002 | 0.0054 | -0.0013 | 0.0000311 |
| 14 | 313409.33540 | 8363573.60270 | 3912.69720 | -0.0011 | -0.0023 | -0.0002 | 0.0000064 |
| 15 | 313409.33550 | 8363573.60310 | 3912.69960 | -0.0010 | -0.0019 | 0.0022 | 0.0000094 |
| 16 | 313409.33790 | 8363573.60640 | 3912.69900 | 0.0014 | 0.0014 | 0.0016 | 0.0000066 |
| 17 | 313409.33970 | 8363573.61370 | 3912.70110 | 0.0032 | 0.0087 | 0.0037 | 0.0001001 |
| 18 | 313409.33690 | 8363573.61440 | 3912.70160 | 0.0004 | 0.0094 | 0.0042 | 0.0001067 |
| 19 | 313409.33010 | 8363573.60430 | 3912.70150 | -0.0064 | -0.0007 | 0.0041 | 0.0000582 |
| 20 | 313409.33150 | 8363573.60390 | 3912.70100 | -0.0050 | -0.0011 | 0.0036 | 0.0000391 |
| 21 | 313409.33730 | 8363573.60410 | 3912.70090 | 0.0008 | -0.0009 | 0.0035 | 0.0000137 |
| 22 | 313409.33760 | 8363573.60310 | 3912.70000 | 0.0011 | -0.0019 | 0.0026 | 0.0000115 |
| 23 | 313409.34370 | 8363573.60260 | 3912.69750 | 0.0072 | -0.0024 | 0.0001 | 0.0000576 |
| 24 | 313409.33930 | 8363573.60300 | 3912.69780 | 0.0028 | -0.0020 | 0.0004 | 0.0000119 |
| Promedio | 313409.33650 | 8363573.60498 | 3912.69739 | | | Σ | 0.0006783 |
| Coordenada ajustada por mínimos cuadrados | | | | | | | |
| | X | Y | Z | | | | |
| | 313409.3365 | 8363573.6050 | 3912.6974 | | | | |

| AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F4 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|------------|---------------------------|---------|---------|-----------------------|
| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313457.91120 | 8363665.56440 | 3912.83980 | -0.0009 | 0.0012 | -0.0124 | 0.0001566 |
| 2 | 313457.91250 | 8363665.56400 | 3912.84270 | 0.0004 | 0.0008 | -0.0095 | 0.0000915 |
| 3 | 313457.91290 | 8363665.56350 | 3912.84730 | 0.0008 | 0.0003 | -0.0049 | 0.0000250 |
| 4 | 313457.91350 | 8363665.56320 | 3912.85040 | 0.0014 | 0.0000 | -0.0018 | 0.0000053 |
| 5 | 313457.90980 | 8363665.56450 | 3912.85150 | -0.0023 | 0.0013 | -0.0007 | 0.0000076 |
| 6 | 313457.91110 | 8363665.56380 | 3912.84960 | -0.0010 | 0.0006 | -0.0026 | 0.0000083 |
| 7 | 313457.91300 | 8363665.56360 | 3912.84990 | 0.0009 | 0.0004 | -0.0023 | 0.0000064 |
| 8 | 313457.91040 | 8363665.56380 | 3912.85220 | -0.0017 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0000033 |
| 9 | 313457.91130 | 8363665.56310 | 3912.85320 | -0.0008 | -0.0001 | 0.0010 | 0.0000016 |
| 10 | 313457.91030 | 8363665.56350 | 3912.85320 | -0.0018 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0000043 |
| 11 | 313457.91420 | 8363665.56160 | 3912.85610 | 0.0021 | -0.0016 | 0.0039 | 0.0000219 |
| 12 | 313457.91290 | 8363665.56170 | 3912.85970 | 0.0008 | -0.0015 | 0.0075 | 0.0000587 |
| 13 | 313457.91280 | 8363665.56170 | 3912.86040 | 0.0007 | -0.0015 | 0.0082 | 0.0000695 |
| 14 | 313457.91020 | 8363665.56220 | 3912.85890 | -0.0019 | -0.0010 | 0.0067 | 0.0000491 |
| 15 | 313457.91040 | 8363665.56340 | 3912.85980 | -0.0017 | 0.0002 | 0.0076 | 0.0000604 |
| 16 | 313457.91170 | 8363665.56330 | 3912.84010 | -0.0004 | 0.0001 | -0.0121 | 0.0001471 |
| 17 | 313457.91310 | 8363665.56360 | 3912.85880 | 0.0010 | 0.0004 | 0.0066 | 0.0000445 |
| 18 | 313457.91360 | 8363665.56390 | 3912.85540 | 0.0015 | 0.0007 | 0.0032 | 0.0000129 |
| 19 | 313457.91240 | 8363665.56420 | 3912.84190 | 0.0003 | 0.0010 | -0.0103 | 0.0001077 |
| 20 | 313457.91350 | 8363665.56300 | 3912.85540 | 0.0014 | -0.0002 | 0.0032 | 0.0000121 |



| | | | | | | | |
|----------|--------------|---------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| 21 | 313457.91380 | 8363665.56310 | 3912.85180 | 0.0017 | -0.0001 | -0.0004 | 0.0000031 |
| 22 | 313457.91300 | 8363665.56300 | 3912.85470 | 0.0009 | -0.0002 | 0.0025 | 0.0000070 |
| 23 | 313457.91060 | 8363665.56220 | 3912.85700 | -0.0015 | -0.0010 | 0.0048 | 0.0000260 |
| 24 | 313457.91210 | 8363665.56160 | 3912.85350 | 0.0000 | -0.0016 | 0.0013 | 0.0000041 |
| Promedio | 313457.91210 | 8363665.56316 | 3912.85222 | | | Σ | 0.0009339 |

Coordenada ajustada por mínimos cuadrados

| X | Y | Z |
|-------------|--------------|-----------|
| 313457.9121 | 8363665.5632 | 3912.8522 |

AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F5 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION

| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
|----------|--------------|---------------|------------|---------------------------|---------|---------|-----------------------|
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313474.06540 | 8363622.29320 | 3912.83470 | -0.0030 | -0.0004 | 0.0060 | 0.0000453 |
| 2 | 313474.06930 | 8363622.29390 | 3912.83320 | 0.0009 | 0.0003 | 0.0045 | 0.0000212 |
| 3 | 313474.06660 | 8363622.29270 | 3912.83290 | -0.0018 | -0.0009 | 0.0042 | 0.0000218 |
| 4 | 313474.06900 | 8363622.29620 | 3912.83240 | 0.0006 | 0.0026 | 0.0037 | 0.0000209 |
| 5 | 313474.06850 | 8363622.29390 | 3912.83150 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0028 | 0.0000080 |
| 6 | 313474.07070 | 8363622.29300 | 3912.82890 | 0.0023 | -0.0006 | 0.0002 | 0.0000056 |
| 7 | 313474.06630 | 8363622.29320 | 3912.82730 | -0.0021 | -0.0004 | -0.0014 | 0.0000066 |
| 8 | 313474.06790 | 8363622.29390 | 3912.82560 | -0.0005 | 0.0003 | -0.0031 | 0.0000099 |
| 9 | 313474.06900 | 8363622.29240 | 3912.82300 | 0.0006 | -0.0012 | -0.0057 | 0.0000342 |
| 10 | 313474.06690 | 8363622.29320 | 3912.82320 | -0.0015 | -0.0004 | -0.0055 | 0.0000326 |
| 11 | 313474.06900 | 8363622.29290 | 3912.82440 | 0.0006 | -0.0007 | -0.0043 | 0.0000192 |
| 12 | 313474.07180 | 8363622.29510 | 3912.82600 | 0.0034 | 0.0015 | -0.0027 | 0.0000210 |
| 13 | 313474.07070 | 8363622.29310 | 3912.82750 | 0.0023 | -0.0005 | -0.0012 | 0.0000069 |
| 14 | 313474.06880 | 8363622.29290 | 3912.82900 | 0.0004 | -0.0007 | 0.0003 | 0.0000007 |
| 15 | 313474.06770 | 8363622.29360 | 3912.82880 | -0.0007 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000005 |
| 16 | 313474.06730 | 8363622.29300 | 3912.82790 | -0.0011 | -0.0006 | -0.0008 | 0.0000022 |
| 17 | 313474.06760 | 8363622.29370 | 3912.82670 | -0.0008 | 0.0001 | -0.0020 | 0.0000046 |
| 18 | 313474.06960 | 8363622.29320 | 3912.82810 | 0.0012 | -0.0004 | -0.0006 | 0.0000019 |
| 19 | 313474.06750 | 8363622.29310 | 3912.83230 | -0.0009 | -0.0005 | 0.0036 | 0.0000141 |
| 20 | 313474.06640 | 8363622.29360 | 3912.82790 | -0.0020 | 0.0000 | -0.0008 | 0.0000047 |
| 21 | 313474.06850 | 8363622.29270 | 3912.83180 | 0.0001 | -0.0009 | 0.0031 | 0.0000105 |
| 22 | 313474.06890 | 8363622.29400 | 3912.82330 | 0.0005 | 0.0004 | -0.0054 | 0.0000295 |
| 23 | 313474.06990 | 8363622.29460 | 3912.83020 | 0.0015 | 0.0010 | 0.0015 | 0.0000055 |
| 24 | 313474.06860 | 8363622.29520 | 3912.83200 | 0.0002 | 0.0016 | 0.0033 | 0.0000136 |
| Promedio | 313474.06841 | 8363622.29360 | 3912.82869 | | | Σ | 0.0003410 |

Coordenada ajustada por mínimos cuadrados

| X | Y | Z |
|-------------|--------------|-----------|
| 313474.0684 | 8363622.2936 | 3912.8287 |



| AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F6 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|------------|---------------------------|------------|------------|------------------------------|
| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313530.46310 | 8363692.75750 | 3912.60140 | -0.0006 | -0.0004 | 0.0042 | 0.0000185 |
| 2 | 313530.46580 | 8363692.75590 | 3912.60180 | 0.0021 | -0.0020 | 0.0046 | 0.0000301 |
| 3 | 313530.46370 | 8363692.75710 | 3912.60180 | 0.0000 | -0.0008 | 0.0046 | 0.0000222 |
| 4 | 313530.46310 | 8363692.75760 | 3912.60100 | -0.0006 | -0.0003 | 0.0038 | 0.0000152 |
| 5 | 313530.46040 | 8363692.75930 | 3912.60100 | -0.0033 | 0.0014 | 0.0038 | 0.0000273 |
| 6 | 313530.46140 | 8363692.75870 | 3912.59920 | -0.0023 | 0.0008 | 0.0020 | 0.0000099 |
| 7 | 313530.46630 | 8363692.75660 | 3912.59650 | 0.0026 | -0.0013 | -0.0007 | 0.0000091 |
| 8 | 313530.46500 | 8363692.75780 | 3912.59570 | 0.0013 | -0.0001 | -0.0015 | 0.0000039 |
| 9 | 313530.46340 | 8363692.75890 | 3912.59300 | -0.0003 | 0.0010 | -0.0042 | 0.0000183 |
| 10 | 313530.46230 | 8363692.76040 | 3912.59220 | -0.0014 | 0.0025 | -0.0050 | 0.0000326 |
| 11 | 313530.46470 | 8363692.75860 | 3912.59310 | 0.0010 | 0.0007 | -0.0041 | 0.0000180 |
| 12 | 313530.46480 | 8363692.75690 | 3912.59300 | 0.0011 | -0.0010 | -0.0042 | 0.0000197 |
| 13 | 313530.46450 | 8363692.75740 | 3912.59250 | 0.0008 | -0.0005 | -0.0047 | 0.0000227 |
| 14 | 313530.46530 | 8363692.75750 | 3912.59240 | 0.0016 | -0.0004 | -0.0048 | 0.0000255 |
| 15 | 313530.46170 | 8363692.75640 | 3912.59970 | -0.0020 | -0.0015 | 0.0025 | 0.0000128 |
| 16 | 313530.46270 | 8363692.75980 | 3912.59720 | -0.0010 | 0.0019 | 0.0000 | 0.0000044 |
| 17 | 313530.46080 | 8363692.75790 | 3912.59710 | -0.0029 | 0.0000 | -0.0001 | 0.0000083 |
| 18 | 313530.46620 | 8363692.75970 | 3912.59480 | 0.0025 | 0.0018 | -0.0024 | 0.0000150 |
| 19 | 313530.46350 | 8363692.75640 | 3912.60050 | -0.0002 | -0.0015 | 0.0033 | 0.0000135 |
| 20 | 313530.46120 | 8363692.75810 | 3912.59980 | -0.0025 | 0.0002 | 0.0026 | 0.0000131 |
| 21 | 313530.46610 | 8363692.75910 | 3912.59500 | 0.0024 | 0.0012 | -0.0022 | 0.0000118 |
| 22 | 313530.46530 | 8363692.75830 | 3912.59230 | 0.0016 | 0.0004 | -0.0049 | 0.0000264 |
| 23 | 313530.46220 | 8363692.75740 | 3912.60010 | -0.0015 | -0.0005 | 0.0029 | 0.0000111 |
| 24 | 313530.46500 | 8363692.75750 | 3912.60090 | 0.0013 | -0.0004 | 0.0037 | 0.0000159 |
| Promedio | 313530.46369 | 8363692.75795 | 3912.59717 | | | Σ | 0.0004055 |
| Coordenada ajustada por mínimos cuadrados | | | | | | | |
| | X | Y | Z | | | | |
| | 313530.4637 | 8363692.7580 | 3912.5972 | | | | |

| AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F7 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION | | | | | | | |
|--|--------------|---------------|------------|---------------------------|------------|------------|------------------------------|
| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313546.64370 | 8363649.44340 | 3912.63940 | 0.0007 | -0.0003 | -0.0031 | 0.0000103 |
| 2 | 313546.64170 | 8363649.44500 | 3912.63960 | -0.0013 | 0.0013 | -0.0029 | 0.0000119 |
| 3 | 313546.64760 | 8363649.44160 | 3912.63980 | 0.0046 | -0.0021 | -0.0027 | 0.0000330 |
| 4 | 313546.64770 | 8363649.44160 | 3912.64040 | 0.0047 | -0.0021 | -0.0021 | 0.0000310 |
| 5 | 313546.64210 | 8363649.44470 | 3912.64160 | -0.0009 | 0.0010 | -0.0009 | 0.0000027 |
| 6 | 313546.64510 | 8363649.44430 | 3912.64290 | 0.0021 | 0.0006 | 0.0004 | 0.0000049 |
| 7 | 313546.64290 | 8363649.44500 | 3912.64320 | -0.0001 | 0.0013 | 0.0007 | 0.0000021 |
| 8 | 313546.64460 | 8363649.44440 | 3912.64580 | 0.0016 | 0.0007 | 0.0033 | 0.0000138 |



| | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| 9 | 313546.64080 | 8363649.44530 | 3912.64620 | -0.0022 | 0.0016 | 0.0037 | 0.0000209 |
| 10 | 313546.64170 | 8363649.44450 | 3912.64370 | -0.0013 | 0.0008 | 0.0012 | 0.0000037 |
| 11 | 313546.64130 | 8363649.44470 | 3912.64340 | -0.0017 | 0.0010 | 0.0009 | 0.0000046 |
| 12 | 313546.63960 | 8363649.44530 | 3912.64410 | -0.0034 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0000166 |
| 13 | 313546.64250 | 8363649.44360 | 3912.64320 | -0.0005 | -0.0001 | 0.0007 | 0.0000007 |
| 14 | 313546.63990 | 8363649.44500 | 3912.64150 | -0.0031 | 0.0013 | -0.0010 | 0.0000123 |
| 15 | 313546.64400 | 8363649.44290 | 3912.64050 | 0.0010 | -0.0008 | -0.0020 | 0.0000057 |
| 16 | 313546.64310 | 8363649.44340 | 3912.63970 | 0.0001 | -0.0003 | -0.0028 | 0.0000081 |
| 17 | 313546.64290 | 8363649.44370 | 3912.63900 | -0.0001 | 0.0000 | -0.0035 | 0.0000124 |
| 18 | 313546.64250 | 8363649.44250 | 3912.64300 | -0.0005 | -0.0012 | 0.0005 | 0.0000019 |
| 19 | 313546.64380 | 8363649.44160 | 3912.64120 | 0.0008 | -0.0021 | -0.0013 | 0.0000068 |
| 20 | 313546.63990 | 8363649.44370 | 3912.64480 | -0.0031 | 0.0000 | 0.0023 | 0.0000148 |
| 21 | 313546.64470 | 8363649.44470 | 3912.64510 | 0.0017 | 0.0010 | 0.0026 | 0.0000105 |
| 22 | 313546.64480 | 8363649.44270 | 3912.64600 | 0.0018 | -0.0010 | 0.0035 | 0.0000163 |
| 23 | 313546.64270 | 8363649.44350 | 3912.64360 | -0.0003 | -0.0002 | 0.0011 | 0.0000013 |
| 24 | 313546.64240 | 8363649.44180 | 3912.64290 | -0.0006 | -0.0019 | 0.0004 | 0.0000041 |
| Promedio | 313546.64300 | 8363649.44370 | 3912.64253 | | | Σ | 0.0002507 |
| Coordenada ajustada por mínimos cuadrados | | | | | | | |
| | X | Y | Z | | | | |
| | 313546.6430 | 8363649.4437 | 3912.6425 | | | | |

AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F8 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION

| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
|---------|--------------|---------------|------------|---------------------------|---------|---------|-----------------------|
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313594.97310 | 8363741.53920 | 3912.61230 | -0.0022 | 0.0018 | 0.0016 | 0.0000109 |
| 2 | 313594.97270 | 8363741.53610 | 3912.61290 | -0.0026 | -0.0013 | 0.0022 | 0.0000137 |
| 3 | 313594.97320 | 8363741.53650 | 3912.61200 | -0.0021 | -0.0009 | 0.0013 | 0.0000072 |
| 4 | 313594.97650 | 8363741.53830 | 3912.61230 | 0.0012 | 0.0009 | 0.0016 | 0.0000049 |
| 5 | 313594.97750 | 8363741.53710 | 3912.60990 | 0.0022 | -0.0003 | -0.0008 | 0.0000054 |
| 6 | 313594.97810 | 8363741.53610 | 3912.60820 | 0.0028 | -0.0013 | -0.0025 | 0.0000154 |
| 7 | 313594.97670 | 8363741.53880 | 3912.60900 | 0.0014 | 0.0014 | -0.0017 | 0.0000065 |
| 8 | 313594.97420 | 8363741.53870 | 3912.60820 | -0.0011 | 0.0013 | -0.0025 | 0.0000090 |
| 9 | 313594.97410 | 8363741.53760 | 3912.60840 | -0.0012 | 0.0002 | -0.0023 | 0.0000066 |
| 10 | 313594.97390 | 8363741.53660 | 3912.60900 | -0.0014 | -0.0008 | -0.0017 | 0.0000054 |
| 11 | 313594.97660 | 8363741.53810 | 3912.61040 | 0.0013 | 0.0007 | -0.0003 | 0.0000022 |
| 12 | 313594.97600 | 8363741.53660 | 3912.60930 | 0.0007 | -0.0008 | -0.0014 | 0.0000029 |
| 13 | 313594.97290 | 8363741.53710 | 3912.60900 | -0.0024 | -0.0003 | -0.0017 | 0.0000087 |
| 14 | 313594.97510 | 8363741.53760 | 3912.61080 | -0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000001 |
| 15 | 313594.97590 | 8363741.53720 | 3912.61080 | 0.0006 | -0.0002 | 0.0001 | 0.0000004 |
| 16 | 313594.97560 | 8363741.53760 | 3912.61120 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0005 | 0.0000004 |
| 17 | 313594.97540 | 8363741.53720 | 3912.61150 | 0.0001 | -0.0002 | 0.0008 | 0.0000008 |
| 18 | 313594.97520 | 8363741.53810 | 3912.61270 | -0.0001 | 0.0007 | 0.0020 | 0.0000047 |
| 19 | 313594.97650 | 8363741.53680 | 3912.61290 | 0.0012 | -0.0006 | 0.0022 | 0.0000068 |
| 20 | 313594.97630 | 8363741.53750 | 3912.61280 | 0.0010 | 0.0001 | 0.0021 | 0.0000056 |



| | | | | | | | |
|----------|--------------|---------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| 21 | 313594.97490 | 8363741.53690 | 3912.61030 | -0.0004 | -0.0005 | -0.0004 | 0.0000006 |
| 22 | 313594.97660 | 8363741.53740 | 3912.61100 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000017 |
| 23 | 313594.97500 | 8363741.53750 | 3912.60830 | -0.0003 | 0.0001 | -0.0024 | 0.0000057 |
| 24 | 313594.97590 | 8363741.53730 | 3912.61250 | 0.0006 | -0.0001 | 0.0018 | 0.0000037 |
| Promedio | 313594.97533 | 8363741.53741 | 3912.61065 | | | Σ | 0.0001292 |

Coordenada ajustada por mínimos cuadrados

| X | Y | Z |
|-------------|--------------|-----------|
| 313594.9753 | 8363741.5374 | 3912.6107 |

AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F9 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION

| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
|----------|--------------|---------------|------------|---------------------------|---------|---------|-----------------------|
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313611.25770 | 8363698.18910 | 3912.54570 | 0.0005 | -0.0007 | 0.0008 | 0.0000013 |
| 2 | 313611.25860 | 8363698.18750 | 3912.54520 | 0.0014 | -0.0023 | 0.0003 | 0.0000073 |
| 3 | 313611.25570 | 8363698.19180 | 3912.54490 | -0.0015 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0000062 |
| 4 | 313611.25890 | 8363698.18740 | 3912.54450 | 0.0017 | -0.0024 | -0.0004 | 0.0000088 |
| 5 | 313611.25920 | 8363698.18700 | 3912.54460 | 0.0020 | -0.0028 | -0.0003 | 0.0000120 |
| 6 | 313611.25470 | 8363698.19270 | 3912.54450 | -0.0025 | 0.0029 | -0.0004 | 0.0000148 |
| 7 | 313611.25570 | 8363698.19130 | 3912.54490 | -0.0015 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0000045 |
| 8 | 313611.25720 | 8363698.18790 | 3912.54530 | 0.0000 | -0.0019 | 0.0004 | 0.0000037 |
| 9 | 313611.25810 | 8363698.19230 | 3912.54470 | 0.0009 | 0.0025 | -0.0002 | 0.0000072 |
| 10 | 313611.25600 | 8363698.18820 | 3912.54470 | -0.0012 | -0.0016 | -0.0002 | 0.0000040 |
| 11 | 313611.25560 | 8363698.18920 | 3912.54550 | -0.0016 | -0.0006 | 0.0006 | 0.0000032 |
| 12 | 313611.25880 | 8363698.19070 | 3912.54500 | 0.0016 | 0.0009 | 0.0001 | 0.0000034 |
| 13 | 313611.25670 | 8363698.19020 | 3912.54500 | -0.0005 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0000004 |
| 14 | 313611.25700 | 8363698.19030 | 3912.54480 | -0.0002 | 0.0005 | -0.0001 | 0.0000003 |
| 15 | 313611.25670 | 8363698.18990 | 3912.54490 | -0.0005 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000003 |
| 16 | 313611.25840 | 8363698.19170 | 3912.54500 | 0.0012 | 0.0019 | 0.0001 | 0.0000051 |
| 17 | 313611.25880 | 8363698.19250 | 3912.54470 | 0.0016 | 0.0027 | -0.0002 | 0.0000100 |
| 18 | 313611.25550 | 8363698.18890 | 3912.54540 | -0.0017 | -0.0009 | 0.0005 | 0.0000039 |
| 19 | 313611.25810 | 8363698.18790 | 3912.54480 | 0.0009 | -0.0019 | -0.0001 | 0.0000044 |
| 20 | 313611.25760 | 8363698.19110 | 3912.54490 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000019 |
| 21 | 313611.25910 | 8363698.18930 | 3912.54460 | 0.0019 | -0.0005 | -0.0003 | 0.0000040 |
| 22 | 313611.25520 | 8363698.18800 | 3912.54480 | -0.0020 | -0.0018 | -0.0001 | 0.0000072 |
| 23 | 313611.25540 | 8363698.18980 | 3912.54540 | -0.0018 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0000034 |
| 24 | 313611.25780 | 8363698.19030 | 3912.54460 | 0.0006 | 0.0005 | -0.0003 | 0.0000007 |
| Promedio | 313611.25719 | 8363698.18979 | 3912.54493 | | | Σ | 0.0001181 |

Coordenada ajustada por mínimos cuadrados

| X | Y | Z |
|-------------|--------------|-----------|
| 313611.2572 | 8363698.1898 | 3912.5449 |



AJUSTE DEL PUNTO DE FOTOCONTROL F10 POR MINIMOS CUADRADOS ECUACIONES DE CONDICION

| LECTURA | X | Y | Z | ERRORES DE LA OBSERVACION | | | Σ errores cuadráticos |
|---|--------------|---------------|------------|---------------------------|------------|------------|------------------------------|
| | | | | δx | δy | δz | |
| 1 | 313627.32560 | 8363654.85490 | 3912.56760 | 0.0033 | -0.0029 | 0.0018 | 0.0000225 |
| 2 | 313627.32820 | 8363654.85200 | 3912.56720 | 0.0059 | -0.0058 | 0.0014 | 0.0000705 |
| 3 | 313627.32220 | 8363654.85850 | 3912.56770 | -0.0001 | 0.0007 | 0.0019 | 0.0000040 |
| 4 | 313627.31870 | 8363654.86290 | 3912.56690 | -0.0036 | 0.0051 | 0.0011 | 0.0000401 |
| 5 | 313627.31800 | 8363654.86310 | 3912.56530 | -0.0043 | 0.0053 | -0.0005 | 0.0000468 |
| 6 | 313627.31860 | 8363654.86260 | 3912.56310 | -0.0037 | 0.0048 | -0.0027 | 0.0000441 |
| 7 | 313627.32040 | 8363654.86070 | 3912.56310 | -0.0019 | 0.0029 | -0.0027 | 0.0000195 |
| 8 | 313627.32040 | 8363654.86050 | 3912.56370 | -0.0019 | 0.0027 | -0.0021 | 0.0000154 |
| 9 | 313627.32210 | 8363654.85890 | 3912.56430 | -0.0002 | 0.0011 | -0.0015 | 0.0000036 |
| 10 | 313627.32320 | 8363654.85780 | 3912.56660 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0000015 |
| 11 | 313627.32030 | 8363654.86050 | 3912.56680 | -0.0020 | 0.0027 | 0.0010 | 0.0000122 |
| 12 | 313627.32410 | 8363654.85680 | 3912.56740 | 0.0018 | -0.0010 | 0.0016 | 0.0000068 |
| 13 | 313627.32160 | 8363654.85910 | 3912.56770 | -0.0007 | 0.0013 | 0.0019 | 0.0000057 |
| 14 | 313627.32020 | 8363654.86050 | 3912.56820 | -0.0021 | 0.0027 | 0.0024 | 0.0000173 |
| 15 | 313627.32840 | 8363654.85100 | 3912.56800 | 0.0061 | -0.0068 | 0.0022 | 0.0000883 |
| 16 | 313627.32350 | 8363654.85960 | 3912.56590 | 0.0012 | 0.0018 | 0.0001 | 0.0000049 |
| 17 | 313627.31850 | 8363654.85110 | 3912.56510 | -0.0038 | -0.0067 | -0.0007 | 0.0000593 |
| 18 | 313627.32590 | 8363654.85400 | 3912.56730 | 0.0036 | -0.0038 | 0.0015 | 0.0000297 |
| 19 | 313627.32110 | 8363654.85920 | 3912.56330 | -0.0012 | 0.0014 | -0.0025 | 0.0000098 |
| 20 | 313627.32090 | 8363654.85890 | 3912.56460 | -0.0014 | 0.0011 | -0.0012 | 0.0000046 |
| 21 | 313627.31910 | 8363654.85450 | 3912.56430 | -0.0032 | -0.0033 | -0.0015 | 0.0000231 |
| 22 | 313627.32500 | 8363654.85500 | 3912.56580 | 0.0027 | -0.0028 | 0.0000 | 0.0000152 |
| 23 | 313627.32150 | 8363654.85910 | 3912.56440 | -0.0008 | 0.0013 | -0.0014 | 0.0000044 |
| 24 | 313627.32680 | 8363654.85550 | 3912.56570 | 0.0045 | -0.0023 | -0.0001 | 0.0000258 |
| Promedio | 313627.32226 | 8363654.85778 | 3912.56583 | | | Σ | 0.0005750 |
| Coordenada ajustada por mínimos cuadrados | | | | | | | |
| | X | Y | Z | | | | |
| | 313627.3223 | 8363654.8578 | 3912.5658 | | | | |

ANEXO 5. Certificado IGN del punto geodésico



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DEPARTAMENTO DE GEODESIA

CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **PUN08005** y habiendo verificado el resultado obtenido por la empresa **PROYECTOS E INGENIERIA CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar la calidad del resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

| | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------|------------------|
| CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO | | PUN08005 | |
| COORDENADAS WGS-84 | | | |
| UTM | | GEODÉSICAS | |
| NORTE | 8354110.378 m | LATITUD | 14°52'55.58288"S |
| ESTE | 329871.672 m | LONGITUD | 70°34'53.18548"O |
| ZONA | 19 Sur | ALT. ELIPSOIDAL | 4074.301 m |

Datos Generales:

- ORDEN: "C"
- UBICACIÓN (Prov. - Dpto.): MELGAR - PUNO
- ESTACIÓN GNSS BASE: JULIACA (PU02) - 2019
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: JULIO 2019
- NÚM. CORRELATIVO: 1002 - 2019/IGN/DIG/SDC/DG



Lima, 04 de septiembre de 2019



O-80400512212-O
JULIO SAENZ ACUÑA
MY EP
Jefe del Departamento de Geodesia

COMPETENCIA
La certificación del punto geodésico y el resultado obtenido, no certifica ni define límites de propiedad o posesión, tampoco jurisdiccional, política y administrativa.



ANEXO 7. Declaración jurada de autenticidad de tesis

 Universidad Nacional del Altiplano Puno  Vicerrectorado de Investigación  Repositorio Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo WILDER ALBERTO CHOQUE VIZCARRA,
identificado con DNI 73072249 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE COORDENADAS (X,Y,Z) DE UN
LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO A DIFERENTES TRASLAPES Y ALTURAS DE
NUEVO CONTRASTADO CON LA TOPOGRAFIA CONVENCIONAL”

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 18 de DICIEMBRE del 2024






FIRMA (obligatoria)


Huella



ANEXO 8. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional

 Universidad Nacional del Altiplano Puno  Vicerrectorado de Investigación  Repositorio Institucional

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

Por el presente documento, Yo WILDER ALBERTO CHOQUE VIZCARRA,
identificado con DNI 73072249 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGSIENSURA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE COORDENADAS (X,Y,Z) DE UN
LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO A DIFERENTES TRASLAPES Y ALTURAS DE
VUELO CONTRASTADO CON LA TOPOGRAFIA CONVENCIONAL "

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.

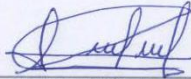
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de 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 18 de DICIEMBRE del 20 24


FIRMA (obligatoria)


Huella



ANEXO 9. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JOEL ABRAHAM MAMANI CARRILLO
identificado con DNI 77481037 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE COORDENADAS (X, Y, Z) DE UN
LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO A DIFERENTES TRAZAPES Y
ALTURA DE VUELO CONTRASTADO CON LA TOPOGRAFIA CONVENCIONAL"

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 18 de NOVIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 10. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo JUEL ABRAHAM MAMANI CARRILLO identificado con DNI 77481037 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRI-MENSURA

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

"COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE COORDENADAS (X, Y, Z) DE UN LEVANTAMIENTO FOTOGRAFÉTRICO A DIFERENTES TRASLAPES Y ALTURAS DE VUELO CONTRASTADO CON LA TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL"

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 mio; 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:

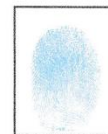
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 18 de DICIEMBRE del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella