



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



**COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS (X, Y, Z) OBTENIDOS
EN EL SOFTWARE PIX4D Y AGISOFT METASHAPE CON EL
DRON PHANTOM 4 RTK EN LA CARRETERA EMP. PE - 3S
(PUNO) - VILQUE - MAÑAZO - EMP. PE - 34A (HUATAQUITA).**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHONFHROY KENNEDY ANCCORI VASQUEZ

Bach. JOHN EFRAIN FLORES LERMA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedicado a Dios por darme la vida, me acompaña siempre en mi proyecto de vida.

A mi señor padre Juan Francisco Anccori Estrada y mi Sra. Madre Elizabeth Juana Vasquez Pineda, quienes con amor y abnegación me enrumba mi vida hacia mi formación profesional.

A mis hermanos: Ludwin Brahamdolee, Shermely Leyddy, Leyddy Jacqueline y el Engréido Jhojan Jefferson así mismo a mi enamorada Lucy por sus alientos en los momentos más difíciles, durante mis estudios, así como en la culminación de la elaboración del presente trabajo.

Jhonfray Kennedy Anccori Vasquez



DEDICATORIA

Ante todo, dedicarle este proyecto de investigación a Dios padre que hizo posible la realización sin la bendición del todo poderoso esto no sería posible, gracias Dios mío.

A mi familia quienes están integrados por mi querido padre Serafín Eleuterio Flores Ramos y mi amada madre Victoria Lerma Tipo quienes siempre me brindaron su apoyo en cada una de las etapas de mi vida, sacrificándose hasta verme cumplir mis sueños, a los cuales estaré eternamente agradecidos a los que nunca me cansare de agradecerles.

A mi hermano Bill Gerson Flores Lerma que me dio los ánimos no rendirme y seguir adelante, a mi enamorada Milagros que me apoyo en el momento indicado a pesar de las adversidades que pasé.

John Efrain Flores Lerma



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, alma mater la que nos dio la bienvenida y acogió, dándonos muchas oportunidades para nuestra formación Profesional y también a la Facultad de Ciencias Agrarias y en especial a nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, la cual es la única a nivel Nacional.

A nuestro director de tesis Ing. Arturo Joels Ventura Mamani, por el asesoramiento en este proyecto de investigación y así mismo por habernos apoyado profesionalmente con sus conocimientos y experiencia.

A los miembros del jurado M.Sc. Luis Alberto Mamani Huanca, Ing. Victor Raul Banegas Layme e Ing. Angel Abraham Franco Pineda, por la comprensión y paciencia en la revisión de este proyecto de investigación.

De los autores.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1.1. Problema general..... 18

1.1.2. Problemas específicos 18

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... 19

1.3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 19

1.4. OBJETIVOS..... 20

1.4.1. Objetivo general 20

1.4.2. Objetivos específicos 20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 21

2.1.1. Antecedentes internacionales 21

2.1.2. Antecedentes nacionales 23



2.1.3.	Antecedentes regionales.....	23
2.2.	MARCO TEÓRICO.....	24
2.2.1.	La topografía.....	24
2.2.2.	Sistema de representación topográfica.....	25
2.2.3.	La geodesia.....	27
2.2.4.	Levantamiento Topográfico.....	28
2.2.5.	Levantamientos geodésicos.....	29
2.2.6.	Desplazamiento.....	30
2.2.7.	Modelo digital del terreno.....	30
2.2.8.	Altimetría.....	33
2.2.9.	Planimetría.....	33
2.2.10.	Georreferenciación.....	34
2.2.11.	Pixel.....	34
2.2.12.	GSD.....	34
2.2.13.	Dron Phantom 4 RTK.....	35
2.2.14.	Sistema de posicionamiento con precisión centimétrica.....	36
2.2.15.	Módulo RTK integrado.....	36
2.2.16.	Control remoto.....	37
2.2.17.	Pix4D.....	38
2.2.18.	Agisoft Metashape.....	39

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ZONA DE ESTUDIO.....	41
3.1.1.	Ubicación Política.....	41
3.1.2.	Ubicación geográfica en coordenadas UTM.....	41



3.1.3.	Vías de comunicación y accesibilidad	42
3.2.	EQUIPOS PARA EL TRABAJO DE CAMPO	42
3.3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.3.1.	Enfoque de la investigación	43
3.3.2.	Tipo de investigación	44
3.3.3.	Población.....	44
3.3.4.	Muestra.....	44
3.3.5.	Variables de investigación	44
3.3.6.	Cuadro de operacionalización de variables.....	45
3.4.	PROCEDIMIENTO PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO.....	45
3.4.1.	Revisión sistemática de literatura.....	46
3.4.2.	Reconocimiento de terreno	46
3.4.3.	Medición y recolección de datos en método directo.....	47
3.4.4.	Recolección de datos en el método indirecto con Phantom 4 RTK... ..	60
3.4.5.	Procesamiento de datos en gabinete.....	61
3.5.	PROCEDIMIENTO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO... ..	78
3.6.	PROCEDIMIENTO PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO	78

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO.....	80
4.1.1.	Diferencias y desplazamiento de las coordenadas.	82
4.2.	RESULTADO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO	87
4.3.	RESULTADO PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO	89
4.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	91
4.4.1.	Hipótesis.....	91



4.4.2.	Análisis Estadístico	92
4.4.3.	Conclusión Estadística	95
4.5.	DISCUSIÓN	96
4.5.1.	Discusión del primer objetivo específico	96
4.5.2.	Discusión del segundo objetivo específico	96
4.5.3.	Discusión del tercer objetivo específico	97
V.	CONCLUSIONES.....	98
VI.	RECOMENDACIONES	99
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	104

Área: Ciencias naturales.

Línea: Topografía, geodesia, cartografía y catastro.

Fecha de sustentación: 10 de febrero del 2022.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano Cartesiano.....	25
Figura 2. Modelo de geoide.	27
Figura 3. Desplazamiento de coordenadas.	30
Figura 4. GSD.....	35
Figura 5. Phantom 4 RTK.....	36
Figura 6. Control remoto GSR.....	38
Figura 7. Ubicación Política.	41
Figura 8. Flujograma del procedimiento metodológico.....	45
Figura 9. Reconocimiento del terreno.....	46
Figura 10. Monumentación de puntos geodésicos.....	47
Figura 11. Placa del punto geodésico PUN01163.	47
Figura 12. Toma de data en modo estático.	48
Figura 13. Estacionamiento del receptor GNSS.	49
Figura 14. Software TBC 5.40.....	49
Figura 15. Abrimos el TBC 5.40.	50
Figura 16. Configuración del TBC 5.40.	51
Figura 17. Líneas base.	51
Figura 18. Levantamiento con receptor GNSS en modo RTK.....	54
Figura 19. Control remoto GSR.....	56
Figura 20. Entorno del plan de vuelo.....	56
Figura 21. Plan de vuelo inicial.	57
Figura 22. Parámetros del plan de vuelo altura y velocidad.....	57
Figura 23. Parámetros de anchos de faja.	58
Figura 24. Configuración de la cámara.....	58



Figura 25. Configuración de los traslapes.	59
Figura 26. Conexión entre el control remoto, y dron phantom 4 RTK.....	59
Figura 27. Estacionamiento de la estación móvil.	60
Figura 28. Iniciación del vuelo del dron Phantom 4 RTK.....	61
Figura 29. Software Pix4D.	62
Figura 30. Configuración del idioma del Pix4D.....	62
Figura 31. Entorno del Pix4D.....	63
Figura 32. Creación del nuevo proyecto.....	63
Figura 33. Denominación del proyecto.....	64
Figura 34. Selección de ortofotos.	64
Figura 35. Sistema de coordenadas de salida.	65
Figura 36. Plantilla de opciones de procesamiento.....	65
Figura 37. Ortofotos cargadas en el Pix4D.....	66
Figura 38. Importación de los puntos de fotocontrol.....	66
Figura 39. Puntos de fotocontrol.....	67
Figura 40. Ajuste de los puntos de fotocontrol en las ortofotos.	67
Figura 41. Ajuste de los puntos en todas las ortofotos.	68
Figura 42. Opciones del procesamiento inicial.....	68
Figura 43. Configuración de nube de puntos y malla.	69
Figura 44. Ajuste de ortofotos con PFC.	69
Figura 45. Opciones de configuración de la nube de puntos.	70
Figura 46. Software Agisoft Metashape.	71
Figura 47. Versión del Agisoft Metashape.	72
Figura 48. Configuración del idioma.....	72
Figura 49. Ortofotos en el Agisoft Metashape.....	73



Figura 50. Orientación de las ortofotos.	73
Figura 51. Importación de los puntos de fotocontrol.	74
Figura 52. Ajuste de los puntos de fotocontrol en las ortofotos.	74
Figura 53. Ajuste de todos los puntos de fotocontrol en las ortofotos.	75
Figura 54. Precisiones de los puntos de fotocontrol respecto a las ortofotos.	75
Figura 55. Creación y configuración de la malla.	76
Figura 56. Procesamiento del modelo digital de elevaciones.	76
Figura 57. Exportación del ortomosaico.	77
Figura 58. Extracción de coordenadas del Pix4D.	77
Figura 59. Vista de coordenadas con el Software Agisoft Metashape.	78
Figura 60. Ortomosaico del Pix4D.	79
Figura 61. Ortomosaico del Agisoft Metashape.	79
Figura 62. Desplazamientos en las coordenadas Este.	84
Figura 63. Desplazamientos en las coordenadas Norte.	84
Figura 64. Desplazamiento en las Cotas.	85
Figura 65. Medias de las coordenadas Este(X).	85
Figura 66. Medias de las coordenadas Norte(Y).	86
Figura 67. Medias de las Cotas (Z).	86
Figura 68. Tiempos de postprocesamiento en los Softwares.	89
Figura 69. Variaciones de los tamaños de pixel.	90



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ruta de ubicación del proyecto de estudio.	42
Tabla 2. Cuadro de variables.	45
Tabla 3. Coordenadas de los puntos geodésicos.	51
Tabla 4. BM's de control.	52
Tabla 5. Puntos de fotocontrol.	54
Tabla 6. Coordenadas obtenidos con el receptor GNSS.	80
Tabla 7. Coordenadas Obtenidas del software Pix4D.	81
Tabla 8. Coordenadas obtenidas con el software Agisoft Metashape.	82
Tabla 9. Diferencia de desplazamientos (X, Y, Z).	83
Tabla 10. Tiempos de postprocesamiento del Pix4D.	87
Tabla 11. Tiempos del postprocesamiento del Agisoft Metashape.	87
Tabla 12. Tiempos de proceso del Pix4D.	88
Tabla 13. Tiempos de proceso del Agisoft Metashape.	88
Tabla 14. Resumen de tiempos en horas.	88
Tabla 15. Tamaño de pixel en el software Pix4D.	89
Tabla 16. Tamaño de pixel en el software Agisoft Metashape.	89
Tabla 17. Tamaño de pixeles.	90
Tabla 18. Coordenadas este(X).	92
Tabla 19. Anova de las coordenadas este.	92
Tabla 20. Coordenadas norte(Y).	93
Tabla 21. Anova de las coordenadas norte.	94
Tabla 22. Cotas (Z).	94
Tabla 23. Anova de las cotas.	95



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CAD : Computer Aided Design.

GCP : Group Control Point

GL : Grados de Libertad.

GNSS : Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegacion)

IGC : Información Geográfica Catastral.

PCG : Puntos de control Geodésico

RTK : Global Position System (Sistema de Posicionamiento Global).

UAV : Unmanned Aerial Vehicle (DRONE) Vehículo Aéreo no Tripulado.

UTM : Universal Transversal Mercator.

WGS84 : World System Geodesic 1984.

PCP : Puntos de control de precisión



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo comparar los desplazamientos (x,y,z) , analizar los tiempos de postprocesamiento y la resolución del ortomosaico obtenido en el software Pix4D y Agisoft Metashape respecto a las coordenadas establecidas con el receptor GNSS realizado en la carretera Totorani-Tiquillaca. La metodología empleada fue establecer 06 puntos geodésicos en modo Estático y 14 BM's en modo RTK, distribuido en el área de estudio que comprende 7.3 Km, y a la misma vez se marcaron puntos de fotocontrol con el propósito de ajustar las ortofotos tomadas con el Dron Phantom 4 RTK, posterior a ello se realizó el postprocesamiento en el software Pix4D y Agisoft Metashape, obteniéndose la nube densa de puntos y el ortomosaico, de donde se extrajo las coordenadas, con los cuales se compararon los desplazamientos en (x,y,z) en función a las datos tomados con el receptor GNSS, así mismo se analizaron los tiempos de postprocesamiento y la resolución del ortomosaico. En conclusión los desplazamientos (x,y,z) al procesar en el software Pix4D tienen menores variaciones en las medias de sus coordenadas los cuales son: Este: 0.41m, Norte: 0.38m y cota de 0.98m, respecto a las obtenidas con el receptor GNSS, se analizó también que el menor tiempo de postprocesamiento lo realiza el software Pix4D la que difiere en 39 minutos con 14 segundos respecto al Agisoft Metashape; Finalmente, al analizar la resolución del ortomosaico del software Pix4D se obtuvo una resolución de 1.89 cm/pixel; siendo el software Pix4D el más adecuado para el postproceso de ortofotos.

Palabras Clave: Dron, fotogrametría, software Pix4D, modelo digital.



ABSTRACT

The objective of this research work is to compare the displacements (x,y,z), analyze the post-processing times and the resolution of the orthomosaic obtained in the Pix4D and Agisoft Metashape software with respect to the coordinates established with the GNSS receiver carried out on the road. Totorani-Tiquillaca. The methodology used was to establish 06 geodetic points in Static mode and 14 BM's in RTK mode, distributed in the study area that includes 7.3 km, and at the same time photocontrol points were marked with the purpose of adjusting the orthophotos taken with the Phantom Drone. 4 RTK, after that, the post-processing was carried out in the Pix4D and Agisoft Metashape software, obtaining the dense point cloud and the orthomosaic, from which the coordinates were extracted, with which the displacements in (x,y,z) were compared. Based on the data taken with the GNSS receiver, the post-processing times and the resolution of the orthomosaic were also analyzed. In conclusion, the displacements (x,y,z) when processed in the Pix4D software have smaller variations in the means of their coordinates, which are: East: 0.41m, North: 0.38m and elevation of 0.98m, with respect to those obtained with the GNSS receiver, it was also analyzed that the shortest post-processing time is performed by the Pix4D software, which differs by 39 minutes with 14 seconds compared to Agisoft Metashape; Finally, when analyzing the resolution of the orthomosaic of the Pix4D software, a resolution of 1.89 cm/pixel was obtained; Pix4D software being the most suitable for orthophoto post-processing.

Keywords: Drone, photogrammetry, Pix4D software, digital model.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los drones para estudios de ingeniería deben contar con una cámara integrada, la cual realiza la toma de fotografías aéreas este proceso es el que se conoce comúnmente como fotogrametría, una técnica que permite definir formas, dimensiones y situación espacial de cualquier objeto empleando medidas geométricas hechas sobre fotografías aéreas, que proporcionan información a procesar para obtener datos de latitud, longitud y cota (Quirós, 2014).

Posteriormente es procesada a través de un programa especializado para generar una nube de puntos que permite obtener ortomosaicos, modelos digitales de terreno (MDT) y modelos en tres dimensiones (3D) de un área específica en estudio (Alidoost & Arefi, 2017); así mismo establecen puntos de control en campo marcados físicamente que permitan trabajar con mayor precisión y generen resultados confiables (Mitsikostas, 2017); En donde los resultados del proceso realizado pueden ser exportados a otros programas de diseño, modelación y análisis asistido, como AutoCAD Civil 3D o ArcGIS (Cuerno et al., 2015).

Los drones en la actualidad van cumpliendo un trabajo sofisticado y en gran magnitud en cuanto a información como la nube densa de puntos, lo que implica tener precisiones para proyectos de ingeniería. En este proyecto se analiza las precisiones que tiene el Postprocesamiento con los software Pix4D Y Agisoft Metashape con el Drone Phantom 4 RTK, comparado con los puntos establecidos con equipos GNSS que se tomaron con los parámetros establecidos en el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2015)



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al efecto a nivel mundial en los últimos años los vehículos aéreos no tripulados, UAV por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle), o comúnmente conocidos como drones, han sido utilizados cada vez más para aplicaciones ingenieriles (Cuerno, 2015); Estos equipos presentan varias ventajas en cuanto a seguridad, eficacia y optimización de tiempos de trabajo, y pueden ser operados de forma remota en tierra o mediante un plan de vuelo preprogramado gracias al sistema de comunicación integrado en los mismos y a la ayuda de un programa especializado (Pinto, 2019); Para obtener un informe completo de alta precisión se debe de realizar procedimientos en campo para un mejor ajuste de las ortofotos. Por lo tanto, la distorsión y los cambios que las herramientas sufren, causan una duda al obtener los resultados de su posición, la comparación entre algunos de los programas fotogramétricos disponibles actualmente, con especial atención a la integridad del flujo de trabajo y la calidad de los productos finales. El logro de la estabilidad de los Drones se minimiza y tiene mayor eficiencia (Vargas, 2017); Ha sido un tanto no accesible por el costo de su servicio, así como el post procesamiento, para la obtención de ortofotos. Sin embargo, hoy en día con el uso de un drone, y este adaptado una cámara de video y/o fotográfica, así mismo ya con la presencia de un dispositivo GPS, es posible la obtención de información gráfica a menor costo, en menor tiempo y mayor precisión cada vez (Tacca, 2015).

Así mismo herramientas tecnológicas de vanguardia para la optimización, aumentar la eficiencia y reducir costos en la obtención de información fotogramétrica. Así mismo con la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas podemos realizar el estudio que nos permite producir mapas digitales y modelos en 3D georeferenciados (Florentino, 2017); El procesamiento de las fotografías tomadas en campo con un UAV se debe realizar con un programa especializado, que cuente con las herramientas



necesarias que permitan una generación de datos precisos de manera eficiente para cada tipo de proyecto específico (Martinez et al., 2014); Los softwares de aplicación en fotogrametría son aún muy pocos conocidos y estudiados debido a la poca investigación realizada, es por ello que se busca encontrar los desplazamientos, tiempo y resolución de pixeles resultado obtenido en el postproceso.

Debido a la gran demanda de levantamientos fotogramétricos con drones, se han ido insertando una gran variedad de software de postprocesamiento de ortofotos, lo cual genera incertidumbre y confusión sobre cual o que software utilizar por lo tanto, es necesario conocer las ventajas de su uso, las precisiones que proporciona, el tiempo que se toman en el postprocesamiento, la calidad del Ortomosaico que genera dichos software que existe en el mercado de uso libre o con licencia.

Por lo tanto, se nos viene las siguientes interrogantes:

1.1.1. Problema general

¿Qué desplazamientos (x,y,z) obtendremos en el software Pix4D y Agisoft Metashape con el dron Phantom 4 RTK en la carretera Emp. PE-3S (Puno) - Vilque - Mañazo - Emp. PE - 34A (Huataquita)?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Qué desplazamientos tendremos al procesar en el software Pix4D y Agisoft Metashape?
- ¿Cuáles son los tiempos del postprocesamiento en el software Pix4D y Agisoft Metashape?
- ¿Cuál tendrá mejor resolución del ortomosaico al procesar en el software Pix4D y Agisoft Metashape?



1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Porque existe una gran incertidumbre y confusión sobre cual o que software utilizar, debido a la carencia de conocimientos y difusión en el tema, también el estudio minucioso del entorno del software, esta información que puede impactar en los resultados obtenidos al final del proceso en cada uno de ellos.

Además, porque los avances tecnológicos en estos tiempos han hecho posible la obtención de algoritmos que sean capaces de detectar y unir cientos de imágenes superpuestas; estimar los parámetros de precisión interna y externa de la cámara, producir nubes de puntos y obtener modelos 3D y ortomosaicos del terreno (Vasquez & Backhoff, 2017); El trabajo necesita tener un postproceso y para ello hay muchas alternativas de softwares ya sea de pago de licencia y también libres. La mayoría de trabajos utiliza Pix4D y Agisoft Metashape, siendo estos los softwares más conocidos; sin embargo, el uso se rige a la preferencia del operador (Costales, 2018).

Porque al momento de elegir que programa debemos utilizar al procesar las imágenes aéreas con drones debe ir más allá de la comparación de costos entre los mismos, ya que son las características técnicas y la calidad de datos obtenidos los que determinan que programa es más conveniente para procesar cada proyecto en específico, dependiendo de lo que se anhela obtener. Los atributos que pueda ofrecer cada programa de igual manera contribuirán a que los cálculos de áreas y volumen tengan mayor precisión; En el artículo escrito por (Costales, 2018).

1.3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se tuvieron las siguientes limitaciones; se carece de los equipos para el levantamiento de la información fotogramétrica, debido a que no hay muchas empresas que presten el servicio de alquiler de equipos topográficos y



fotogramétricos en la Región de Puno, los cuales deben de contar con su certificado de calibración u operatividad.

En la actualidad no se cuenta con normativas o especificaciones que regulen la ejecución de vuelos fotogramétricos con vehículos aéreos no tripulados, por lo que el procedimiento de ejecución del vuelo será ejecutado de acuerdo a la recolección de diversas fuentes bibliográficas y así mismo de las experiencias obtenidas con el tiempo.

Se tuvo limitaciones en la adquisición de los software debido a los altos costos para la obtención de las licencias; por el ello se empleó licencias educativas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Comparar los desplazamientos (x,y,z) obtenidos en el software Pix4D y Agisoft Metashape con el dron Phantom 4 RTK en la carretera Emp. PE-3S (Puno) - Vilque – Mañazo –Emp. PE-34A (Huataquita).

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar los desplazamientos al procesar en el software Pix4D y Agisoft Metashape.
- Analizar los tiempos del postprocesamiento en el software Pix4D y Agisoft Metashape.
- Analizar la resolución del ortomosaico al procesar en el software Pix4D y Agisoft Metashape.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según el autor (Costales, 2018) en su investigación “Análisis comparativo entre los software de prueba Agisoft Photoscan y Pix4D para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado (UAV) de bajo costo aplicado a proyectos de medio ambiente”. Tiene como objetivo determinar las características de las versiones de prueba de los programas Agisoft PhotoScan y Pix4D para el procesamiento de fotografías aéreas mediante un análisis comparativo de tiempos de procesamiento, calidad de ortomosaico generado y herramientas para cálculos de medidas de superficie y volumen para su aplicación en proyectos de medio ambiente con vehículo aéreo no tripulado, UAV por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle) o conocidos comúnmente como drones, de bajo costo; El método empleado es realizar dos levantamientos con un UAV modelo Phantom 4 Pro. Los levantamientos corresponden a una cantera ubicada en la ciudad de Ambato y a un conjunto de terrenos ubicados en la ciudad de Riobamba. El procesamiento de las imágenes obtenidas en cada levantamiento se lo realizó con las versiones de prueba de los programas Agisoft PhotoScan y Pix4D; Los resultados obtenidos indican que el tiempo de procesamiento de Agisoft fue 3.3 veces mayor al de Pix4D para el proyecto de los terrenos y 2.4 veces mayor para el proyecto de la cantera. La calidad visual de los ortomosaicos generados por los programas presentan las misma nitidez y detalle de imagen sin ninguna diferencia significativa.

Según los autores en su investigación (Fernández et al., 2021) “Análisis comparativo entre los programas Agisoft PhotoScan y Pix4Dmapper para la identificación de fallas en pavimento flexible usando Vehículos Aéreos No Tripulados



(VANTs)”. El objetivo del presente artículo es comparar los Ortomosaicos obtenidos en los programas Pix4Dmapper y Agisoft Photoscan, considerando los aspectos técnicos y el error en la detección de defectos en pavimento flexible; La metodología se desarrolló en tres etapas: selección de un tramo vial con deterioro, identificando seis defectos; toma de datos en campo y de forma digital (VANT), para este último se consideró un horario (10 a.m.) y tres alturas (20, 30 y 40 m), y procesamiento digital de las imágenes en ambos programas; Los resultados muestran que la calidad de los Ortomosaicos generados es semejante y, en la detección de errores, se reporta que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Si bien ambos programas proporcionan resultados similares y permiten la detección de defectos en pavimento flexible, el programa Pix4Dmapper es más eficiente en tiempo de procesamiento y tamaño de archivo.

Según el autor (Pozo, 2018) en su investigación “Análisis de las correcciones geométricas y radiométricas en el software Agisoft y Pix4D”. El procesamiento y el análisis de imágenes digitales tienen gran influencia en la sociedad actual y están en la vanguardia en diferentes campos debido a que persigue como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes, resaltando detalles y brindando información que no puede advertirse a simple vista, así como utilizar esa información con diversos fines. En la esfera de la agricultura el procesamiento de imágenes tiene como fin lograr un mejoramiento en la toma de decisiones en la gestión de cultivos; El GARP ha desarrollado diversos métodos para el cálculo de variables de interés agrícola, como los índices vegetativos; los mapas multiespectrales varían en dependencia de las correcciones radiométricas que introduce el software con el que se procesan las imágenes; Se llegó a las siguientes conclusiones que el algoritmo FAST mostró buenos resultados en la obtención de puntos comunes entre los ortomosaicos de los software.



2.1.2. Antecedentes nacionales

Según los autores (Flores & Díaz, 2020), en su investigación “Comparación de postproceso entre el software Pix4D y Agisoft Metashape de un levantamiento topográfico con RPAS”, se basó esencialmente en la comprobación de la calidad, el tiempo, la eficiencia y la veracidad de ambos softwares; El presente artículo tuvo como objetivo determinar las diferencias entre Pix4D y Agisoft Metashape utilizando un análisis comparativo entre los recursos obtenidos, con los datos proporcionados por un proyectista con fines de estudio, la cual fue procesada en ambos softwares. Para la recolección de estos datos se utilizó el Dron Phantom 4, juntamente Con un GPS diferencial para la toma de un total de 20 puntos de control y 3 puntos de trabajo; Se llegó a las siguientes conclusiones los procesos se hicieron de igual forma, en el caso de los Ortomosaicos, En la precisión de los puntos obtenidos en ambos programas, según las tablas de promedios podemos concluir que el Agisoft Metashape tiene una precisión más cercana a los puntos de control. Las curvas de nivel en ambos programas están a un metro de equidistancia, el tiempo de proceso en ambos no es grande la diferencia.

2.1.3. Antecedentes regionales

Según el autor (Tacca, 2015) en su investigación “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional” ubicado en la costa central del país, a orillas del Océano Pacífico, con coordenadas UTM del centroide: N 8664788.627, E 267783.453 a una altitud de 10.12 m.s.n.m., con un clima mayormente cálido durante la mayor parte del año; El objetivo principal de la presente investigación es comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Drone (UAV), y con el apoyo de un software especializado en



este tema, con la finalidad de comparar la precisión adecuada. A partir de este procesamiento se puede obtener el modelamiento en forma virtual, así mismo la comparación de tiempo en cada una de las modalidades de trabajo, y así determinar la forma más adecuada para su ejecución; Se llegaron a conocer los resultados a nivel de precisión, costo y tiempo en un 95% de confianza, en la comparación hecha tanto con la estación total, así como el procesamiento de las aerofotos obtenidas con el Drone (UAV). Esto quiere decir que ambos métodos son similares estadísticamente en resultado de medidas; Como conclusión general se puede determinar que se ha logrado a un nivel de confianza estadísticamente de 95%, al ser comparado los resultados entre el método directo a través de la toma de datos con la estación total, y el método indirecto con la toma de información gráfica con la utilización del Drone DJI con el uso del software Pix4D Mapper.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. *La topografía*

Conjunto de procedimientos e instrumentos necesarios para representar el terreno con cada una de sus detalles naturales o artificiales, ha perdido parte importante de su vigencia en los últimos años debido al desarrollo de la fotogrametría. Y no solo por el ahorro en tiempo y dinero que involucran los levantamientos aéreos, sino además por el valor de la documentación complementaria que suministra la fotografía aérea como base a la instrumentación topográfica actualizada (López, 1996).

El proceso de ingeniería debe contener la documentación topográfica estricta para lograr examinar los requerimientos de las obras de transmisión a hacer tanto bajo la perspectiva económico como el de sus exigencias técnicas. La presentación a escala limitada del lote es la base para la ejecución del plan. El cual una vez determinado, hace

falta trasladar al terreno por medio de los recursos geométricos en que fundamenta su diseño y que se materializan sobre el terreno (López, 1996).

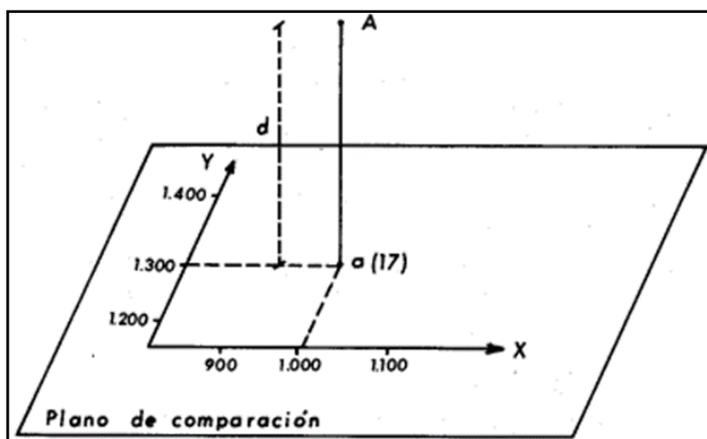
2.2.2. Sistema de representación topográfica

El desarrollo sobre un plano de una porción de la tierra exige recurrir a los sistemas de representación estudiados por la geometría descriptiva, de estos, el que no introduce deformaciones métricas en la proyección en un sistema acotado (López, 1996).

El sistema acotado se puede representar sobre un determinado plano (plano de comparación) un punto del espacio en función de sus tres coordenadas, dos para su posición sobre la superficie plana y un tercero para su distancia de proyección ortogonal (cota). Así, un punto queda definido por sus coordenadas planimétricas respecto a un sistema rectangular elegido en el plano de comparación y por su coordenada altimétrica (Cota) reseñada en un punto conocido (López, 1996).

Figura 1

Plano Cartesiano.



Nota: En el plano cartesiano se ve un punto de proyección (López, 1996).

Por otra parte, para poder desarrollar correctamente sobre un plano un aparte de la superficie terrestre, debemos conocer las posibilidades que permite el cuerpo sólido de la tierra dentro de unos márgenes de error tolerables (López, 1996).



Cuando se considera la forma de la tierra bajo su aspecto matemático, hay que prescindir del relieve continental y de las alteraciones del nivel del mar, para someter a estudio únicamente el contorno medio del globo, determinado por la superficie de los océanos (Supuestas las aguas en reposo relativo) prolongada idealmente bajo los continentes. Ese contorno es el geoide según la deformación propuesta (López, 1996).

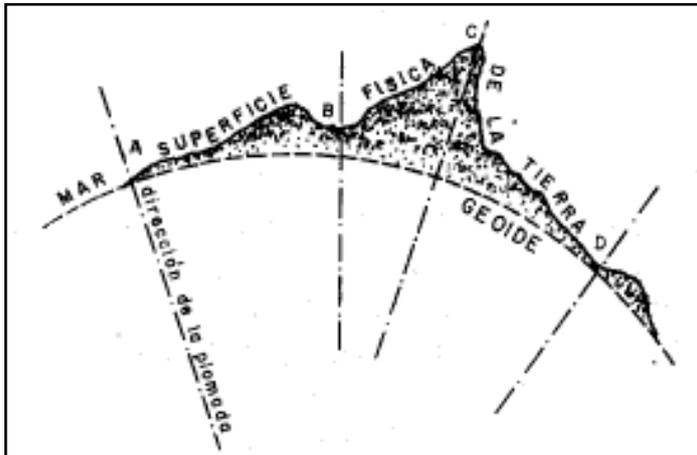
La hipótesis de las aguas en perfecto estado de reposo relativo presupone que han dejado de obrar acciones tales como mareas, vientos, corrientes, etc., más en tal caso, continúan actuando en cada punto de la superficie oceánica dos fuerzas, atracción newtoniana y fuerza centrífuga, cuya resultante es la gravedad (López, 1996).

El geoide puede así definirse como la figura de equilibrio de las masas oceánicas sometidas únicamente a la acción de la gravedad, y habrá de ser definido en términos de la mecánica racional como veremos en los capítulos de la geodésica. Sin embargo, en el entorno en que se desarrolla la actividad topográfica, son válidas las hipótesis de sustitución del geoide con superficies algebraicas sencillas, permiten una definición geométrica del mismo (López, 1996).

La proyección topográfica es un sistema de representación para que de forma redonda se haga la relación entre la superficie de la curvatura terrestre y la superficie plana que se plasman en las proyecciones de Mercator con ayuda de los meridianos y las paralelas (López, 1996).

Figura 2

Modelo de geoide.



Nota: En la presente figura se muestra el modelo del geoide (López, 1996).

2.2.3. *La geodesia*

La Geodesia es una de las Ciencias más antiguas cultivada por el hombre. El objeto de la Geodesia es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, de su campo de gravedad, y sus variaciones temporales; constituye un apartado especialmente importante la determinación de posiciones de puntos de su superficie. Esta definición incluye la orientación de la Tierra en el espacio (Sevilla, 2012).

La Geodesia es una ciencia elemental, con unos fundamentos fisicomatemáticos y con unas aplicaciones prácticas en amplias ramas del saber, como en topografía, cartografía, fotogrametría, navegación e ingenierías de toda clase sin olvidar su interés para objetivos militares. Está íntimamente relacionada con la astronomía y la geofísica, apoyándose alternativamente unas Ciencias en otras en su desarrollo, en sus procedimientos y en la consecución de sus objetivos (Sevilla, 2012).

Todo el proceso de decisión de posiciones geodésicas está intrínsecamente ligado con la manera y magnitudes de la Tierra, por consiguiente, el problema de la decisión de la figura de la Tierra no es puramente teórico (Sevilla, 2012).



La geodesia es la ciencia que tiene como objetivo el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, su campo gravitatorio y sus variaciones temporales de (Sevilla, 2012).

2.2.4. Levantamiento Topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en realizar una interpretación de un espacio, es decir, llevar a cabo la descripción de un terreno en concreto; en donde se realiza una captura de todos los elementos existentes en una superficie, incluyendo características naturales de la superficie y las características antrópicas (Villalba, 2016).

Con los datos conseguidos en un levantamiento topográfico tienen la posibilidad de dibujar mapas y planos en los cuales aparte de representar las propiedades físicas del terreno tienen la posibilidad de explicar las diferencias de elevación de los relieves o de los recursos que se hallan en el sitio donde se hace el levantamiento (Villalba, 2016).

Se define como tal el grupo de operaciones ejecutadas sobre un terreno con las herramientas adecuados para lograr una adecuada representación gráfica o plano. Este plano resulta importante para poner de manera correcta cualquier obra que se quiera realizar, así como para llevar a cabo cualquier plan técnico. Si se quiere conocer la postura de aspectos en el sector de interés, se necesita establecer su localización por medio de 3 coordenadas que son latitud, longitud y altura o cota. Para hacer levantamientos topográficos se requieren diversos aparatos, como el grado y la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de inicio para lograr hacer toda una secuencia de fases primordiales en la identificación y señalamiento del lote a construir, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. Hay 2 monumentales posibilidades (Villalba, 2016).



Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación (Villalba, 2016).

Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación (Villalba, 2016).

La topografía es la base de varias obras de ingeniería, donde el conocimiento de las formas y dimensiones del terreno son importantes (Villalba, 2016).

Ejemplos de aplicación:

- Diseño y ejecución de carreteras.
- Grandes obras de ingeniería, como puentes, puertos, viaductos, túneles, etc.
- Movimiento de tierras.
- Seguimiento de estructuras.
- Planificación urbana.
- Riego y drenaje.
- Reforestación.
- Catastro y ordenamiento territorial.

En varias obras, la topografía está presente en la etapa de planificación y diseño, suministro de información sobre el terreno; en la ejecución y seguimiento de la obra, realizando arrendamientos y verificación métrica; y finalmente en el seguimiento del trabajo después de su ejecución, para determinar, por ejemplo, desplazamientos de estructuras.

2.2.5. Levantamientos geodésicos

Los levantamientos geodésicos son representaciones en forma plana que correlacionan la curvatura de la tierra con el radio en el ecuador, también los equipos que

normalmente se usan para la planimetría se usan para la altimetría, la cual se expresan en distancias verticales teniendo como referencia el nivel de mar (McCormac, 2007).

2.2.6. *Desplazamiento*

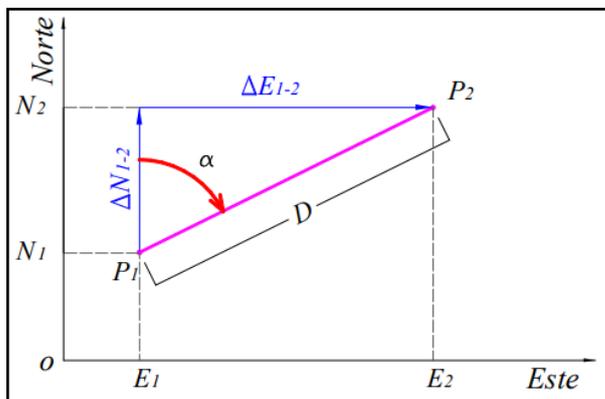
El movimiento absoluto de un cuerpo desde un lugar absoluto a otro, y el movimiento relativo la traslación de un lugar relativo a otro (Petrucci & Cruz, 2014).

El desplazamiento se define como el cambio en la posición de un objeto; Un desplazamiento sobre una línea recta. Esto quiere decir que tiene una dirección que coincide con esa línea recta (Petrucci & Cruz, 2014).

Un desplazamiento siempre comienza en el punto inicial y culmina en el final de un punto. Esto quiere decir que tiene un sentido que viene determinado por las posiciones de los puntos inicial y final, Un desplazamiento tiene una longitud en todos los casos, que se determinan por la diferencia entre las posiciones final e inicial (Petrucci & Cruz, 2014).

Figura 3

Desplazamiento de coordenadas.



Nota: Desplazamiento de coordenadas planas (Petrucci & Cruz, 2014).

2.2.7. *Modelo digital del terreno*

Un modelo digital del terreno se puede definir como una adecuada aproximación matemática del terreno, expresada mediante una base de datos topográfica (x, y, z), con la cual se puedan obtener por interpolación las coordenadas de cualquier otro punto. Las



mediciones topografía casi precisas para definir las coordenadas de los puntos el modelo se captura con tal densidad y distribución como para que las formas topográficas, obtenidas directamente o por interpolación, tengan la precisión impuesta al levantamiento. En cuanto a sus detalles planimétricos, está en función de la precisión inherente y a la escala requerida, y en los altimétricos, según el estándar de precisión que se imponga a los puntos de altitud, se podrán derivar curvas de nivel o cualquier otro procedimiento de representación del relieve. Los métodos topográficos son los mismos que los usados en topografía convencional, únicamente se modifica la forma del tratamiento de los datos y su captura se realiza pensando en tal consideración. El método más operativo para crear esta base de datos es el que se conoce bajo la denominación de TIN (Triangulate Irregular Network), el cual está constituido por triángulos irregulares cuyos vértices definen todos los cambios significativos que es preciso medir para lograr una correcta topografía del terreno (López, 1996).

La delimitación aporta algunos aspectos nuevos a la acepción más descendiente de tópico presentada en el accidental delantero. Por un lado, se añade la matización de que los modelos que van a ser tratados son digitales, de los cuales discrepa de los modelos analógicos. Por otro lado, la introducción a los modelos digitales del ámbito se resalta el valor del orden cósmico de la permanente representada (Felicísimo, 1994).

El diseño de estas interrelaciones es lo que configura las diferentes opciones en la estructura de datos, cuya elección es trascendental pues condiciona completamente el futuro manejo de la información. Mientras que los mapas convencionales usan casi exclusivamente una única convencional (las curvas de nivel) para la representación de la superficie del terreno, los MDE disponen de alternativas más variadas, desde una transposición casi directa de las isohipsas hasta otras menos habituales en la cartografía impresa pero más adaptadas al proceso digital. En todas ellas la altitud se describe



básicamente mediante un conjunto finito y explícito de cotas. El valor propio de un punto de localización arbitraria será, en su caso, estimado por interpolación a partir de los datos de su entorno (Felicísimo, 1994)

Los puntos definidos planimétrica y altimétricamente de forma aleatoria sirven para generar los triángulos que unen los vértices contiguos mediante líneas de pendiente constante. La definición de estos triángulos completa la estructura topológica que es preciso imponer al conjunto de puntos que definen el relieve de la zona. De la multitud de triángulos que se pueden construir los más adecuados son los más próximos a los equiláteros, puesto que estos son los que se han seleccionado de forma secuencial en la toma de datos como los más correctos para la definición del relieve, tanto por sus valores altimétricos como por su ubicación en la zona. Por tanto, la definición topológica de la base de puntos aleatorios deberá responder a tal considerando (Pérez, 2021).

Una de las muchas estructuras topológicas que cumplen este requisito son los triángulos de Delaunay. El método Delaunay constituye una definición topológica y un método de interpolación, que a partir de una red de polígonos convexos (polígonos de Thiessen) cumplen la condición de que todos los puntos de su interior sean los más próximos al punto de control. Estos polígonos se construyen obteniendo la mediatriz entre cada dos puntos de control próximos. Con la intersección de cada tres se hallan los circuncentros puntos que constituyen los vértices de estas figuras. A partir de estos polígonos y mediante un ajuste en tres dimensiones se obtiene la triangulación de Delaunay, la cual impone la condición de que el círculo de cualquiera de los triángulos no contenga ningún otro punto en su interior (López, 1996).

La base de datos topográficos de esta forma constituye una de las unidades primordiales de los sistemas de ingeniería y su estructura debería contestar referente a exactitud y densidad de los requerimientos del plan para la cual se ha creado. El paso de



manera discreta que definen dichas construcciones de puntos de vista a maneras sucesivas se hace por medio de algoritmos de interpolación. Ahora bien, estas funcionalidades van a ser tanto más complicadas en cuanto más grandes sean las regiones a rellenar, caso que no debería manifestarse en los modelos que determinada la exactitud, al ser contradictorio tal método con la tolerancia requerida. La exactitud del MDT (Modelo Digital del Terreno) es dependiente primordialmente de la geometría y del intervalo del muestreo. La mejor geometría se recibe desde triángulos irregulares, al ser ésta de manera más sencilla y que mejor se logre ajustar a la topografía del terreno (López, 1996).

Depende fundamentalmente de la precisión del modelo, y ésta se fija con el criterio de que las superficies definidas por los triángulos formados los que se ajusten de tal forma al terreno que la separa entre el modelo analítico definido por el MDT y las formas topográficas sea inferior a la precisión impuesta. En los modelos digitales del terreno de aplicación en Ingeniería su densidad y distribución deben asegurar las tolerancias impuestas para la determinación de sus coordenadas (López, 1996)

2.2.8. Altimetría

La altimetría también llamada nivelación en el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra respecto a un nivel de referencia básicamente se usa como referencia el nivel medio del mar (Villalba, 2016).

2.2.9. Planimetría

Muestra las técnicas y métodos para establecer las posiciones de aspectos y que estas sean proyectadas en un plano horizontal sin que importe sus elevaciones en medio de las técnicas a desarrollar posee la poligonal y la triangulación, la evolución de la tecnología provoca que ciertos métodos alcancen una moda, gracias a la exactitud y velocidad de la toma de datos, en cual ha ocasionado que las poligonales han estado



siendo utilizadas en el establecimiento y densificación de redes de control terrestre (Villalba, 2016).

2.2.10. Georreferenciación

La georreferenciación o corrección es un parecer que permite valorar la posición de un componente en un sistema de coordenadas desde el inicio y final de su posición. Este proceso es alguno con una lista de posiciones entre principios espaciales en uno y otros sistemas, de forma que, conociendo la posición en uno de los sistemas de coordenadas es posible obtener la posición homóloga en el otro sistema (Jorge & Elena, 2012).

La georreferenciación consiste en la identificación de todos los puntos del espacio (aéreos, marítimos o terrestres; naturales o culturales) mediante coordenadas referidas a un único sistema mundial (Noguera & Mangiaterra, 2018).

2.2.11. Pixel

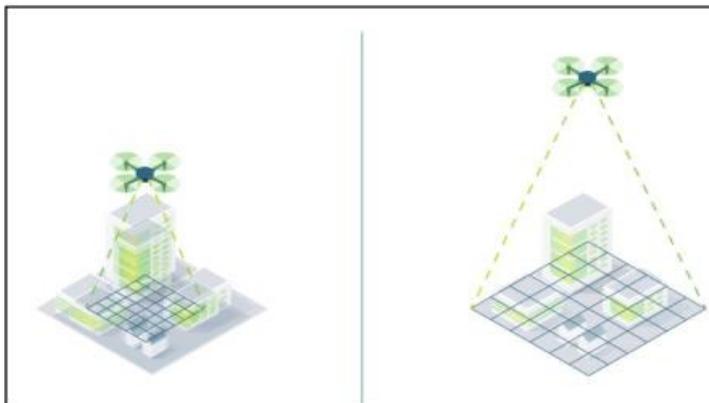
El píxel es la unidad más pequeña y diminuta de una imagen digital y está presente en un inmensurable número para formar una imagen completa. Cada píxel es una unidad homogénea de color que en suma y con una importante variación de colores dan como resultado una imagen más o menos compleja. Pueden contar con tres o cuatro elementos de color a elegir: rojo, verde y azul o magenta, amarillo y cian (Bembibre, 2009).

2.2.12. GSD

La distancia de muestreo del suelo (GSD) es la distancia entre el centro de dos píxeles consecutivos medidos en el suelo; La distancia para la muestra del suelo se ve afectada por la altura del vuelo y las especificaciones de la cámara. Una altura más baja, con la misma cámara, significa una menor distancia para la muestra del suelo y resultados más detallados (Pix4D, 2021).

Figura 4

GSD.



Nota: Relación GSD y altura de vuelo (Pix4D, 2021).

2.2.13. Dron Phantom 4 RTK

Hay varios conjuntos de esta versión de los Phantom , no obstante lo cual caracteriza a este equipo es la añadidura de la base de georreferenciación tiene, de esta forma en ese sentido mejorar la exactitud de los trabajos , hace falta hacer de entendimiento que este base no posee la funcionalidad como un equipo GNSS que por medio de procesos, enmiendan y compensan los aspectos, es por esto que se usa en esta averiguación la participación del GPS diferencial para su optimización en la presión y más grande control en los aspectos adecuados (DJI, 2021).

Combinando los módulos GNSS y RTK, el Phantom 4 RTK puede optimizar la estabilidad de vuelo al tiempo que asegura la captura de los datos más exactos para los complicados flujos de trabajo de levantamiento, cartografía e inspección (DJI, 2021).

Figura 5

Phantom 4 RTK.



Nota: Equipo Phantom 4 RTK (DJI, 2021).

2.2.14. Sistema de posicionamiento con precisión centimétrica

El módulo RTK incluido da datos exactos de grado centimétrico sin solicitar puntos de vista de control terrestres gracias a su nuevo sistema (DJI, 2021)

- Soporta conectividad OcuSync y 4G.
- La función de detección estática mejora la fiabilidad general del sistema de posicionamiento.
- Compatible con múltiples modelos de drones DJI.

2.2.15. Módulo RTK integrado

El nuevo módulo RTK está incluido de manera directa en el Phantom 4 RTK, proporcionando datos de posicionamiento en tiempo real para mejorar la exactitud absoluta en los metadatos de la imagen. Justo abajo del receptor RTK está un módulo GNSS redundante, instalado para conservar la igualdad del vuelo en zonas con escasa señal, como las localidades densas (DJI, 2021).



2.2.15.1. Aplicaciones

Con un nuevo sistema RTK, replanteamiento interno que resultó en TimeSync y una aplicación de vuelo llave en mano, el Phantom 4 RTK se convierte en el principal valedor de la comunidad topográfica. Con la capacidad de conectar el sistema de posicionamiento a la estación móvil D-RTK 2, NTRIP (transporte de red de RTCM a través del protocolo de Internet) usando un punto de acceso móvil, o almacenar los datos de observación satelital para PPK, el Phantom 4 RTK se adapta a varios Flujos de trabajo para soluciones profesionales (DJI, 2021).

- Topógrafos
- Ingenieros Civiles
- Proveedores de servicios de aviones no tripulados
- Gerentes de obra
- Gestores BIM / VDC

2.2.16. Control remoto

SDK móvil compatible El Phantom 4 RTK es compatible con el DJI Mobile SDK, abriendo sus funciones a la automatización y personalización a través de un dispositivo móvil (próximamente). Sistema de transmisión OcuSync Disfrute de una transmisión de imagen y video HD estable y confiable a distancias de hasta 7 km, ideal para mapear sitios más grandes. Sin obstrucciones, libre de interferencias, cuando cumple con las normas de la FCC. La explicación del rango de vuelo más alto es un proxy para la resistencia y la resistencia del enlace de radio. Continuamente vuela tu drone en la línea visual a menos que se posibilite lo opuesto. Compatibilidad perfecta con la Estación Móvil D-RTK 2 Secunde sus misiones Phantom 4 RTK con la estación móvil D-RTK 2: proporcione datos diferenciales en tiempo real al Drone y forme una solución topográfica rigurosa. El diseño

robusto de la estación móvil y el sistema de transmisión OcuSync 2 avalan que logre obtener datos exactos de grado centimétrico con su Phantom 4 RTK en cualquier condición (DJI, 2021).

Con una aplicación incorporada de planificación de vuelo (GS RTK) y un método sencillo para recopilar datos RTK (RTK Network o D-RTK 2 Mobile Station), los pilotos tienen una solución completa para cualquier estudio, mapeo o flujo de trabajo de inspección (DJI, 2021).

Figura 6

Control remoto GSR.



Nota: Equipo control remoto Phantom 4 RTK (DJI, 2021).

2.2.17. Pix4D

Este programa fue desarrollado en 2011 bajo la principal función de crear modelos y mapas digitales en 2D y 3D georreferenciados y de alta precisión a partir de imágenes de drones. Entre algunos de los productos que puede entregar este programa (Pix4D, 2021).

- Nube de puntos 3D: reconstrucción digital geolocalizada de manera precisa en todos los puntos de interés.
- Modelos digitales de superficie y terreno: valores de elevación de cada píxel que permiten trabajar posteriormente con herramientas SIG.



- Ortomosaicos: mapas digitales de alta resolución georreferenciados a partir de las imágenes procesadas.
- Puntos de control en tierra (GCP): permite ingresar coordenadas de puntos de control para aumentar la precisión de los trabajos realizados.
- Cálculos de volumen: es posible realizar cálculos de volumen precisos a partir de una representación gráfica perfecta de las zonas de interés, además es posible ajustar la altura de la superficie base antes de realizar el cálculo.
- Líneas de contorno: representación de la topografía del terreno que muestran cada curva de nivel con contornos cerrados y permite exportar las mismas en formatos compatibles con programas de diseño asistido por computadora o sistemas de información geográfica.
- Cálculo de áreas: permite realizar medidas de superficies de cualquier tipo con coordenadas precisas de cada uno de los vértices de las zonas de interés.
- Modelos 3D: creación de mallas texturizadas con texturas fotorrealistas del objeto de interés.
- Mapas de reflectancia: evalúa la reflectancia basándose en el píxel de imágenes multiespectrales.
- Mapas de índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para evaluar el desarrollo de vegetación en función de la intensidad de radiación que esta emite refleja.
- El programa cuenta con una licencia de alquiler de pago mensual o anual, con un costo atributos que este ofrece (Pix4D, 2021).

2.2.18. Agisoft Metashape

Agisoft Metashape es una solución, un programa vanguardia, con su núcleo de motor llevando la fotogrametría a sus parámetros máximos, en lo que todo el sistema está



elaborado para dar resultados específicos de la industria basándose en técnicas de aprendizaje automático para labores de estudio y postprocesamiento (Agisoft, 2021).

El software permite procesar imágenes de cámaras RGB o multiespectrales, incluidos los sistemas multicámara, en la información espacial de alto valor en la forma de nubes de puntos densas, modelos poligonales texturizados, georreferenciados verdaderos Ortomosaicos y DSMs/DTMs. El postprocesamiento adicional permite eliminar las sombras y los artefactos de textura de los modelos, calcular la vegetación índice y extraer información para mapas de acción de equipos agrícolas, clasificar automáticamente nubes de puntos densa (Agisoft, 2021).

- Mediciones de alta precisión para Minería y Canteras.
- Cálculo personalizado del índice de vegetación para agricultura de precisión y ambiental Gestión.
- Compatibilidad con la cámara del consumidor para Arqueología y Documentación.
- Soporte de imágenes oblicuas para Arquitectura y Patrimonio Cultural Preservación.

Este programa fue lanzado en 2010 para realizar el procesamiento de imágenes digitales y generar datos espaciales 3D para su uso en la implementación de en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y permite mediciones indirectas de objetos a diferentes escalas. Según la información de proporcionada en su sitio web, este programa puede producir los siguientes resultados de procesamiento (Agisoft, 2021).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

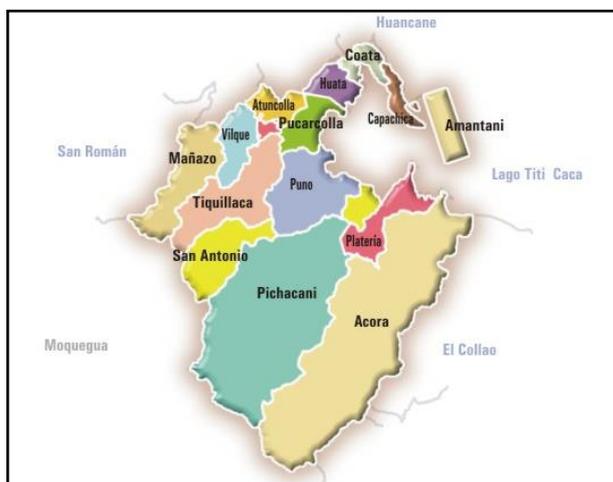
El presente estudio se desarrolló en el tramo de la vía Totorani-Tiquillaca la cual está integrada a la carretera EMP. PE - 3S (PUNO)- VILQUE - MAÑAZO - EMP. PE - 34A (HUATAQUITA), ubicada en la región Puno, vía que beneficia a los pobladores de la zona para su desplazamiento y desarrollo de la misma.

3.1.1. Ubicación Política

Departamento	: Puno.
Provincia	: Puno.
Distrito	: Tiquillaca.
Lugar	: Totorani-Tiquillaca.

Figura 7

Ubicación Política.



Nota: En la figura se muestra la ubicación política (INEI, 2018).

3.1.2. Ubicación geográfica en coordenadas UTM

– Punto inicial

Norte: 381,833.00 m W



Este: 8,251,554.00 m S

– **Punto Final**

Norte: 387,482.00 m W

Este: 8,250,758.00 m S

3.1.3. *Vías de comunicación y accesibilidad*

Tabla 1

Ruta de ubicación del proyecto de estudio.

Ruta	Descripción	Longitud
Puno-Tiquillaca	Desde la ciudad de Puno; tomar la ruta del desvío de Totorani camino hacia el distrito de Tiquillaca.	13 Km aproximadamente en automóvil desde el centro de la ciudad de Puno.

Nota: Ruta de ubicación del proyecto de estudio de la tesis.

3.2. EQUIPOS PARA EL TRABAJO DE CAMPO

- 02 Receptores GNSS marca: Topcon (Especificaciones técnicas Anexo 4).
- 01 Trípode de madera.
- 01 Camioneta (Toyota – Hilux).
- 01 GPS UTM GEOMAP (Aplicativo).
- 02 Radios de comunicación.
- 01 Libreta Topográfica.
- 01 Flexómetro.
- 06 Placas geodésicas de bronce.
- 01 galones de Pintura color rojo y blanco.
- Yeso.
- Cemento, Arena y agua.
- Estacas de fierro de 60 cm de 1/2”.



- 01 Pico.
- 01 Pala.
- 01 Brocha.
- 01 Pincel.
- 01 Dron Phantom 4 RTK.
- 01 Base D2RTK.
- Equipos para el procesamiento en gabinete.
- 01 Control Remoto.
- 01 Laptop (Asus Core i7-2.89 GHz, Memoria RAM de 32 GB, Disco Sólido de 500 TB, Tarjeta Gráfica de 8 GB.
- Software Pix4D (Versión Estudiantil).
- Software Agisoft Metashape (Versión Estudiantil).
- Software Trimble Business Center V.5.40.
- Microsoft Word 2019.
- Microsoft Excel 2019.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. *Enfoque de la investigación*

El enfoque la investigación es cuantitativa debido a que se emplean datos numéricos, fórmulas para la obtención de resultados de la presente investigación. Según el libro de metodología de la investigación , se emplea la recolección de datos para probar la hipótesis con todos los principios de medición numérica, y análisis estadístico, con el objetivo de conseguir los comportamientos de las variables de estudio (Hernández et al., 2014).



3.3.2. Tipo de investigación

Según la intervención del investigador, es observacional porque no existe la manipulación del investigador, por ello los datos reflejan la evolución natural de los eventos, ajeno a la voluntad del investigador (Supo, 2012).

Según la planificación de la toma de datos, es Prospectivo porque el estudio fue recogido a propósito de la investigación por lo tanto se denominan Primarios, porque el investigador posee control de la medición (Supo, 2012).

Según el número de ocasiones en el que se mide la variable de estudio, es Transversal porque las variables han sido medidas en una sola ocasión, por ello las comparaciones se hicieron en muestras independientes (Supo, 2012).

Según el número de variables de interés, es Analítica porque su análisis estadístico es bivariado debido a que plantea y pone a prueba una hipótesis, así mismo su nivel más básico establece asociación entre factores (Supo, 2012).

3.3.3. Población

En el presente proyecto de investigación la población de estudio son las coordenadas de los puntos de control geodésicos y BM's en la carretera EMP. PE-3S (PUNO) - VILQUE -MAÑAZO - EMP. PE-34A (HUATAQUITA) de 56.10 Km.

3.3.4. Muestra.

La muestra es no probabilística, se tomaron a juicio propio de los investigadores 20 controles entre puntos geodésicos y BM's, en el tramo Prog. Km 53+000.00 al Km 60+300.00 de la vía Totorani - Tiquillaca.

3.3.5. Variables de investigación

3.3.5.1. Variable Dependiente

Desplazamientos (x,y,z) obtenidos con respecto al receptor GNSS.

3.3.5.2. Variable Independiente

Son las coordenadas (x,y,z) obtenidas en el software Pix4D y el Agisoft Metashape.

3.3.6. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2

Cuadro de variables.

Variable	Indicador	Índice	Unidad	Instrumento
Dependiente	Desplazamientos	Metro	m	Receptor GNSS
Independiente	Coordenadas	Metro	m	Software Pix4D Software Agisoft Metashape

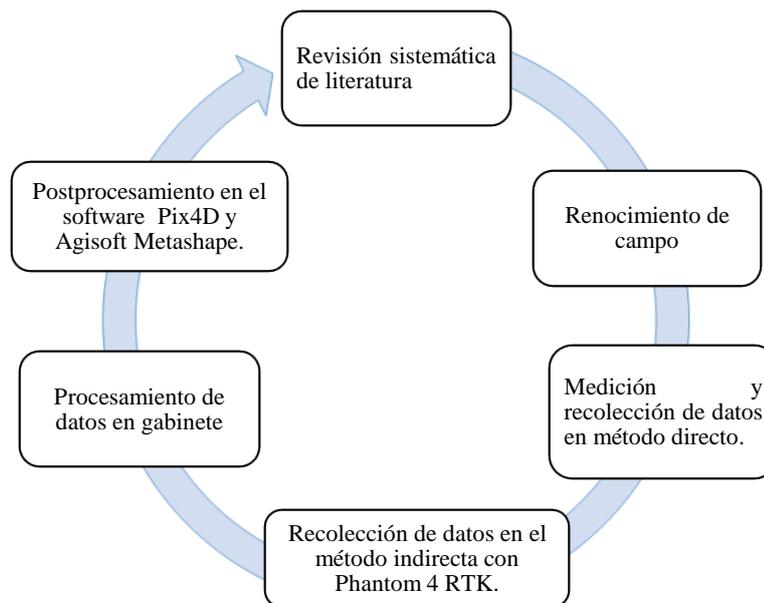
Nota: Operacionalización de variables.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

La presente investigación se ha dividido en las siguientes etapas:

Figura 8

Flujograma del procedimiento metodológico.



Nota: En el flujograma se muestra el procedimiento realizado en la investigación.

3.4.1. Revisión sistemática de literatura

Para la ejecución de este proyecto se ha estudiado y verificado la bibliografía de toda índole y de todas las investigaciones que están surgiendo, el cual se opta por desarrollar una investigación que para nuestro entorno no es tan común debido a la tardía tecnología que llega al Perú, a la misma vez todo esto es plasmado en el marco teórico y la parte técnica del desarrollo y elaboración del proyecto de investigación (Hernández et al., 2014).

3.4.2. Reconocimiento de terreno

Es de conocimiento que para poder dar inicio a un proyecto se debe realizar la etapa de reconocimiento de campo para poder observar el tipo de terreno, tramo representativo, accesibilidad y algunos antecedentes en caso existiese (Mendoza, 2020).

Este proyecto inicia en la progresiva Km 53+000 hasta el Km 60+300, y consta de 7.3 Km.

En la muestra de estudio se apreció una topografía ondulada, con cambio de pendientes y curvas cerradas (Mendoza, 2020).

Figura 9

Reconocimiento del terreno.



Nota: En la figura se muestra como se realizo el reconocimiento de campo.

3.4.3. *Medición y recolección de datos en método directo.*

3.4.3.1. **Establecimiento de puntos geodésicos.**

Con el recorrido se opta por establecer puntos geodésicos en zonas definidas y estratégicas para con ello poder lograr una buena visibilidad en las ortofotos, sin riesgos de interferencias de objetos, fuera de alcance de vehículos, animales que pudieran perjudicar; y el trabajo respectivo con el cual se realiza un monumento es de 40x40x60 cm. en que se incrustó en el centro con una placa de bronce circunscrita con códigos **PUN01163, PUN01164, PUN01165, PCG01, PCG02, PCG03.**

Figura 10

Monumentación de puntos geodésicos.



Nota: En la figura se muestra el encofrado y el vaciado del punto geodésico.

Figura 11

Placa del punto geodésico PUN01163.



Nota: En la figura se muestra la placa del punto geodesico con codigo PUN01163.

Se tomaron los datos de los puntos geodésicos durante 1 hora aproximadamente cada uno de ellos en el modo de levantamiento estático, dichos datos se han tomado con un receptor GNSS de la marca Topcon modelo GR-5 cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 4, así mismo el certificado de operatividad ubicado en el Anexo 2.

Figura 12

Toma de data en modo estático.



Nota: Toma de data con el receptor GNSS en modo estático.

3.4.3.2. Postprocesamiento de data del receptor GNSS

Los datos obtenidos en el modo estático fueron postprocesados en el software especializado de Trimble Business Center (TBC) versión 5.40, dicho procesamiento ha sido ajustado con base a la data de la estación de rastreo permanente ubicado en la ciudad de Juliaca con código (PU02) cuya ficha técnica de estación de rastreo permanente del IGN ubicada en el Anexo 1.

Figura 13

Estacionamiento del receptor GNSS.

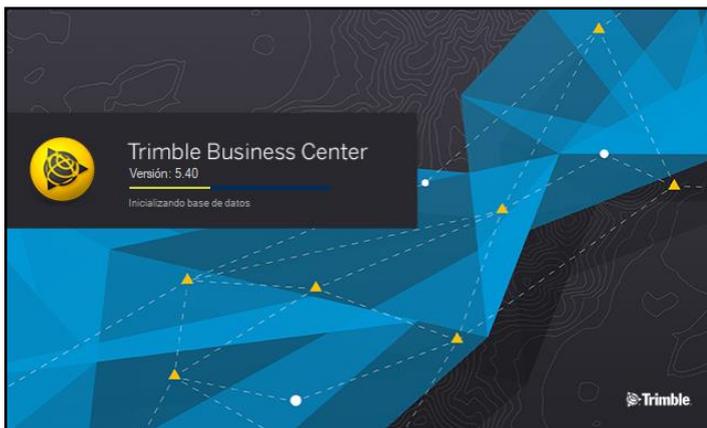


Nota: Posicionamiento del receptor GNSS en el punto geodesico.

Cabe indicar que el procedimiento en campo se realizo para los 6 puntos geodesicos, asi mismo la data recolectada en cada uno de los puntos se tomaron el mismo dia, por el tema que la data rinex adquirida del IGN solo fue de ese dia, para posteriormente realizar el procesamiento de las lineas base.

Figura 14

Software TBC 5.40.



Nota: Vista preliminar del software TBC 5.40.

El software para el procesamiento de las líneas base cuenta con licencia.

Figura 15

Abrimos el TBC 5.40.



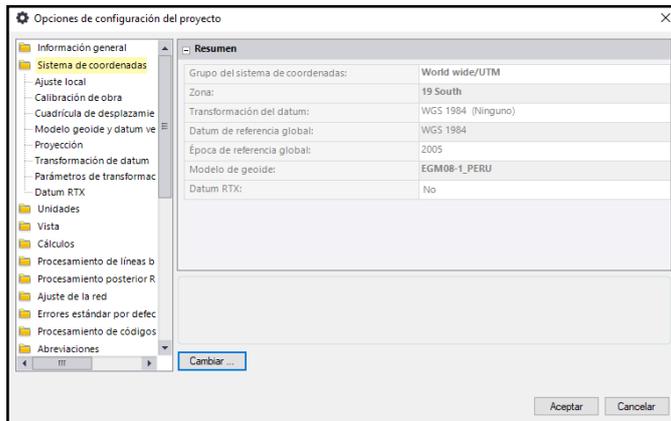
Nota: Abrimos el software TBC 5.40.

Las configuraciones establecidas en el software fueron en el sistema de coordenadas UTM WGS- Zona 19S y el modelo geoidal es EGM-2008 Perú.

Después de haber proporcionado todos los datos necesarios al software TBC 5.40, se pasa a cargar los archivos Rinex de la data tomada en campo de los 6 puntos de geodésicos y la data adquirida del IGN con código PU02, la información de la ficha técnica de estación de rastreo permanente se encuentra en el Anexo 1. Luego se procedió a procesar las 6 líneas base y teniendo como resultado las coordenadas ajustadas con errores menores a 10 mm o también denominándolo puntos geodésicos de orden “C”, cuyas especificaciones técnicas se pueden encontrar en la página del IGN (IGN, 2015).

Figura 16

Configuración del TBC 5.40.

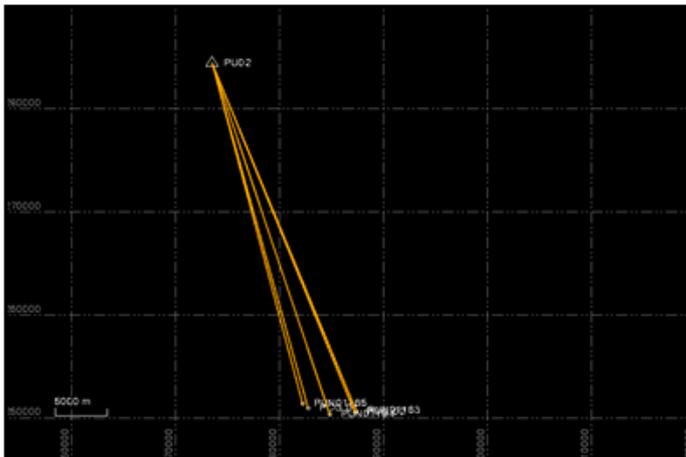


Nota: En la figura se muestra las opciones de configuración del proyecto.

Las coordenadas ajustadas en el proceso se encuentran en el informe de procesamiento en el software Trimble Business Center ubicado en el Anexo 5.

Figura 17

Líneas base.



Nota: En la figura se muestra las líneas base del los 6 puntos geodesicos.

Tabla 3

Coordenadas de los puntos geodésicos.

Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
01	387,377.181	8,250,706.908	4,054.051	PUN01163
02	387,206.748	8,250,589.047	4,056.026	PCG01



03	384,819.544	8,250,389.530	4,046.298	PUN01164
04	385,018.110	8,250,173.556	4,055.779	PCG02
05	382,219.102	8,251,408.237	3,983.611	PUN01165
06	382,218.786	8,251,408.442	3,982.060	PCG03

Nota: Coordenadas de puntos geodésicos obtenidos en el Informe.

Las coordenadas de los puntos geodésicos de la tabla 3. están en coordenadas UTM y son las cuales nos ayudarán posteriormente para realizar el levantamiento en modo RTK de los BM's y puntos de fotocontrol.

3.4.3.3. Establecimiento de BM's.

De igual manera que el establecimiento de los puntos geodésicos se ubicó los BM's, los que están ubicado a cada 500 m sobre la franja de la carretera, donde se monumentaron con una varilla de acero de 1/2".

Luego se procedió a levantar en modo RTK en cada BM. Teniendo como Base los puntos geodésicos anteriormente procesados.

Realizándose varias mediciones en cada BM el cual actúa como Rover, en algunos lugares no se contaba con buena señal por lo que se tuvo que cambiar la base tomando otro punto geodésico, las coordenadas de los BM's se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4

BM's de control.

Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
01	382,737.431	8,250,997.932	4,029.738	BM1
02	382,218.895	8,251,406.701	3,981.780	BM2
03	382,363.262	8,251,337.470	4,001.803	BM3
04	382,638.823	8,251,040.487	4,026.306	BM4
05	383,106.190	8,250,875.788	4,033.525	BM5



06	383,513.356	8,250,694.800	4,044.773	BM6
07	384,073.967	8,250,498.167	4,045.127	BM7
08	385,017.891	8,250,173.236	4,051.654	BM8
09	385,176.537	8,249,617.703	4,064.932	BM9
10	385,531.448	8,249,663.258	4,070.676	BM10
11	386,104.862	8,249,727.851	4,073.226	BM11
12	386,530.591	8,250,132.968	4,064.936	BM12
13	386,775.387	8,250,363.100	4,061.469	BM13
14	387,206.780	8,250,589.098	4,056.037	BM14

Nota: BM's de control tomados en modo RTK.

3.4.3.4. Establecimiento de los puntos de fotocontrol

Para los puntos de fotocontrol se ha realizaron marcas con yeso a cada 200 metros aproximadamente o según la topografía del terreno, en forma de cruz, adicionalmente llevan las enumeraciones para poder diferenciarlo, se han establecido en las zonas llanas para evitar errores en elevación.

Este procedimiento de recolección de datos se han obtuvieron en modo RTK, con un receptor GNSS denominado también (GPS Diferencial) de la marca TOPCON modelo GR-5, el tiempo de toma de la información fue en un intervalo de tiempo de 5 segundos teniendo como base los puntos geodésicos establecidos anteriormente.

Figura 18

Levantamiento con receptor GNSS en modo RTK.



Nota: En la figura se muestra el levantamiento de los puntos de fotocontrol.

Los puntos de fotocontrol obtenidos con el levantamiento geodésico en modo RTK, se tomó como punto base PUN01164, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5

Puntos de fotocontrol

Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
01	381,889.200	8,251,518.634	3,970.672	PFC01
02	382,097.255	8,251,430.537	3,974.057	PFC02
03	382,104.668	8,251,440.947	3,973.955	PFC03
04	382,203.360	8,251,391.832	3,981.291	PFC04
05	382,350.642	8,251,461.953	3,988.368	PFC05
06	382,341.878	8,251,475.427	3,987.262	PFC06
07	382,432.438	8,251,503.764	3,994.311	PFC07
08	382,420.705	8,251,476.333	3,994.747	PFC08
09	382,398.588	8,251,435.419	3,996.491	PFC09
10	382,410.046	8,251,421.876	3,998.524	PFC10
11	382,509.906	8,251,194.999	4,013.262	PFC11
12	382,518.665	8,251,208.081	4,013.650	PFC12
13	382,652.158	8,251,051.289	4,026.203	PFC13
14	382,737.438	8,250,997.960	4,029.710	PFC14



15	382,738.433	8,251,021.981	4,029.190	PFC15
16	382,955.185	8,250,937.561	4,031.222	PFC16
17	382,941.958	8,250,922.833	4,031.600	PFC17
18	383,102.692	8,250,857.233	4,033.874	PFC18
19	383,389.846	8,250,763.519	4,040.085	PFC19
20	383,382.020	8,250,746.459	4,039.751	PFC20
21	383,521.797	8,250,707.625	4,044.861	PFC21
22	383,812.495	8,250,621.245	4,043.821	PFC22
23	383,808.733	8,250,606.506	4,043.448	PFC23
24	384,439.264	8,250,392.772	4,044.309	PFC24
25	384,440.701	8,250,411.553	4,043.768	PFC25
27	384,945.067	8,250,286.918	4,049.017	PFC27
Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
28	385,053.004	8,249,912.889	4,056.810	PFC28
29	385,066.281	8,249,916.103	4,055.880	PFC29
30	385,185.948	8,249,632.072	4,063.591	PFC30
31	385,531.368	8,249,650.888	4,070.961	PFC31
32	385,800.349	8,249,626.513	4,072.042	PFC32
33	385,796.777	8,249,639.191	4,071.386	PFC33
34	386,422.641	8,249,933.022	4,067.616	PFC34
35	386,415.692	8,249,942.315	4,067.376	PFC35
36	386,542.348	8,250,119.783	4,065.929	PFC36
37	386,785.176	8,250,353.229	4,061.425	PFC37
38	387,013.409	8,250,478.415	4,058.048	PFC38
39	387,005.335	8,250,491.151	4,058.129	PFC39
40	387,210.033	8,250,606.317	4,055.611	PFC40
41	387,385.315	8,250,691.452	4,054.870	PFC41

Nota: Coordenadas tomadas con receptor el GNSS en modo RTK.

3.4.3.5. Planificación del plan de vuelo

En el proceso de planificación del plan de vuelo, se utilizó el dron Phantom 4 RTK con las especificaciones técnicas en el Anexo 3. por el cual se han tomado los siguientes criterios, tipo de plan de vuelo, altura de vuelo, velocidad de avance, resolución de las ortofotos, GSD de captura de la información, distorsión de la cámara, estación y tiempo.

Figura 19

Control remoto GSR.

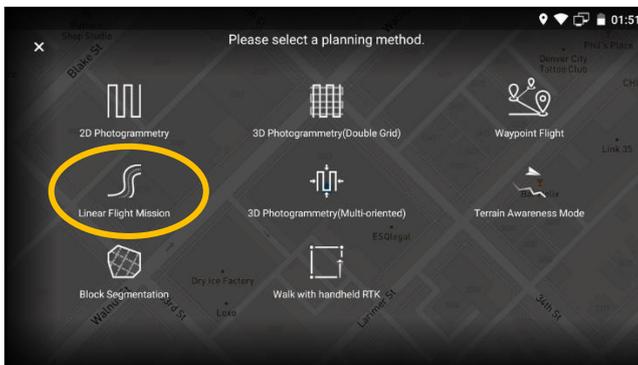


Nota: En la figura se muestra el control remoto del dron Phantom 4 Pro.

Se ha utilizado las configuraciones para realizar un vuelo lineal exclusivo para carreteras; se optó tramos de 1.5 km aproximadamente de acuerdo al tiempo de duración de la batería con el propósito de evitar vuelos inconclusos.

Figura 20

Entorno del plan de vuelo.

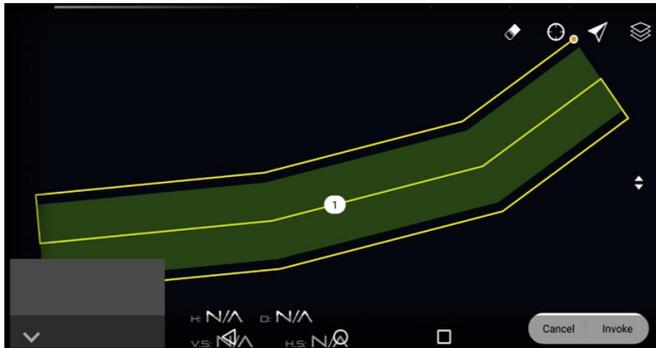


Nota: En la figura se muestra los planes de vuelo del control remoto.

Buscando realizar una mejor recolección de datos, con criterios técnicos que permitan la mejor combinación de puntos homólogos de diferentes ortofotos obtenidos con el plan de vuelo ideal. La altura de vuelo está relacionada con el GSD que se genera.

Figura 21

Plan de vuelo inicial.

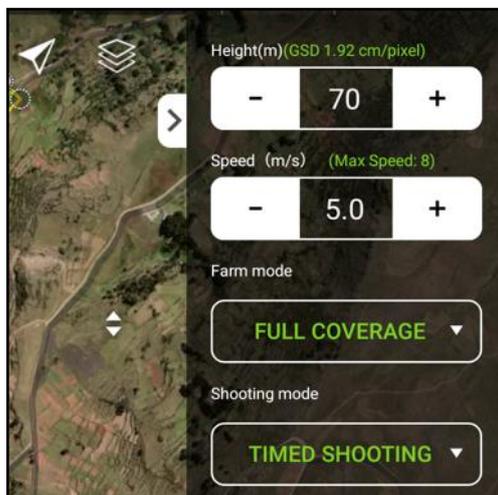


Nota: Línea de vuelo inicial del plan de vuelo.

Entendiendo el fundamento se ha trabajado con un GSD de 1.92 cm/pixel a una altura de vuelo de 70 metros; pero, esto no siempre es constante en todo el tramo del vuelo debido a que varía según a la topografía del terreno.

Figura 22

Parámetros del plan de vuelo altura y velocidad.

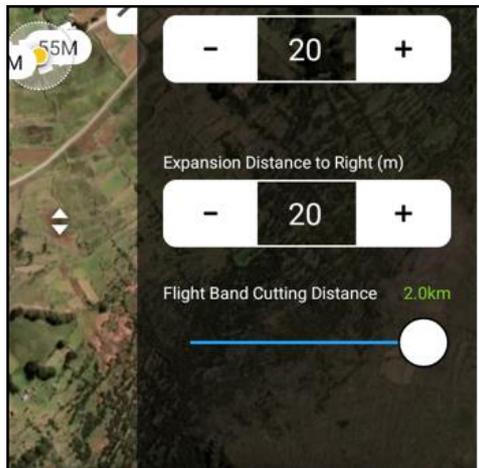


Nota: Configuración de los parámetros del plan de vuelo del dron Phantom 4 RTK.

El ancho de faja de la carretera fue de 40 metros, 20 metros a la izquierda y derecha medidos desde el eje, este parámetro se optó por que técnicamente se establece en el diseño de carreteras DG-2018 para un levantamiento tradicional.

Figura 23

Parámetros de anchos de faja.

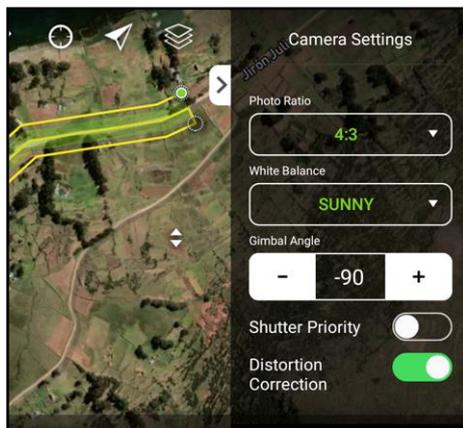


Nota: Configuración de los parámetros del plan de vuelo del dron Phantom 4 RTK.

Se trabajó en un clima soleado y el tamaño de la imagen seleccionado es de 4:3, ángulo de inclinación de la cámara es de (-90) grados, ósea perpendicular a la superficie terrestre, se ha activado la opción de distorsión de la cámara para evitar ortofotos sin geo etiqueta y cualquier problema relacionado con la distorsión.

Figura 24

Configuración de la cámara.

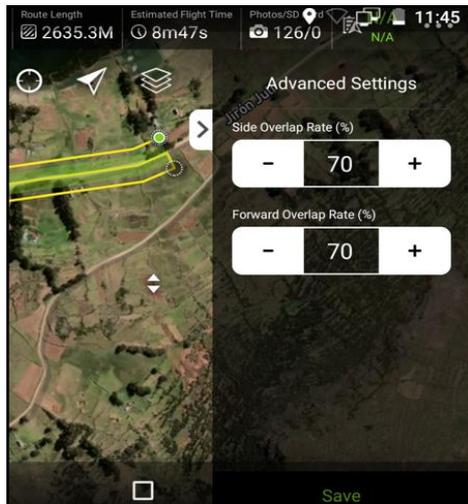


Nota: Configuración de los parámetros de la cámara.

Se realizó la configuración de traslape y solape de esto dependerá la buena calidad en las ortofotos, con ello la obtención de la calidad del Ortomosaico. En este proyecto de investigación los traslapes utilizados tanto lateral y longitudinal fue de 70%, con ello propiciamos una buena calidad y precisión.

Figura 25

Configuración de los traslapes.



Nota: Configuración de traslapes del plan de vuelo.

La conexión mínima necesaria es de 08 satélites para poder iniciar el plan de vuelo, según las especificaciones técnicas y experiencia propia, con ese concepto en esta investigación se han trabajado con 11 y 12 satélites, el Dron y la estación móvil D2-RTK Mobile respectivamente, llegándose a precisiones aceptables.

Figura 26

Conexión entre el control remoto, y dron phantom 4 RTK.



Nota: Conexión entre el control remoto estación móvil y dron phantom 4 RTK.

3.4.4. *Recolección de datos en el método indirecto con Phantom 4 RTK.*

3.4.4.1. **Levantamiento fotogramétrico con el dron Phantom 4 RTK**

Para el levantamiento fotogramétrico se ha realizado en planes de vuelo aproximadamente 17 minutos de vuelo, por cada batería usada, a la misma vez se planificó 3 líneas de vuelo de manera longitudinal a la vía, área de cobertura de 40 metros de franja de vía, GSD de 1.92 cm/pixel, alcanzó una velocidad de 5 Km/h, vuelo realizado en un clima soleado con pequeños vientos ligeros por momentos.

Figura 27

Estacionamiento de la estación móvil.



Nota: Estacionamiento de la estacion movil.

El levantamiento fotogramétrico se ha realizado según a los planes de vuelo establecidos con la aplicación GSR del Phantom 4 RTK.

Figura 28

Iniciación del vuelo del dron Phantom 4 RTK.



Nota: Despegue del dron Phantom 4 RTK.

3.4.5. *Procesamiento de datos en gabinete*

3.4.5.1. **Procesamiento en Pix4D**

En el procesamiento de la información obtenida con la fotogrametría con dron, se usó en el software Pix4D y Agisoft Metashape. Con los cuales se realizan las comparaciones de la información proporcionada por cada uno de ellos y las precisiones que proporciona comparados con los resultados obtenidos con GNSS. El número total de ortofotos georeferenciadas es de 1177, cada uno de las imágenes están geotiquetadas, en formato (.JGP), como información tiene fecha y hora de la captura de la imagen, tipo de pixel, tamaño de la imagen, tipo de cámara que tomó, fabricante del equipo, coordenadas geográficas, dimensiones, tamaño, alto, ancho, resolución horizontal, resolución vertical, profundidad de bits, representación de color, profundidad. Se presenta el Pix4D, las especificaciones técnicas, procesador, memoria, tarjeta gráfica, la metodología de procesamiento y al final los resultados que se obtuvieron; El trabajo en Pix4D son tales como: Licencia de prueba del software Pix4D, es de licencia educativa para el procesamiento de datos, los cuales el software nos proporciona sin límites, las opciones y parámetros de procesamiento (Pix4D, 2021).

3.4.5.2. Parámetros preliminares de procesamiento

El procesamiento se inició con la del programa desde la página principal pix4d.com, el procedimiento inicia con la descarga suscripción a través de un correo electrónico y con ello posteriormente se accedió al programa (Pix4D, 2021).

Figura 29

Software Pix4D.



Nota: Licencia educacional del Pix4D (Pix4D, 2021).

Luego de su instalación del software se procede a configurar el idioma al “ESPAÑOL”, para poder adaptarse y tener comodidad para su mejor uso.

Figura 30

Configuración del idioma del Pix4D.



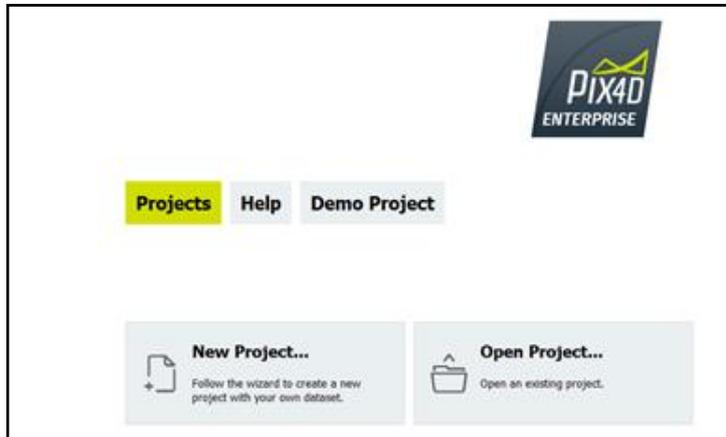
Nota: Configuración del idioma del Pix4D.

La ventana principal abrir “New Project”, esto abre una ventana en donde se establece el guardado del proyecto, se direcciona en el disco local “C”; la denominación

el nombre del documento es “PY_TESIS”. Con ello tenemos el archivo para empezar la configuración.

Figura 31

Entorno del Pix4D.

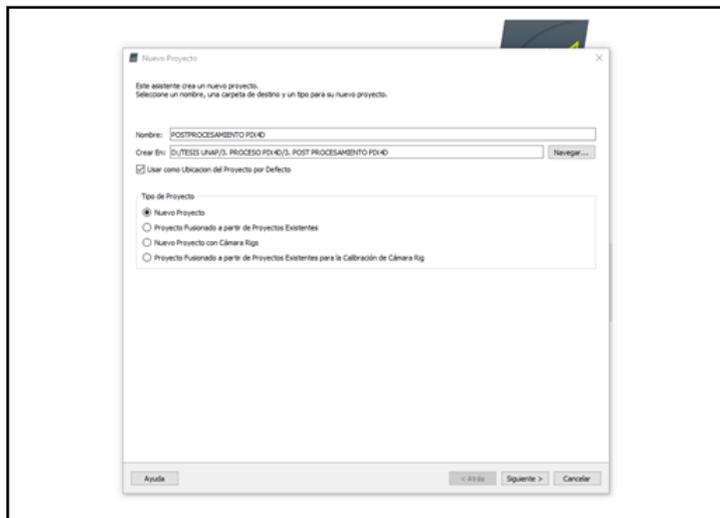


Nota: Entorno de la pantalla de inicio del Pix4D.

Se coloca el nombre del proyecto y elegimos la carpeta donde se guardará el proyecto.

Figura 32

Creación del nuevo proyecto.

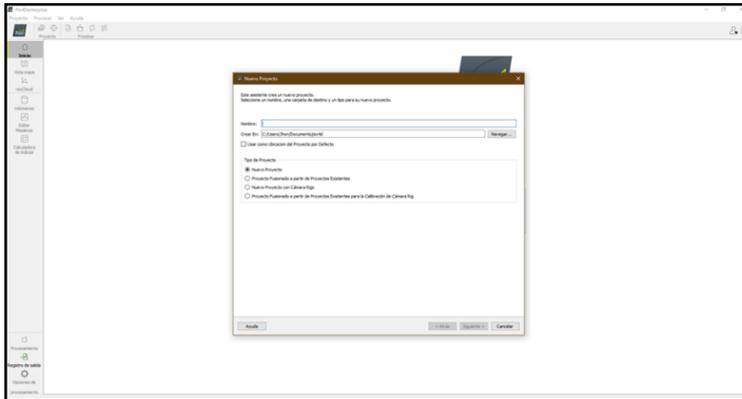


Nota: Creación del nuevo proyecto en el software Pix4D.

Posterior a esto se procede a cargar las ortofotos que se van a procesar en el software Pix4D.

Figura 33

Denominación del proyecto.

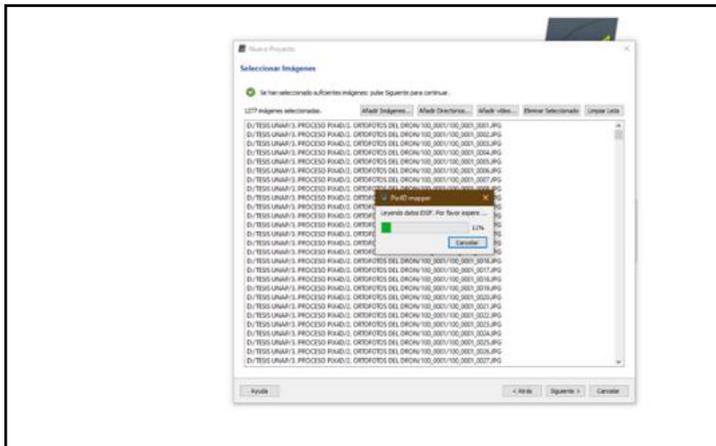


Nota: Nombre del proyecto.

Nos aparece la ventana de toda la lista de ortofotos cargados al programa desde la carpeta donde se tiene guardado las imágenes obtenidas con el Dron Phantom 4 RTK.

Figura 34

Selección de ortofotos.

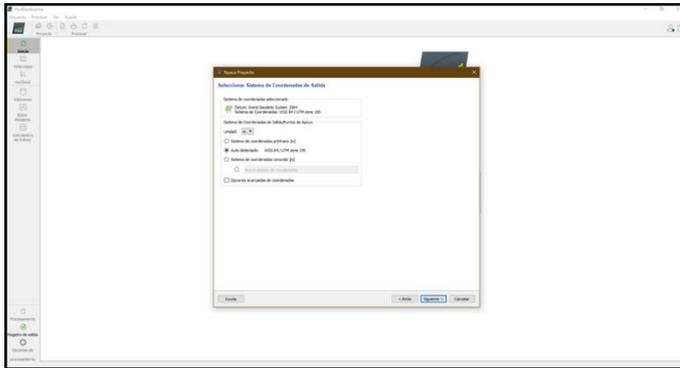


Nota: Selección de ortofotos y cargado.

En seguida, de la amplia y extensa lista de coordenadas en su base de datos, accedemos a la configuración de las propiedades de procesamiento, lo fundamental es cambio de las coordenadas de salida en “WGS84 UTM zona 19 sur”, unidades métricas, también cambiamos los parámetros de precisión a “0.02 m”, tanto para la precisión horizontal y la vertical.

Figura 35

Sistema de coordenadas de salida.

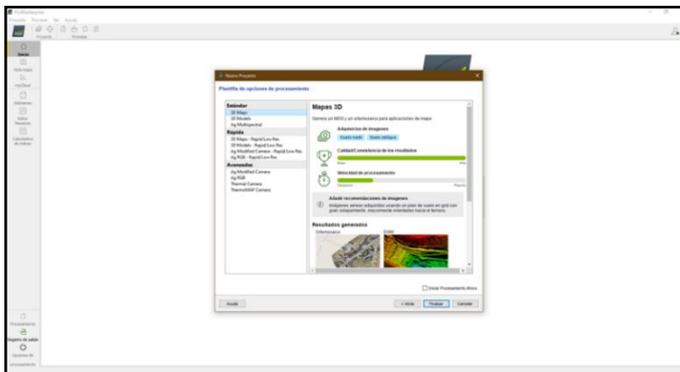


Nota: Selección de sistema de coordenadas de salida.

La configuración de los parámetros preliminares termina con la pantalla de procesamiento, en donde se seleccionó en estándar, seleccionar en 3D Maps, por el tipo de modelo y plantilla que tiene predeterminado dicho software.

Figura 36

Plantilla de opciones de procesamiento.

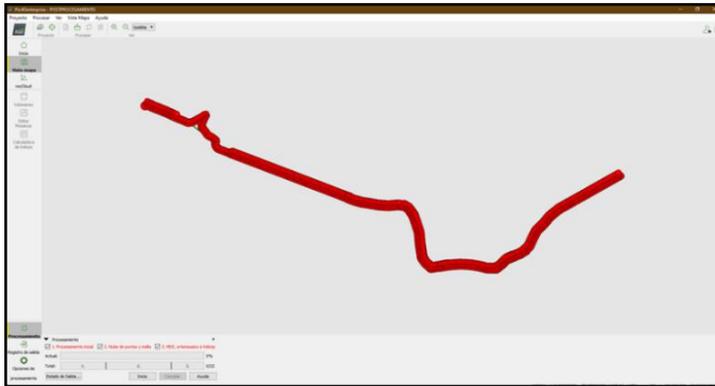


Nota: selección de plantilla para opciones de procesamiento.

Luego de todas las configuraciones realizadas en el Software se aprecia la vista previa del levantamiento realizado en la carretera Totorani- Tiquillaca.

Figura 37

Ortofotos cargadas en el Pix4D.

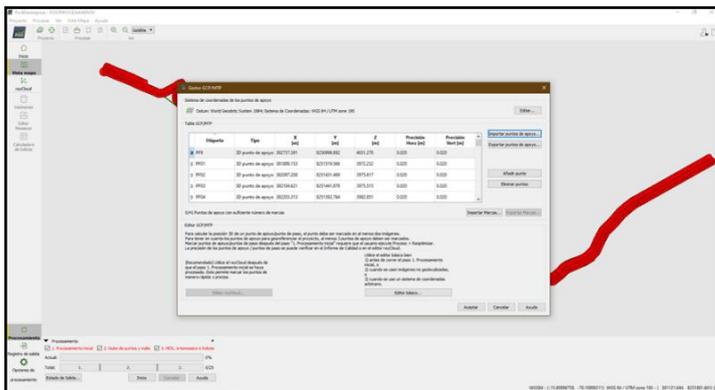


Nota: Ortofotos cargadas en el software Pix4D.

En este paso del procesamiento de la información se procede a importar los puntos de fotocontrol de acuerdo al procesamiento obtenido con los receptores GNSS.

Figura 38

Importación de los puntos de fotocontrol.

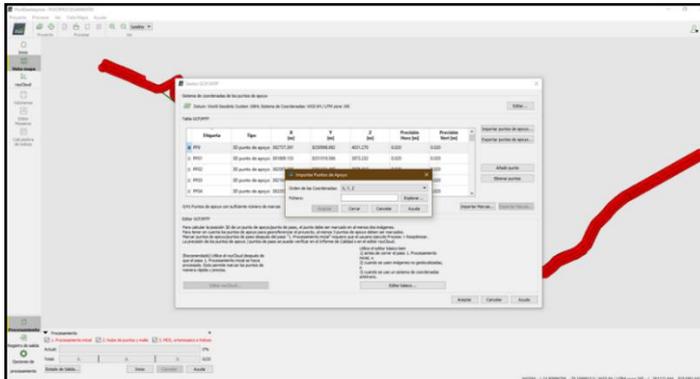


Nota: Importación de los puntos de fotocontrol tomadas en modo RTK.

Posterior a este proceso se realiza la verificación de los datos .txt y se configura según al formato existente, así mismo se aprecia los puntos y una vez establecidos los parámetros establecidos.

Figura 39

Puntos de fotocontrol.

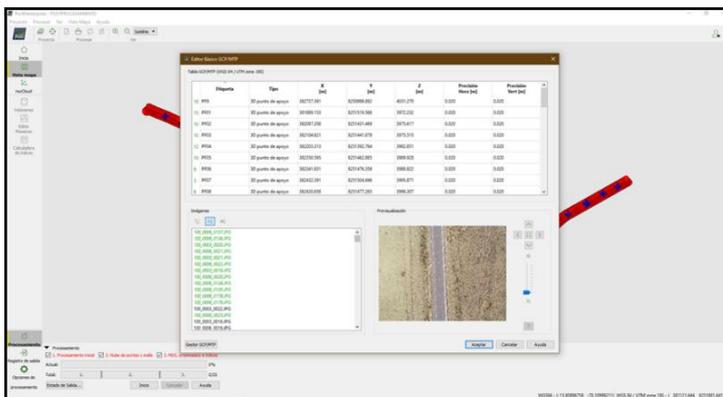


Nota: Configuración de los puntos de fotocontrol.

Así mismo los parámetros de precisión horizontal y vertical se estableció de 0.02 m para evitar mayores errores.

Figura 40

Ajuste de los puntos de fotocontrol en las ortofotos.

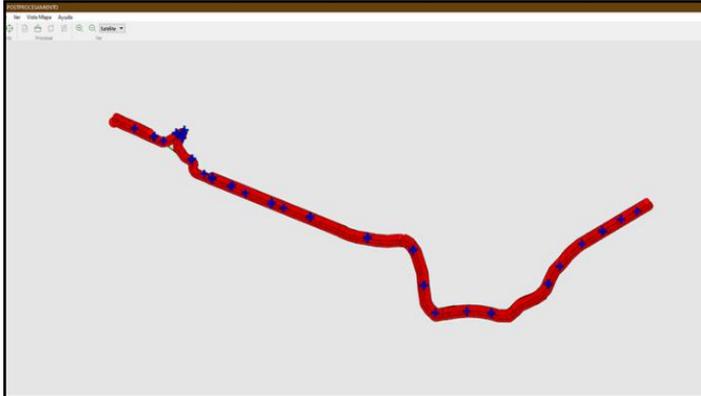


Nota: Aplicación de los puntos de fotocontrol en las ortofotos.

Finalmente se verifica con los puntos azules, los puntos importados de todo el proyecto con ello se inicia los ajustes a las ortofotos.

Figura 41

Ajuste de los puntos en todas las ortofotos.

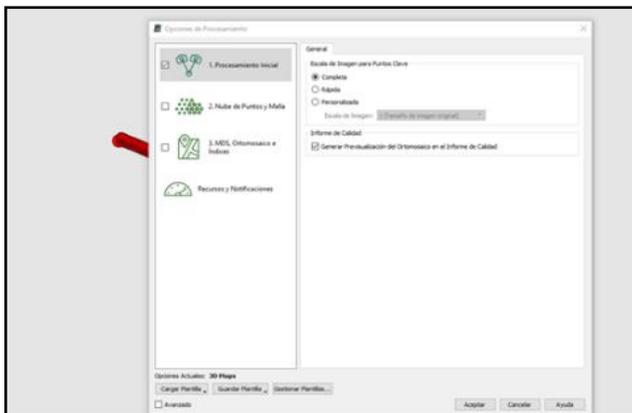


Nota: Ajuste de los puntos en todas las ortofotos.

Preliminarmente procedemos a las configuraciones del (Procesamiento inicial), en donde se cambian las siguientes configuraciones generales, se estableció en modo completo o (full) y se autoriza generar el reporte del primer paso para poder verificar la información.

Figura 42

Opciones del procesamiento inicial.



Nota: Configuración de opciones del procesamiento inicial.

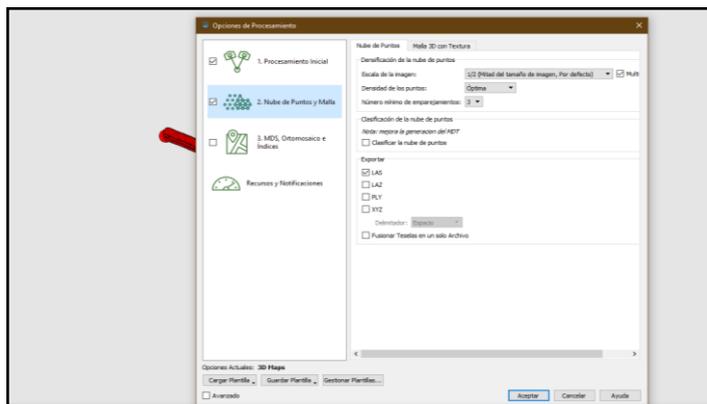
Finalmente, en esta primera parte le damos en aceptar y obtenemos el procesamiento inicial después de la respuesta de la laptop.

3.4.5.3. Creación de la nube densa de puntos y malla

En el procedimiento 2 (paso 2) se realizó la configuración de los parámetros en la creación, la creación de point cloud, Las configuraciones para la densificación de los puntos y la malla 3D textualizado, la cantidad mínima de coincidencias entre fotografías para que sea agregado a la nube.

Figura 43

Configuración de nube de puntos y malla.

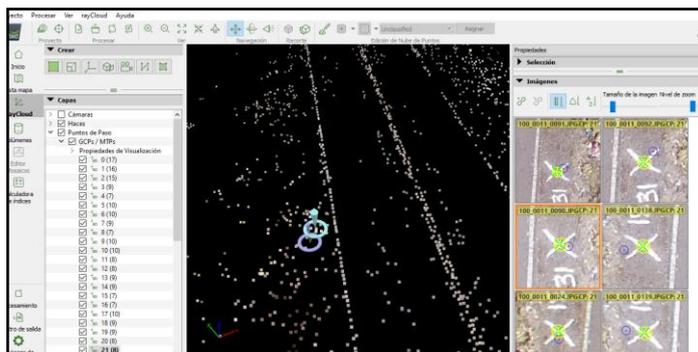


Nota: Opciones de configuración de nube de puntos y malla.

En la zona de densificación de puntos, elegimos por defecto (1/2 mitad del tamaño de la imagen); densificación de la nube de puntos dejamos en (medio) con el propósito de mejorar los resultados de procesamiento, el Número mínimo de emparejamiento es de tres (03) esto ayuda en el mejoramiento y ajuste; En este apartado se realiza el ajuste de las ortofotos con los puntos de fotocontrol cargados en el anterior proceso.

Figura 44

Ajuste de ortofotos con PFC.



Nota: Ajuste de ortofotos con los puntos de fotocontrol.

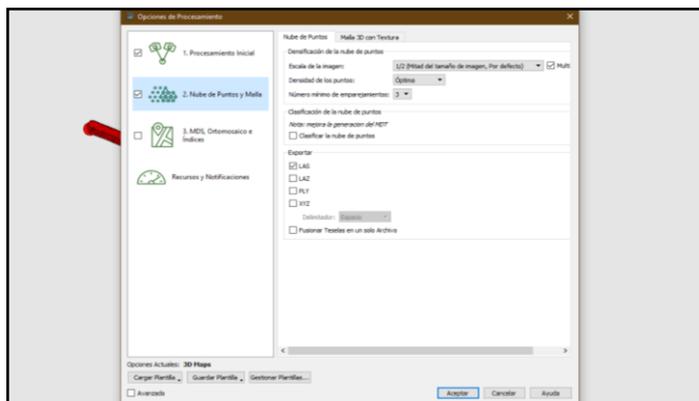
Clasificación de la nube de puntos para la clasificación de nube de puntos le vamos a permitir que el software se realice el trabajo porque la clasificación será manualmente. Al momento de la exportación del procesamiento se elige el formato (.LAS), nube de puntos exportado en colores y clasificada; una vez configurado con todos estos datos aceptamos y posterior a ello iniciamos a ajustar los puntos. Los formatos de salida seleccionamos para exportar la malla de textura 3D en formato: FBX, DXF, OBJ, PDF 3D.

Así mismo se permitió elegir el tamaño de las ventanas de emparejamiento, en este proyecto el tamaño de pixel es 1.89 cm/pixel, opciones procesamiento rápido y la orientación.

La clasificación de puntos se separó (árboles, edificaciones, vehículos, entre otros).

Figura 45

Opciones de configuración de la nube de puntos.



Nota: Selección de opciones de configuración de la nube densa de puntos.

3.4.5.4. Procesamiento de DSM, Ortomosaico e Índices (paso 3)

En esta etapa del proceso son creados el modelo digital de superficie (DSM) en diferentes formatos de salida, el mapa de reflectancia, el ortomosaico y el mapa de índices del proyecto. En la pestaña de MDS y Ortomosaico, es la etapa final del procesamiento,

cambiamos algunos parámetros de salida de nuestros resultados y de ese modo obtener resultados indispensables.

Antes de ello debemos corregir la altitud media de los puntos vecinos a ello se le denominad (filtrado por ruido), con el propósito de disminuir errores que pudiese haber encontrado sea un caso excepcional, así mismo con ellos se corrigen algunas perturbaciones erróneas, el suavizado y secciones adecuadas.

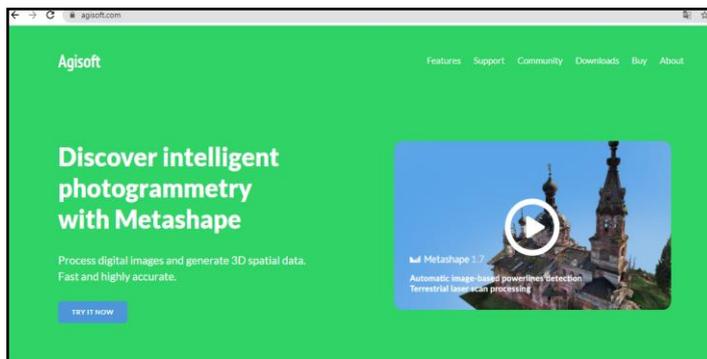
El software a la misma ves permite configurar el GeoTIFF está activo por defecto; el cual permite guardar el archivo en un formato GeoTIFF debido que la mayor parte de los proyectos se dividen en teselas. El método a usar para la generación del DSM el tiempo de procesamiento es sinónimo de calidad de los resultados.

3.4.5.5. Procesamiento en Agisoft Metashape

Se inicia primeramente con la búsqueda y descarga del programa desde agisoft.com desde la plataforma en línea que lleva el programa.

Figura 46

Software Agisoft Metashape.

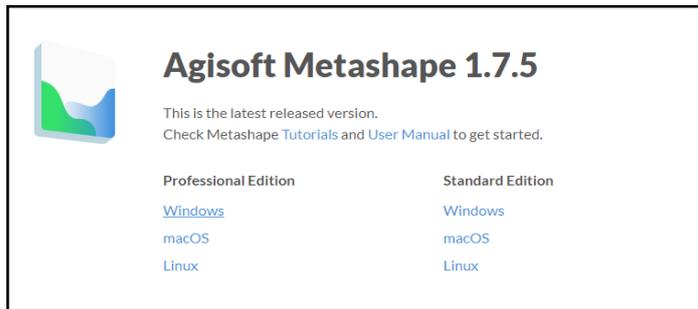


Nota: Entorno del software Agisoft Metashape.

Posteriormente se realiza la descarga del programa profesional en la versión 1.7.5 actualizado recientemente, seleccionamos el sistema operativo Windows 10 de 64 bits.

Figura 47

Versión del Agisoft Metashape.

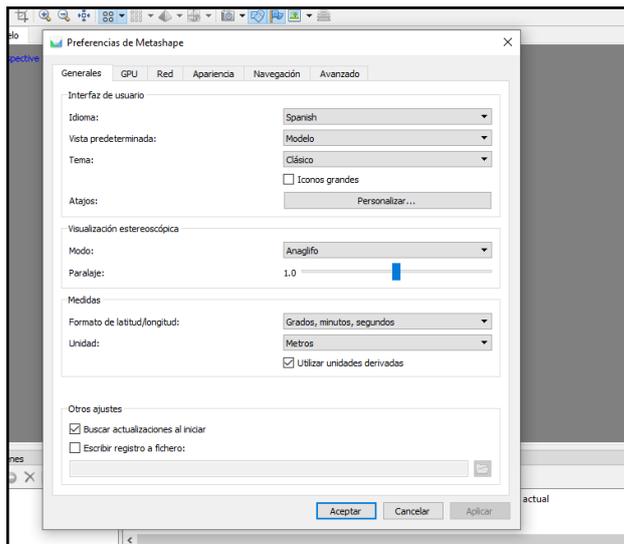


Nota: Versión educativa del Agisoft Metashape.

Abrimos el programa e iniciamos con las configuraciones básicas para personalizar las configuraciones y mejoras del programa.

Figura 48

Configuración del idioma.

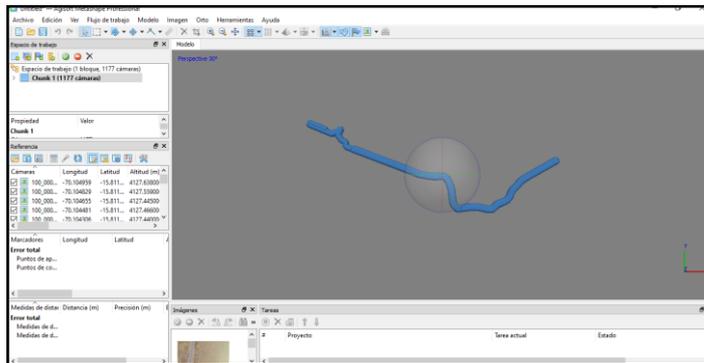


Nota: Selección del idioma.

Con todas las configuraciones realizados, se procedió a cargar las ortofotos tomadas por el dron, con las mismas coordenadas geográficas proporcionado por el equipo. En la vista principal del programa podemos apreciar las coordenadas, ubicación de ortofotos, y parte de las opciones de configuración.

Figura 49

Ortofotos en el Agisoft Metashape.

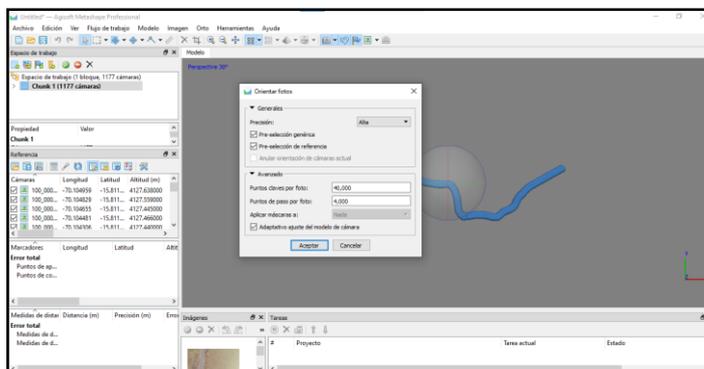


Nota: Ortofotos cargadas al entorno de Agisoft Metashape.

Se inició con el primer procesamiento de la información, desde el menú de herramientas, seleccionar orientar fotos, cambiamos a la precisión (Media), y las demás configuraciones dejamos por defecto, esperamos la respuesta de maquina hasta que pudo orientar las ortofotos de la manera más adecuada y precisa posible.

Figura 50

Orientación de las ortofotos.

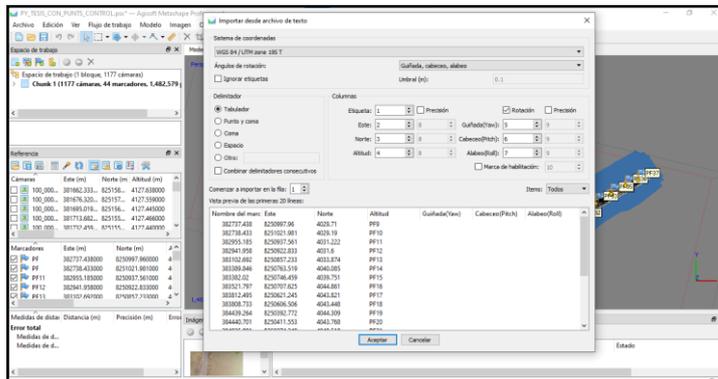


Nota: Configuración de orientación de las ortofotos.

Concluidos con la orientación de las ortofotos, se procedió a la importación de los puntos de fotocontrol, en la vista principal se configura la celda según al orden que se tiene y como corresponde, también se configuró el sistema de coordenadas con el cual se han tomado los puntos con el receptor GNSS, con el objetivo de poder mejorar las precisiones de todo el sistema de programas que se tiene.

Figura 51

Importación de los puntos de fotocontrol.

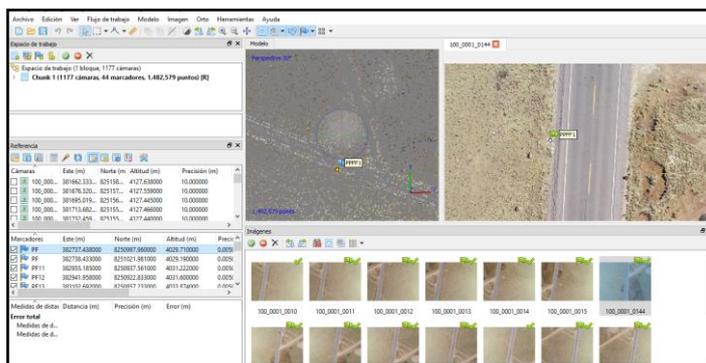


Nota: Importación y cambio de parámetros de los puntos de fotocontrol.

Después de tener los puntos, seleccionar un punto de referencia y presionar en la opción filtrar fotos por punto, desde esa opción se verificó cada ortofoto y ubicar el punto en el centro de la marca con yeso realizado para evitar los desplazamientos que pudiese ocasionar algunos fenómenos físicos y químicos en el plan de vuelo ejecutado durante la toma de información.

Figura 52

Ajuste de los puntos de fotocontrol en las ortofotos.

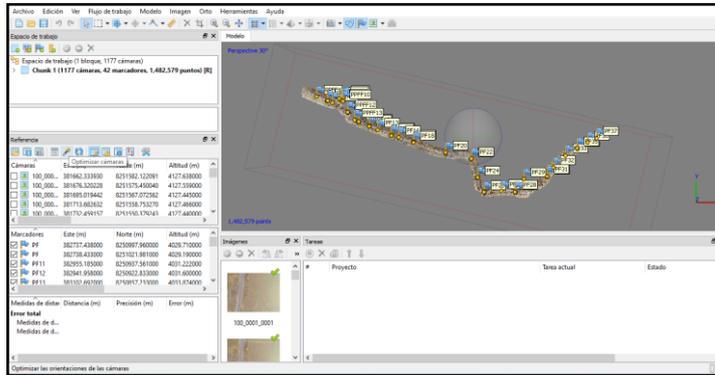


Nota: Ajuste de los puntos de fotocontrol en las ortofotos.

Luego optimizamos los cálculos de orientaciones con los puntos introducidos, se produjo el ajuste optimizando las cámaras y darle en aceptar, posterior a esto esperar la respuesta de máquina, como se muestra en la figura 53.

Figura 53

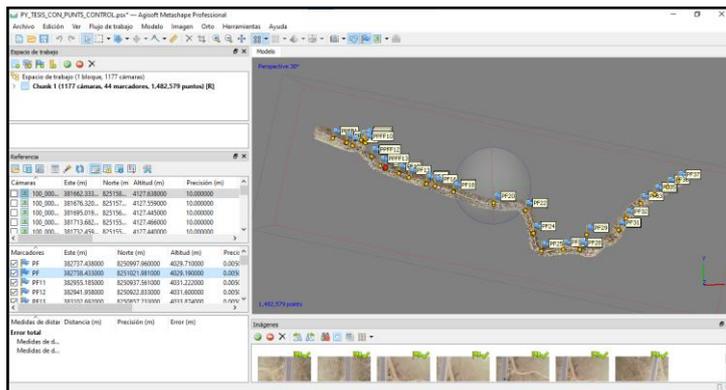
Ajuste de todos los puntos de fotocontrol en las ortofotos.



Nota: Ajuste de todos los puntos de fotocontrol en las ortofotos.

Figura 54

Precisiones de los puntos de fotocontrol respecto a las ortofotos.

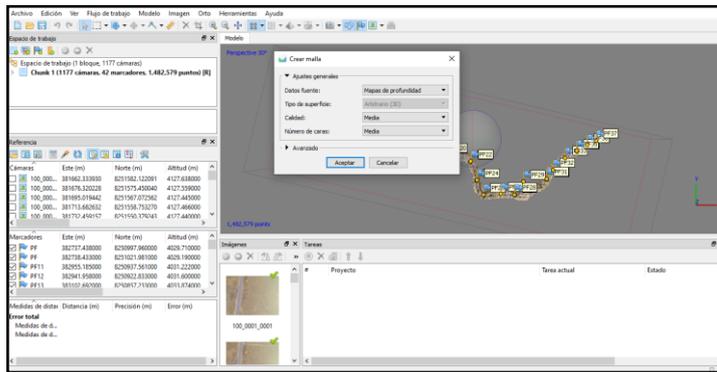


Nota: Ajuste de todos los puntos de fotocontrol en las ortofotos.

Después de aplicar en todo los puntos y las ortofotos, desde la vista de herramientas, seleccionamos crear nube densa de puntos; configuración de calidad en (Media), y en las opciones avanzadas seleccionamos en (Agresivo), clic en (aceptar) y esperamos la respuesta posterior a ello seguimos en la opción de herramientas y le damos (crear malla), para que la nube densa de puntos vaya dándose forma toda la superficie de la vía de estudio de la carretera, se ha configurado como se muestra en la figura 55.

Figura 55

Creación y configuración de la malla.

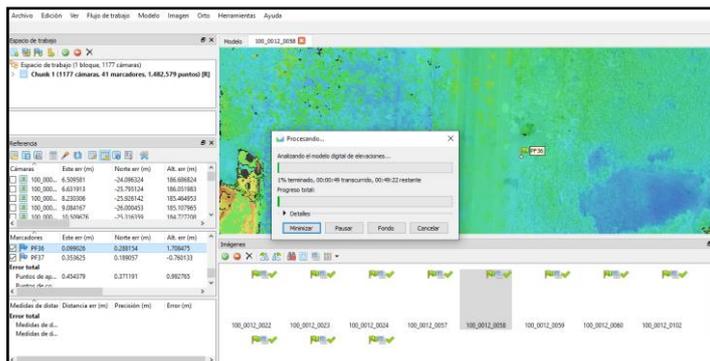


Nota: Creación y configuración de la malla.

En seguida se ha creado el modelo digital de elevaciones, seguido a esto se creó la ortofoto.

Figura 56

Procesamiento del modelo digital de elevaciones.

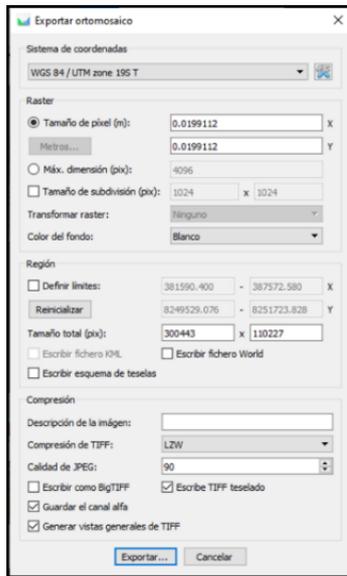


Nota: Procesamiento del modelo digital de elevaciones.

Concluido todo ello se inicia con la exportación de los resultados obtenidos del programa como: modelo digital de elevación, modelo digital de superficie, Ortofoto, curvas de nivel, nube densa de puntos en formato (.las) para el modelado en otros softwares si el caso sea necesario.

Figura 57

Exportación del ortomosaico.



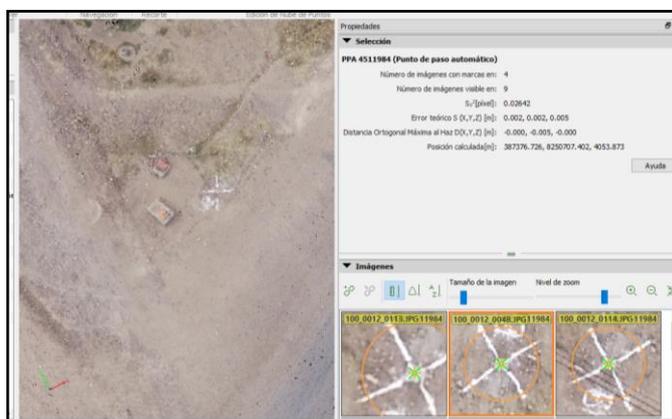
Nota: Exportación del ortomosaico.

Finalmente, Luego de culminar el postproceso de generación de la nube densa de puntos y el ortomosaico en el software Pix4D y Agisoft Metashape, se inicia la extracción de las coordenadas de los puntos geodésicos y BM's establecidos a lo largo de la carretera, este proceso se realizó con el objetivo de comparar los desplazamientos (X, Y, Z) respecto a las coordenadas obtenidas con el receptor GNSS.

Desde la opción de "Información" del Pix4D se extrae las coordenadas.

Figura 58

Extracción de coordenadas del Pix4D.

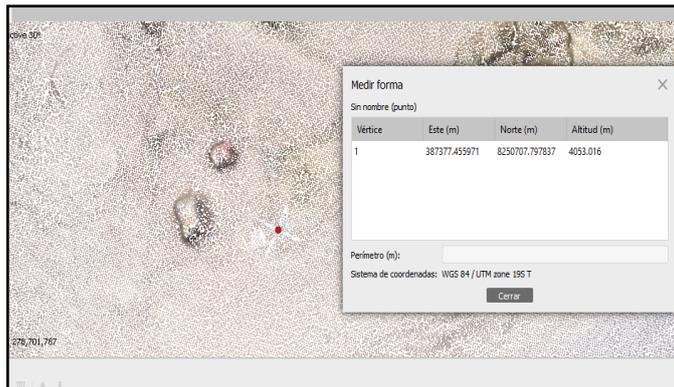


Nota: Ventana de extracción de coordenadas del software Pix4D.

En esta ventana se puede apreciar las coordenadas y la vista de la ortofoto establecido físicamente en el terreno marcado con yeso. Así mismo también en el software Agisoft Metashape se extrae las coordenadas en la misma ventana copiando las coordenadas para su posterior comparación.

Figura 59

Vista de coordenadas con el Software Agisoft Metashape.



Nota: Ventana de extracción de coordenadas del software Agisoft Metashape.

3.5. PROCEDIMIENTO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

Así mismo luego de terminar el postproceso de la generación de la nube densa de puntos y el ortomosaico en el software Pix4D y Agisoft Metashape. Se extrae del informe de calidad la información del tiempo de cada una de las etapas del proceso, dicha información ubicada en los Anexos 6 y 7 respectivamente.

Cabe mencionar que se realizaron varias repeticiones de las que se obtuvieron distintos informes de calidad en total se realizaron 05(cinco) pruebas.

3.6. PROCEDIMIENTO PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO

Para la obtención de los tamaños de pixeles se han extraído desde el informe de procesamiento que fue proporcionado por los software Pix4D Anexo 6 y Agisoft Metashape Anexo 7. Para dar mayor credibilidad se han registrado a la misma ves cinco pruebas de los cuales se han estudiado con los promedios de los resultados.

Figura 60

Ortomosaico del Pix4D.



Nota: Ortomosaico generado en el Pix4D.

Figura 61

Ortomosaico del Agisoft Metashape.



Nota: Ortomosaico generado en el Agisoft Metashape.

Se debe tener en cuenta que el procedimiento empleado en el primer objetivo específico es parte del segundo y tercer objetivo. Es el motivo por el cual no se volvió a considerar el procedimiento para no redundar en lo mismo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

Tabla 6

Coordenadas obtenidos con el receptor GNSS.

Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
01	387,377.181	8,250,706.908	4,054.051	PUN01163
02	384,819.544	8,250,389.530	4,046.298	PUN01164
03	381,898.251	8,251,535.871	3,972.520	PUN01165
04	387,206.748	8,250,589.047	4,056.026	PCG01
05	385,018.110	8,250,173.556	4,055.779	PCG02
06	382,218.786	8,251,408.442	3,982.060	PCG03
07	382,737.431	8,250,997.932	4,029.738	BM1
08	382,218.895	8,251,406.701	3,981.780	BM2
09	382,363.262	8,251,337.470	4,001.803	BM3
10	382,638.823	8,251,040.487	4,026.306	BM4
11	383,106.190	8,250,875.788	4,033.525	BM5
12	383,513.356	8,250,694.800	4,044.773	BM6
13	384,073.967	8,250,498.167	4,045.127	BM7
14	385,017.891	8,250,173.236	4,051.654	BM8
15	385,176.537	8,249,617.703	4,064.932	BM9
16	385,531.448	8,249,663.258	4,070.676	BM10
17	386,104.862	8,249,727.851	4,073.226	BM11
18	386,530.591	8,250,132.968	4,064.936	BM12
19	386,775.387	8,250,363.100	4,061.469	BM13
20	387,206.780	8,250,589.098	4,056.037	BM14

Nota: Coordenadas Este, Norte y Cota obtenidos con el receptor GNSS.

Así mismo también se han extraído coordenadas (X,Y,Z) Procedente del software Pix4D, resultado de la extracción de la nube densa de punto los cuales los que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7*Coordenadas Obtenidas del software Pix4D.*

Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
01	387,376.756	8,250,707.417	4,053.871	PUN01163
02	384,819.232	8,250,390.172	4,047.249	PUN01164
03	381,898.542	8,251,536.439	3,973.572	PUN01165
04	387,207.862	8,250,589.984	4,057.286	PCG01
05	385,017.618	8,250,173.938	4,056.571	PCG02
06	382,219.180	8,251,407.819	3,982.980	PCG03
07	382,737.760	8,250,998.577	4,028.302	BM1
08	382,218.826	8,251,406.900	3,980.272	BM2
09	382,362.397	8,251,337.180	4,001.343	BM3
10	382,638.066	8,251,040.842	4,026.670	BM4
11	383,106.229	8,250,876.743	4,032.135	BM5
12	383,512.401	8,250,695.196	4,043.054	BM6
13	384,074.419	8,250,498.369	4,044.120	BM7
14	385,018.027	8,250,173.135	4,050.373	BM8
15	385,176.695	8,249,617.600	4,063.430	BM9
16	385,531.426	8,249,663.315	4,068.930	BM10
17	386,105.286	8,249,727.937	4,073.572	BM11
18	386,530.917	8,250,133.000	4,065.502	BM12
19	386,775.539	8,250,363.175	4,062.293	BM13
20	387,206.316	8,250,589.494	4,055.805	BM14

Nota: Coordenadas Este, Norte y Cota obtenidos del software Pix4D.

A la misma vez se han extraído coordenadas (X,Y,Z) Procedente del software Agisoft Metashape, resultado de la extracción de la nube densa de puntos los que se muestran en la tabla 8

Tabla 8

Coordenadas obtenidas con el software Agisoft Metashape.

Nº	Este(m)	Norte(m)	Cota(m)	Descripción
01	387,377.445	8,250,707.757	4,052.935	PUN01163
02	384,819.275	8,250,390.455	4,045.963	PUN01164
03	381,898.542	8,251,536.086	3,972.254	PUN01165
04	387,208.293	8,250,588.261	4,056.827	PCG01
05	385,019.538	8,250,174.862	4,055.186	PCG02
06	382,219.483	8,251,408.963	3,983.054	PCG03
07	382,737.413	8,250,998.765	4,031.560	BM1
08	382,218.786	8,251,408.442	3,982.061	BM2
09	382,362.457	8,251,337.096	4,002.671	BM3
10	382,639.045	8,251,041.958	4,028.095	BM4
11	383,106.937	8,250,876.812	4,034.650	BM5
12	383,514.084	8,250,696.003	4,045.451	BM6
13	384,074.206	8,250,499.277	4,046.515	BM7
14	385,018.073	8,250,173.591	4,052.779	BM8
15	385,176.473	8,249,618.448	4,064.410	BM9
16	385,531.358	8,249,664.303	4,072.394	BM10
17	386,104.291	8,249,728.516	4,074.986	BM11
18	386,530.561	8,250,133.950	4,064.622	BM12
19	386,775.500	8,250,364.026	4,062.785	BM13
20	387,206.745	8,250,590.195	4,054.790	BM14

Nota: Coordenadas Este, Norte y Cota obtenido del software Agisoft Metashape.

4.1.1. Diferencias y desplazamiento de las coordenadas.

Comparación de desplazamientos del receptor GNSS respecto al software Pix4D y Agisoft Metashape.

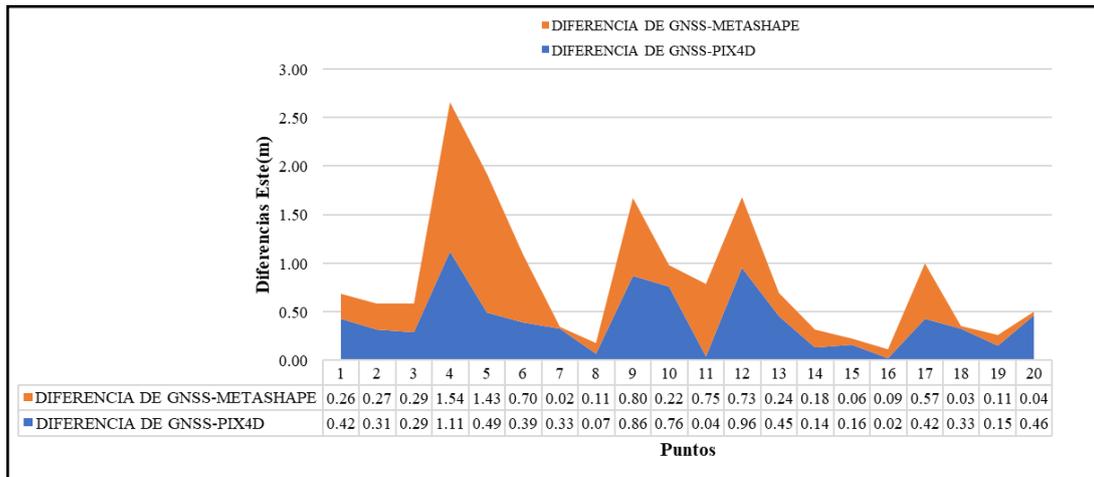
Tabla 9*Diferencia de desplazamientos (X, Y, Z).*

Nº	GNSS-PIX4D			GNSS-METASHAPE		
	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$	$\Delta Z(m)$	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$	$\Delta Z(m)$
01	0.420	0.510	0.180	0.260	0.850	1.120
02	0.310	0.640	0.950	0.270	0.920	0.330
03	0.290	0.570	1.050	0.290	0.210	0.270
04	1.110	0.940	1.260	1.540	0.790	0.800
05	0.490	0.380	0.790	1.430	1.310	0.590
06	0.390	0.620	0.920	0.700	0.520	0.990
07	0.330	0.640	1.440	0.020	0.830	1.820
08	0.070	0.200	1.510	0.110	1.740	0.280
09	0.860	0.290	0.460	0.800	0.370	0.870
10	0.760	0.360	0.360	0.220	1.470	1.790
11	0.040	0.960	1.390	0.750	1.020	1.130
12	0.960	0.400	1.720	0.730	1.200	0.680
13	0.450	0.200	1.010	0.240	1.110	1.390
14	0.140	0.100	1.280	0.180	0.360	1.130
15	0.160	0.100	1.500	0.060	0.750	0.520
16	0.020	0.060	1.750	0.090	1.040	1.720
17	0.420	0.090	0.350	0.570	0.670	1.760
18	0.330	0.030	0.570	0.030	0.980	0.310
19	0.150	0.080	0.820	0.110	0.930	1.320
20	0.460	0.400	0.230	0.040	1.100	1.250
Medias	0.408	0.379	0.977	0.422	0.909	1.004

Nota: Diferencia de desplazamientos en las coordenadas Este, Norte y Cota.

Figura 62

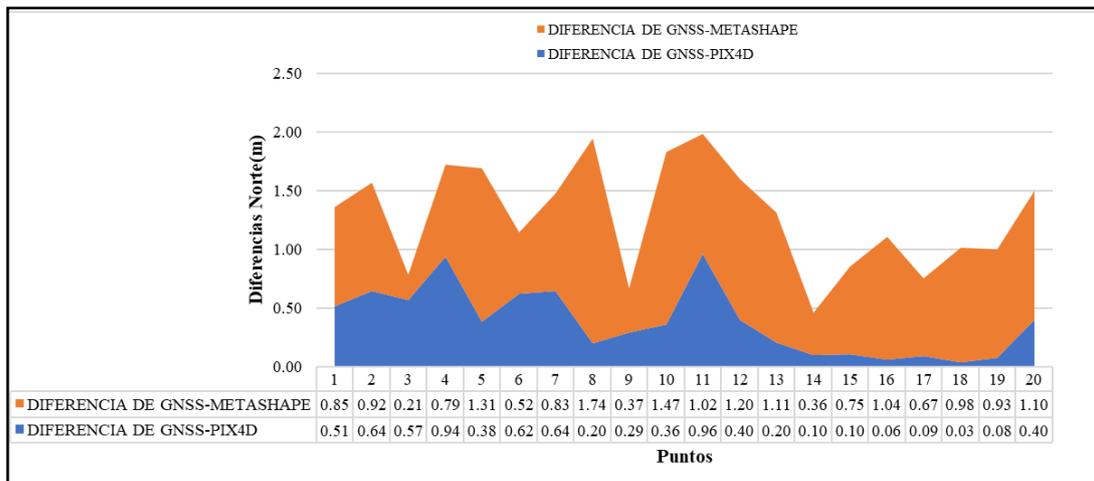
Desplazamientos en las coordenadas Este.



Nota: En la figura 62 se muestran que los mayores desplazamientos en las coordenadas Este(X) se presentan en el software Agisoft Metashape respecto al Pix4D.

Figura 63

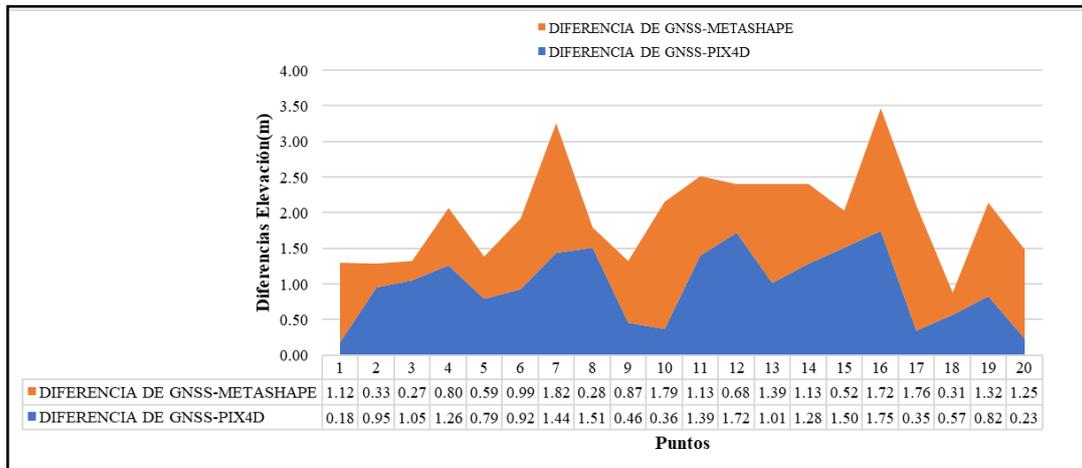
Desplazamientos en las coordenadas Norte.



Nota: En la figura 63 se muestran que los mayores desplazamientos en las coordenadas Norte (Y) se presentan en el software Agisoft Metashape respecto al Pix4D.

Figura 64

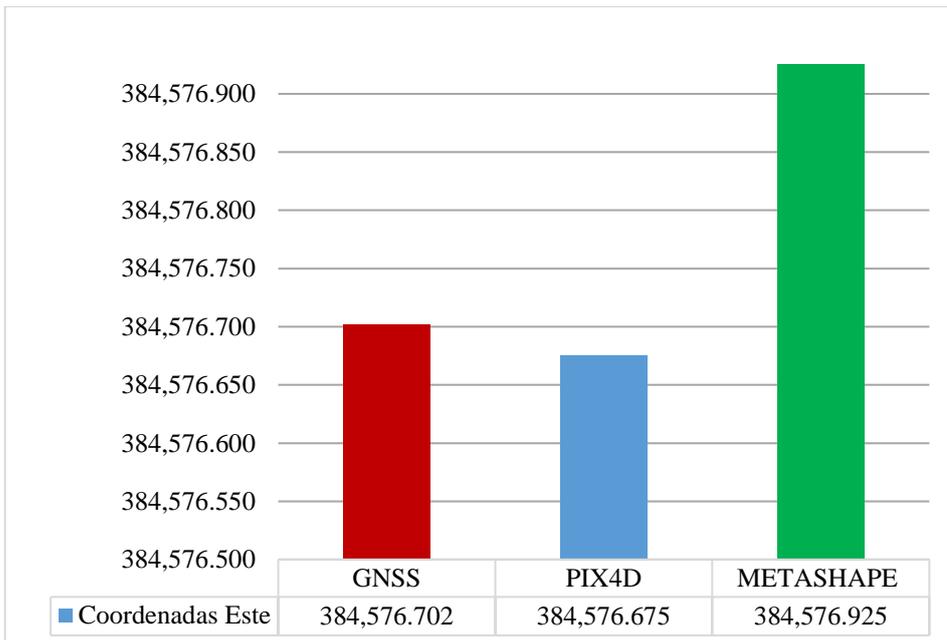
Desplazamiento en las Cotas.



Nota: En la figura 64 se muestran que los mayores desplazamientos en las cotas (Z) se presentan en el software Agisoft Metashape respecto al Pix4D.

Figura 65

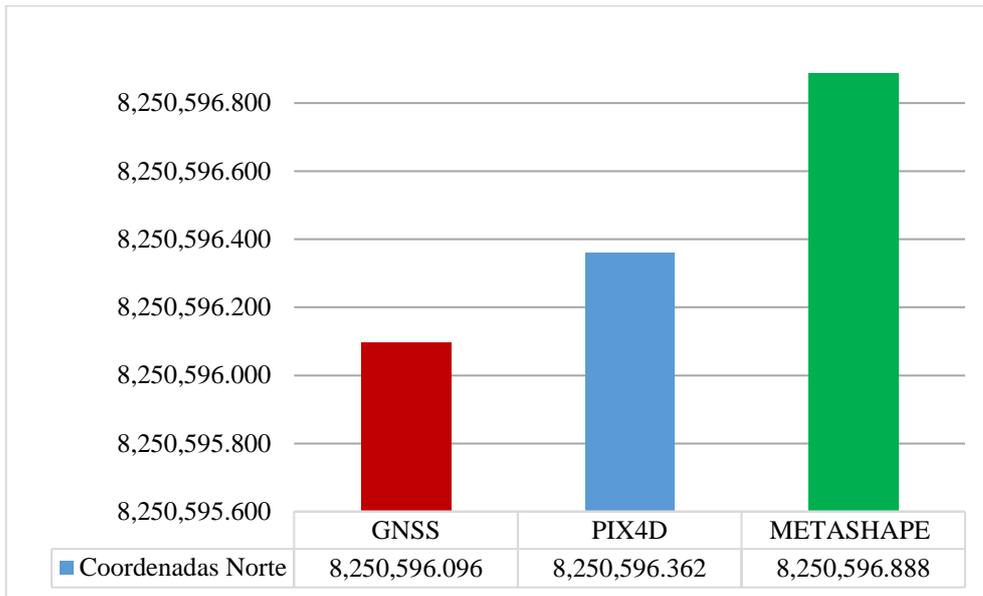
Medias de las coordenadas Este(X).



Nota: En la figura 65 se muestra las variaciones de las medias en las coordenadas Este.

Figura 66

Medias de las coordenadas Norte(Y).

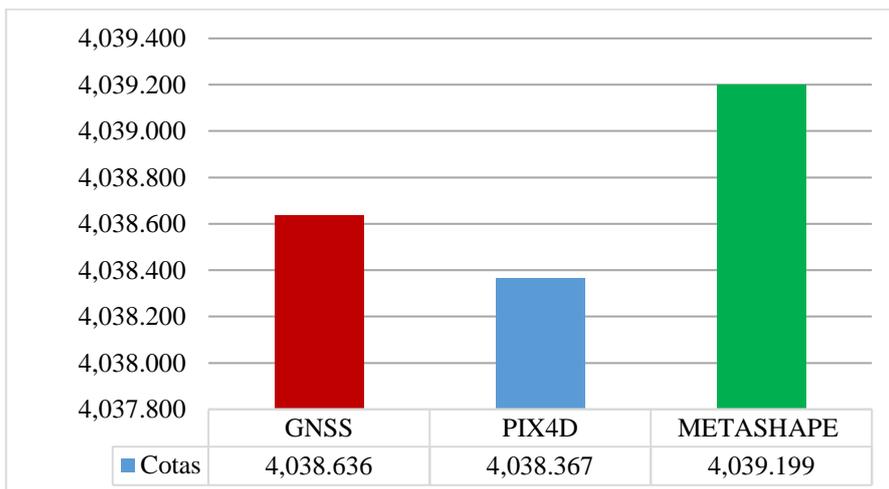


Nota: En la figura 66 se muestra las variaciones de las medias en las coordenadas Norte.

De la misma manera se realiza para las cotas se comparan las medias de los desplazamientos de las en (Z) del receptor GNSS respecto a los softwares.

Figura 67

Medias de las Cotas (Z).



Nota: En la figura 67 se muestra las variaciones de las medias en las Cotas.

4.2. RESULTADO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

La metodología que se aplicó para lograr el segundo objetivo específico es basarse en los reportes de calidad proporcionados por el software Pix4D Anexo 6 y Agisoft Metashape Anexo 7.

Se muestra en la tabla 13 los tiempos de postprocesamiento en el software Pix4D.

Tabla 10

Tiempos de postprocesamiento del Pix4D.

Procesos	SOFTWARE PIX4D					Promedio
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	
Procesamiento inicial	4:46:28	4:49:42	4:41:05	4:47:23	4:46:52	4:46:24
Nube Densa de puntos y Malla	9:05:24	9:13:35	9:08:26	9:12:33	9:09:38	9:05:21
MDS, Mosaico e índices	13:39:46	13:35:26	13:29:40	13:33:41	13:38:55	13:39:59
Tiempo total	27:31:38	27:38:43	27:19:11	27:33:37	27:35:25	27:31:43

Nota: Tiempo total de postprocesamiento de datos con el software Pix4D.

Tabla 11

Tiempos del postprocesamiento del Agisoft Metashape.

Procesos	SOFTWARE AGISOFT METASHAPE					Promedio
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	
Tiempo de orientación	3:51:57	3:14:39	3:52:28	3:53:43	3:54:41	3:51:29
Mapas de profundidad	3:31:03	3:36:35	3:35:54	3:39:42	3:42:47	3:31:52
Nube de puntos Densa	15:14:46	15:19:38	15:12:42	15:16:35	15:19:25	15:14:08
Duración del procesamiento	5:33:57	5:32:56	5:29:57	5:31:40	5:29:40	5:33:29
Tiempo total	28:11:43	27:43:48	28:11:01	28:21:40	28:26:33	28:10:57

Nota: Tiempo total de postprocesamiento de datos con el software Agisoft Metashape.

Se aprecia los tiempos de postprocesamiento y las medias en cada uno de los software se han medidos en horas, minutos y segundos.

Tabla 12

Tiempos de proceso del Pix4D.

PIX4D	
PROCESO	TIEMPO
Procesamiento inicial	4:46:24 Hrs.
Nube Densa de puntos y Malla	9:05:21 Hrs.
MDS, Mosaico e índices	13:39:59 Hrs.
Tiempo total	27:31:43 Hrs.
Tiempo total en horas	27.52861 Hrs.

Nota: Tiempo de procesamiento del software Pix4D.

Tabla 13

Tiempos de proceso del Agisoft Metashape.

METASHAPE	
PROCESO	TIEMPO
Tiempo de orientación	3:51:29 Hrs.
Mapas de profundidad	3:31:52 Hrs.
Nube de puntos Densa	15:14:08 Hrs.
Duración del procesamiento	5:33:29 Hrs.
Tiempo total	28:10:57 Hrs.
Tiempo total en horas	28.18250 Hrs.

Nota: Tiempo de procesamiento del software Agisoft Metashape.

Tabla 14

Resumen de tiempos en horas.

ESTADÍSTICA	
SOFTWARE	TIEMPO
PIX4D	27.52861 Hrs.
METASHAPE	28.1825 Hrs.

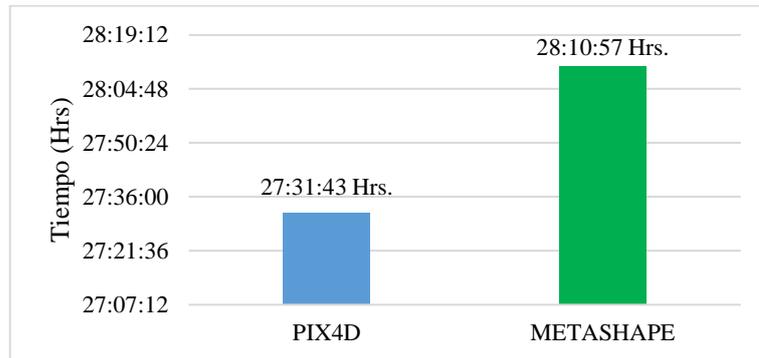
Nota: Resumen del tiempo de procesamiento de los software.

La diferencia en el procesamiento de tiempo es de 39 minutos con 14 segundos.

Los tiempos también se pueden visualizar en la siguiente figura 68.

Figura 68

Tiempos de postprocesamiento en los Softwares.



Nota: Tiempos de postprocesamiento en el software Pix4D y Agisoft Metashape.

4.3. RESULTADO PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO

EL Ortomosaico es el producto necesario para poder analizar; así mismo con el objetivo las características y presentación cartográfica; la resultante de todo el proceso desde donde se han exportado del software en formato TIFF, un formato con calidad óptimo, Finalmente la calidad del Ortomosaico presenta mínima diferencia en algunas zonas generados por cada uno de los programas, cabe mencionar que la ortofoto generada por el programa Pix4D tiene un contorno más definido a diferencia del programa Metashape con bordes irregularidades y cortes grotescas.

Tabla 15

Tamaño de pixel en el software Pix4D.

TAMAÑO DE PÍXELES SOFTWARE PIX4D					
Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Promedio
1.91	1.87	1.89	1.90	1.88	1.89

Nota: Tamaño de pixel realizado 5 veces de prueba.

Tabla 16

Tamaño de pixel en el software Agisoft Metashape.

TAMAÑO DE PÍXELES SOFTWARE AGISOFT					
Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Promedio

1.90	1.91	1.88	1.92	1.89	1.9
------	------	------	------	------	-----

Nota: Tamaño de pixel realizado 5 veces de prueba.

Tabla 17

Tamaño de pixeles.

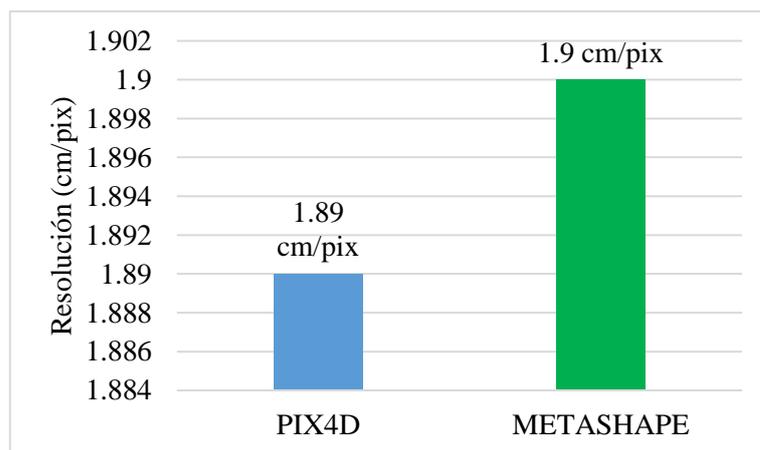
TAMAÑO DE PÍXELES	
PIX4D	1.89 cm/pixel
METASHAPE	1.9 cm/pixel

Nota: Tamaño de pixel de cada uno de los software.

Ambos programas presentables del proyecto existente en formato *.jpg* para su fácil comparación de los detalles se visualizan las ortofotos de ambos softwares adecuadamente. Al mismo tiempo también que se realizaron varias repeticiones las cuales fueron 5 en total para tener una mayor confiabilidad de los resultados obtenidos debido a que con una suela prueba no podríamos saber el tamaño del pixel por lo que se tuvo que realizar varios procesos con los mismos parámetros y configuraciones para no distorsionar la información al final en el reporte u informe.

Figura 69

Variaciones de los tamaños de pixel.



Nota: Se observa mejor resolución en el software Pix4D.

En la Figura 69. se puede visualizar que el menor tamaño de pixel se encuentra en el resultado del software Pix4D en comparación al Agisoft Metashape.



4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Análisis de desplazamiento (X,Y,Z) en el postproceso de datos obtenidos con el software Pix4D y Agisoft Metashape, en función a los datos del receptor GNSS (base de comparación), en donde se pudo conocer las coordenadas X,Y,Z de cada uno de los puntos a lo largo del tramo.

Es por eso que la estadística nos permite cuantificar el error que cometeremos al aceptar nuestros resultados obtenidos a partir de muestras; Hay dos tipos de estadística, la estadística descriptiva, que reúne un conjunto de técnicas que facilitan la organización, resumen y comunicación de datos; y la estadística inferencial, que permite hacer pruebas de contraste de hipótesis.

4.4.1. Hipótesis

H_0 = No existe diferencia significativa al comparar los desplazamientos (x,y,z) obtenidos en los software Pix4D y Agisoft Metashape con el dron Phantom 4 RTK en la carretera Emp. PE-3S (Puno) - Vilque – Mañazo –Emp. PE-34A (Huataquita).

H_1 = Existe diferencia significativa al comparar los desplazamientos (x,y,z) obtenidos en los software Pix4D y Agisoft Metashape con el dron Phantom 4 RTK en la carretera Emp. PE-3S (Puno) - Vilque – Mañazo –Emp. PE-34A (Huataquita).

4.4.2. Análisis Estadístico

Tabla 18

Coordenadas este(X).

Nº	GNSS	PIX4D	METASHAPE	DESCRIPCIÓN
01	387,377.181	387,376.756	387,377.445	PUN01163
02	384,819.544	384,819.232	384,819.275	PUN01164
03	381,898.251	381,898.542	381,898.542	PUN01165
04	387,206.748	387,207.862	387,208.293	PCG 01
05	385,018.110	385,017.618	385,019.538	PCG02
06	382,218.786	382,219.180	382,219.483	PCG03
07	382,737.431	382,737.760	382,737.413	BM1
08	382,218.895	382,218.826	382,218.786	BM2
09	382,363.262	382,362.397	382,362.457	BM3
10	382,638.823	382,638.066	382,639.045	BM4
11	383,106.190	383,106.229	383,106.937	BM5
12	383,513.356	383,512.401	383,514.084	BM6
13	384,073.967	384,074.419	384,074.206	BM7
14	385,017.891	385,018.027	385,018.073	BM8
15	385,176.537	385,176.695	385,176.473	BM9
16	385,531.448	385,531.426	385,531.358	BM10
Nº	GNSS	PIX4D	METASHAPE	DESCRIPCIÓN
17	386,104.862	386,105.286	386,104.291	BM11
18	386,530.591	386,530.917	386,530.561	BM12
19	386,775.387	386,775.539	386,775.500	BM13
20	387,206.780	387,206.316	387,206.745	BM14

Nota: Coordenadas procedentes del receptor GNSS, Pix4D y Agisoft Metashape.

Tabla 19

Anova de las coordenadas este.

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.756	2	0.378	0.000	1.000
Dentro de grupos	204793519.009	57	3592868.755		
Total	204793519.765	59			

Nota: Prueba estadística Anova de las coordenadas este.

En la tabla 19 el análisis estadístico ANOVA realizado con el apoyo de una hoja de cálculo, la significancia bilateral en nuestro proyecto de investigación es 1.000 mayor al valor del nivel de significancia de 5% (0.05), entonces se indica que se acepta la Hipótesis nula rechazándose la Hipótesis del alterna con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 20

Coordenadas norte(Y).

Nº	GNSS	PIX4D	METASHAPE	DESCRIPCIÓN
01	8,250,706.908	8,250,707.417	8,250,707.757	PUN01163
02	8,250,389.530	8,250,390.172	8,250,390.455	PUN01164
03	8,251,535.871	8,251,536.439	8,251,536.086	PUN01165
04	8,250,589.047	8,250,589.984	8,250,588.261	PCG 01
05	8,250,173.556	8,250,173.938	8,250,174.862	PCG02
06	8,251,408.442	8,251,407.819	8,251,408.963	PCG03
07	8,250,997.932	8,250,998.577	8,250,998.765	BM1
08	8,251,406.701	8,251,406.900	8,251,408.442	BM2
09	8,251,337.470	8,251,337.180	8,251,337.096	BM3
10	8,251,040.487	8,251,040.842	8,251,041.958	BM4
11	8,250,875.788	8,250,876.743	8,250,876.812	BM5
12	8,250,694.800	8,250,695.196	8,250,696.003	BM6
13	8,250,498.167	8,250,498.369	8,250,499.277	BM7
14	8,250,173.236	8,250,173.135	8,250,173.591	BM8
15	8,249,617.703	8,249,617.600	8,249,618.448	BM9
16	8,249,663.258	8,249,663.315	8,249,664.303	BM10
17	8,249,727.851	8,249,727.937	8,249,728.516	BM11
18	8,250,132.968	8,250,133.000	8,250,133.950	BM12
19	8,250,363.100	8,250,363.175	8,250,364.026	BM13
20	8,250,589.098	8,250,589.494	8,250,590.195	BM14

Nota: Coordenadas norte procedentes del receptor GNSS, Pix4D y Agisoft Metashape.

Tabla 21*Anova de las coordenadas norte.*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6.510	2	3.255	0.000	1.000
Dentro de grupos	19405749.160	57	340451.740		
Total	19405755.670	59			

Nota: Prueba estadística Anova de las coordenadas norte.

En la tabla 21 el análisis estadístico ANOVA realizado con el apoyo de una hoja de cálculo, la significancia bilateral en nuestro proyecto de investigación es 1.000 mayor al valor del nivel de significancia de 5% (0.05), entonces se indica que se acepta la Hipótesis nula rechazándose la Hipótesis del alterna con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 22*Cotas (Z).*

Nº	GNSS	PIX4D	METASHAPE	DESCRIPCIÓN
01	4,054.051	4,053.871	4,052.935	PUN01163
02	4,046.298	4,047.249	4,045.963	PUN01164
03	3,972.520	3,973.572	3,972.254	PUN01165
04	4,056.026	4,057.286	4,056.827	PCG01
05	4,055.779	4,056.571	4,055.186	PCG02
06	3,982.060	3,982.980	3,983.054	PCG03
07	4,029.738	4,028.302	4,031.560	BM1
08	3,981.780	3,980.272	3,982.061	BM2
09	4,001.803	4,001.343	4,002.671	BM3
10	4,026.306	4,026.670	4,028.095	BM4
11	4,033.525	4,032.135	4,034.650	BM5
12	4,044.773	4,043.054	4,045.451	BM6
13	4,045.127	4,044.120	4,046.515	BM7
14	4,051.654	4,050.373	4,052.779	BM8
15	4,064.932	4,063.430	4,064.410	BM9
16	4,070.676	4,068.930	4,072.394	BM10
17	4,073.226	4,073.572	4,074.986	BM11
18	4,064.936	4,065.502	4,064.622	BM12
19	4,061.469	4,062.293	4,062.785	BM13



20 4,056.037 4,055.805 4,054.790 BM14

Nota: Cotas procedentes del receptor GNSS, Pix4D y Agisoft Metashape.

Tabla 23

Anova de las cotas.

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7.226	2	3.613	0.004	0.996
Dentro de grupos	53879.145	57	945.248		
Total	53886.371	59			

Nota: Prueba estadística Anova de las cotas.

En la tabla 23 el análisis estadístico ANOVA realizado con el apoyo de una hoja de cálculo, la significancia bilateral en nuestro proyecto de investigación es 0.996 mayor al valor del nivel de significancia de 5% (0.05), entonces se indica que se acepta la Hipótesis nula rechazándose la Hipótesis del alterna con un nivel de confianza del 95%.

4.4.3. Conclusión Estadística

Si $p > 0.05 = H_0$ Si $p \leq 0.05 = H_a$

Se analizó la varianza entre los desplazamientos (x,y,z) procedentes del software Pix4D y Agisoft Metashape en función al receptor GNSS, en donde $p > 0.05$ por lo tanto se acepta la H_0 ; por lo tanto no existe diferencia significativa al comparar los desplazamientos (x,y,z) obtenidos en los software Pix4D y Agisoft Metashape con el dron Phantom 4 RTK en la carretera Emp. PE-3S (Puno) - Vilque – Mañazo - Emp. PE-34A (Huataquita). rechazándose la hipótesis del alterna con un nivel de confianza del 95%.

4.5. DISCUSIÓN

4.5.1. *Discusión del primer objetivo específico*

En la investigación de (Lalangui & Zárate, 2020) titulada “Evaluación del modelo digital de terreno obtenido mediante técnicas de fotogrametría con VANT y con técnicas GNSS aplicados a proyectos viales en zonas de mediana vegetación” el MDT que logra mediante las técnicas de fotogrametría presenta un mejor detalle que el alcanzado con técnicas GNSS, excepto en los lugares donde existe presencia de vegetación densa, cuya precisión varía respecto al terreno. De la misma manera, los rangos de elevación entre los métodos analizados varían 2 m aproximadamente a nivel general del levantamiento, depende mucho de la vegetación del sector, y se comprueba que en zonas donde la vegetación es muy densa, la precisión está en el rango de 1,00 a 4,50 m; en cambio, en zonas donde la vegetación es baja o nula, esa precisión aumenta hasta llegar a los 25,00 cm.

Con los resultados analizados se llega a la siguiente discusión que los resultados obtenidos mediante el software Pix4D son aceptables en comparación al de los receptores GNSS.

4.5.2. *Discusión del segundo objetivo específico*

En la investigación elaborado por (Fernández et al., 2021) de los últimos años, menciona que el programa Pix4Dmapper es más eficiente en tiempo de procesamiento y tamaño de archivo, sin embargo con el proyecto de tesis que hemos elaborado coincidimos con el autor en el tiempo de procesamiento y la eficiencia que tiene el programa Pix4D,

En contrastación con la tesis elaborado por (Costales, 2018), titulado “Análisis Comparativo entre los software de prueba Agisoft photoscan y Pix4d para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado



(UAV) de bajo costo aplicado a proyectos de medio ambiente” estableció los mismos parámetros de procesamiento de imágenes en Pix4D como en Agisoft PhotoScan, y determinó que el programa que generó resultados en un menor tiempo total de proceso para ambos proyectos fue Pix4D. Particularmente Agisoft Metashape procesó la información en un tiempo 3.3 veces mayor al de Pix4D, mientras que el resultado del tiempo de procesamiento con Agisoft fue 2.4 veces superior al tiempo con Pix4D.

Con los resultados analizados se concluye que coincide en la tesis ejecutado por Gabriel Alexander Costales Acurio, discrepando en el sesgo del error y tiempo porque en nuestro proyecto de investigación ambos softwares procesan en menor tiempo.

4.5.3. Discusión del tercer objetivo específico

Con los datos relacionados obtenidos se han concluido que el Ortomosaico no difiere estadística los datos obtenido con el Pix4D es mucho mejor que con el software Agisoft Metashape, teniendo como diferencia pequeños espacios y mala obtención en la malla de triangulación y distorsión de las algunas zonas, lo que implica una concordancia en la tesis de elaborado por (Flores & Diaz, 2020) , Los resultados obtenidos del programa de Agisoft Metashape y Pix4D no difieren mucho en detalles, pero se aprecia un mejor resultado en calidad en el ortomosaico de Agisoft Metashape, pero a su vez esta muestra pequeños espacios vacíos, que forman parte de una mala triangulación en el proceso.

Sin embargo, se discrepa con el termino de tamaño del archivo debido a que por la calidad de resolución que presenta Pix4D el Ortomosaico es más pesado y ocupa más espacio por sí mismo.



V. CONCLUSIONES

Primera

En conclusión los desplazamientos (x,y,z) al procesar en el software Pix4D tienen menores variaciones en las medias de sus coordenadas los cuales son: Este: 0.41m, Norte: 0.38m y cota de 0.98m; así mismo se verifico que en el software Agisoft Metashape las variaciones en las medias de sus coordenadas son: Este: 0.42m, Norte: 0.91m y cota de 1.00m en las que se evidencio que las variaciones en sus medias fueron mayores, respecto a las obtenidas con el receptor GNSS.

Segunda

Al analizar los tiempos del postprocesamiento en los software, se determinó que el menor tiempo de proceso lo realiza el Pix4D por lo tanto es más rápido en comparación al Agisoft Metashape, teniendo una diferencia de 39 minutos con 14 segundos.

Tercera

Al analizar la resolución del ortomosaico, se determinó que el software Pix4D tiene 1.89 cm/pixel y el Agisoft Metashape 1.90 cm/pixel concluyéndose que el Pix4D nos proporciona una mejor resolución del ortomosaico.



VI. RECOMENDACIONES

Primera

Al momento de efectuar los levantamientos fotogramétricos se recomienda establecer puntos de control horizontal, vertical y así mismo tener una adecuada programación de los planes de vuelo tomando puntos de fotocontrol estratégicos para así obtener precisiones aceptables que estén dentro de los límites máximos tolerables.

Segunda

Se recomienda tener un ordenador alta gama, las que nos proporcionará buenos rendimientos al momento de realizar el postprocesamiento de la información obtenida con los drones.

Tercera

Se recomienda realizar planes de vuelo a 70m de altura con el dron Phantom 4 RTK para obtener una ortofoto detallada y con las características deseadas, así mismo para tener buenas resoluciones en el ortomosaico dependiendo del tipo de trabajo u investigación que se pretenda realizar, se debe efectuar un proceso en calidad alta.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agisoft, (2021). Agisoft Metashape [Página Web]. <https://www.agisoft.com/>
- Alidoost, F., & Arefi, H. (2017). Comparison Of Uas-Based Photogrammetry Software For 3d Point Cloud Generation: A Survey Over A Historical Site [Comparación de software de fotogrametría basado en UAS para la generación de nubes de puntos en 3D: una encuesta sobre un sitio histórico]. *ResearchGate*, 4(55), <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-55-2017>
- Bembibre, V. (2009). Pixel [Mensaje En Un Blog]. <https://www.definicionabc.com/tecnologia/pixel.php>
- Costales, G. (2018). *Análisis comparativo entre los software de prueba agisoft photoscan y pix4d para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado (UAV) de bajo costo aplicado a proyectos de medio ambiente* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Bibdigital. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19825>
- Cuerno, C., Ramirez, J., & Oñate, M. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*. Gráficos Arias Monteno, S.A. (Eds), <https://doi.org/https://www.fenercom.com>
- DJI, (2021). *DJI Phantom 4 RTK* [Página Web]. <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>
- Felicísimo, A. (1994). *Modelos digitales del terreno: introducción y aplicaciones a las ciencias ambientales*. Etsimo. <https://doi.org/http://www.etsimo.uniovi.es>
- Fernández, A., Saavedra, C., Muñoz, J., Ramos, J., Cayo, N., & Rocha, J. (2021). Análisis comparativo entre los programas Agisoft PhotoScan y Pix4Dmapper para la identificación de fallas en pavimento flexible usando Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs). *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net>
- Florentino, R. (2017). *Aplicación de fotogrametría con RPAS para mejorar la efectividad*



- en cuantificación de la explotación en la cantera Santa Genoveva -2016* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/23113>
- Flores, Y., & Diaz, H. (2020). *Comparación de postproceso entre el software Pix4D y Agisoft Metashape de un levantamiento topográfico con RPAS* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPEU. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3566>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). McGraw-Hill. <https://www.todostuslibros.com/autor/hernandez-sampieri-roberto>
- IGN, (2015). Norma técnica geodésica especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global. [Página WEB]. <https://www.gob.pe/institucion/ign/>
- INEI, (2018). Instituto Nacional de Estadística e Informática [Página web]. <https://www.inei.gob.pe/media>
- Jorge, D., & Elena, C. (2012). Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. *V Jornada Ibercarto*, pp 1-9. <http://www.rcg.cat/articles.php?id=252>
- Lalangui, Y., & Zárate, B. (2020) Evaluación del modelo digital de terreno obtenido mediante técnicas de fotogrametría con VANT y con técnicas GNSS aplicados a proyectos viales en zonas de mediana vegetación. *Orcid*, <https://orcid.org/0000-0003-2225-782X>. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6636>
- López, S. (1996). *Topografía* (2nd ed.). Mundi-Prensa.
- Martinez, P., Ojeda, D., Perez, E., & Bravo, F. (2014). Vehículos Aéreos no tripulados (VANT) en Cuba, Aplicados a la Geomática. estado actual. perspectivas y



desarrollo.

Revistas

Tec.

<https://doi.org/http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CINPAR.2021.103>

McCormac, J. (2007). *Topografía*. Limusa.

Mendoza, J. (2020). *Topografía y Geodesia* (2nd ed.). Maraucano E.I.R.L.

<https://www.ingnovando.com>

Mitsikostas, E. (2017). *Monitorización y Optimización de Tierras con Drones y Fotogrametría Aérea para Aplicaciones de Precisión en Agricultura* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. RiaNet Repositorio UPV.

<http://hdl.handle.net/10251/86353>

Noguera, G., & Mangiaterra, A. (2018). *Proyecto de Investigación Georeferenciación 2018* [Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Rosario]. Repositorio UNR.

<https://www.fceia.unr.edu>

Pérez, J. (2021). *Apuntes de Fotogrametría III*. Extremadura.

<https://doi.org/https://www.doccity.com/es/fotogrametria-iii/3156800/>

Petrucci, D., & Cruz, J. (2014). *Física* (2nd ed.)

<https://doi.org/https://www.fcnym.unlp.edu.ar>

Pinto, R. (2019). Drones: La Tecnología, Ventajas Y Sus Posibles Aplicaciones. *Redalyc*.

<https://www.redalyc.org/journal/339/33960068003/html/>

Pix4D, (2021). *Software Pix4D* [Página Web]. <https://www.pix4d.com/es>

Pozo, J. (2018). *Análisis de las correcciones geométricas y radiométricas de los software Agisoft y Pix4D*. [Tesis de Pregrado - Ingeniería Automática]. Repositorio UCLV.

<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/9774>

Quirós, E. (2014). Introduction to Photogrammetry and Cartography applied to Civil Engineering [Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicada a la Ingeniería Civil] *U. de Extremadura*, (1st ed.).



- <https://doi.org/https://mascvuex.unex.es/ebooks/>
- Sevilla, M. (2012). *Introducción Histórica a la Geodesia*. ResearchGate, .
<https://www.researchgate.net>
- Supo, J. (2012). *Seminarios de Investigación Científica Sinopsis del libro 2012*.
<https://doi.org/http://red.unal.edu.co>
- Tacca, H. (2015). *Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano-Puno]. Repositorio Institucional UNA- Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3882>
- Vargas, B. (2017). *Diseño de un sistema de control multivariable para un Drone* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano-Puno]. Repositorio Institucional UNA-Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Vasquez, J., & Backhoff, M. (2017). Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte. *Instituto Mexicano Del Transporte*. <https://imt.mx>
- Villalba, N. (2016). *Topografía*. Macro.



ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de estación de rastreo permanente.	105
Anexo 2. Certificado de operatividad del receptor GNSS.....	109
Anexo 3. Especificaciones técnicas del Dron Phantom 4 RTK.....	110
Anexo 4. Especificaciones técnicas del receptor GNSS.....	129
Anexo 5. Informe de procesamiento en Trimble Business Center.	133
Anexo 6. Informe de procesamiento en Pix4D.....	138
Anexo 7. Informe de procesamiento en Agisoft Metashape.....	144



Anexo 1. Ficha técnica de estación de rastreo permanente.

 REPÚBLICA DEL PERÚ	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO	 GEOGRÁFICO INSTITUTO NACIONAL
<u>FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE</u>		
0. DATOS GENERALES:		
Preparado por:	Departamento de Procesamiento Geodésico	
Realizado:	30 de noviembre de 2020	
Versión:	3.1.0	
1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:		
Nombre:	Juliaca	
Código Nacional:	PU02	
Código Internacional:	42228M001	
Inscripción:	Placa de bronce	
Orden de la estación:	"0"	
Fecha de monumentación:	3 de abril de 2010	
2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:		
Departamento:	Puno	
Provincia:	San Román	
Distrito:	Juliaca	
Ubicación de la estación:	Universidad Peruana la Unión	
CROQUIS DE UBICACIÓN		
		
FECHA: 6/01/2021 23:23 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: N° S/N		PU02 1 4



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84	Marco de referencia: ITRF2000
--------------------------------------	-------------------------------

3.1. GEODÉSICAS:

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

3.2. CARTESIANAS

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

3.3. UTM

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

4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

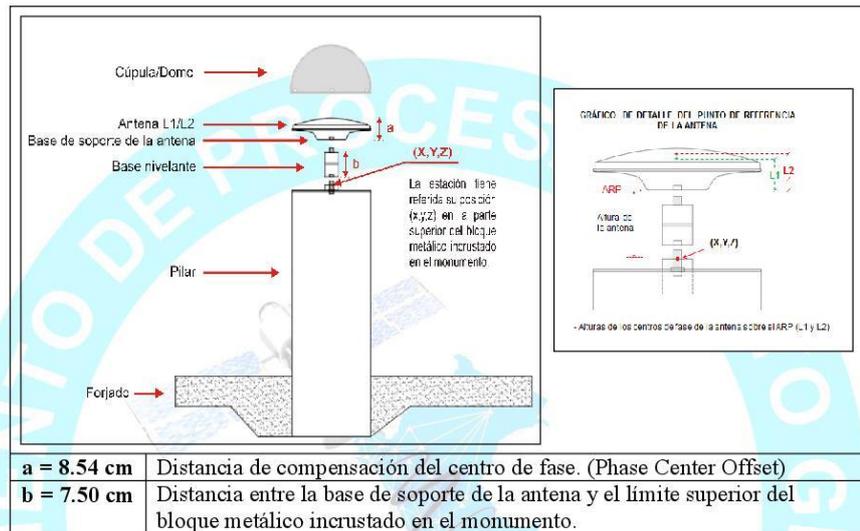
Modelo: NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia
 N° de serie: 5742R51312
 Versión del firmware: 5.22
 Fecha de instalación: 10 de mayo de 2018
 Ubicación del receptor: El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada a la pared, ubicada en el Laboratorio del Colegio Adventista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

4.2. ANTENA:

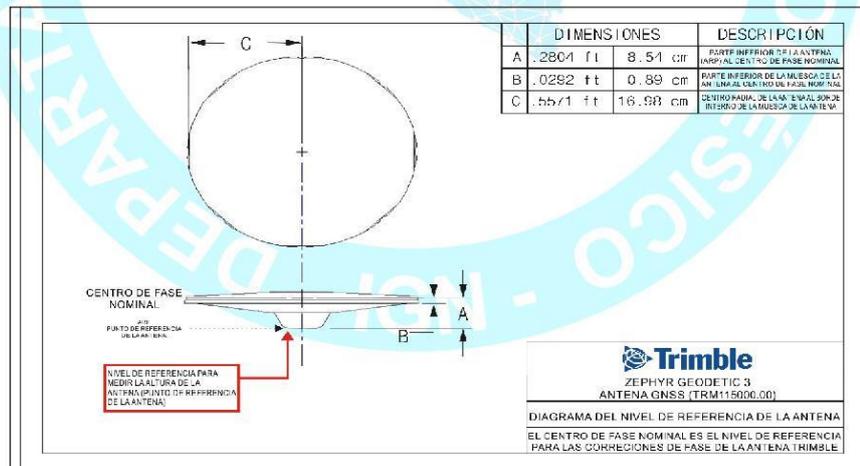
Modelo: Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble
 N° de serie: 1551129465
 Cubierta protectora: con domo
 Medición de la antena: ARP (Base de soporte de la antena)
 Altura de la antena: 0.0750 m
 Fecha de instalación: 10 de mayo de 2018
 Ubicación de la antena: La antena se encuentra sobre un monumento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

5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
Área de control: DPG
Área de procesamiento: DPG
Observables: L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro: 5 seg
Máscara de elevación: 5°
Archivo diario: 24 HRS
Formato de archivo nativo: *T02
Datos para el procesamiento: 06 al 19 de septiembre de 2020
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
Archivo procesado: Rinex 2.11
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.71
Procesador y analista GNSS: Lic. Franklin Maylle Gamarra
Revisado por: CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

7. CONTACTOS

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico
Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo: cpg@ign.gob.pe / sirgas_peru@ign.gob.pe
Web site: http://209.45.65.186/rastreo_permanente



Anexo 2. Certificado de operatividad del receptor GNSS.



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

Nº 0324-21

Nuevo
Alquiler
Operatividad
Mantenimiento
Reparación
Garantía

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

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

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

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

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

SE EXPIDE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA, PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE.
SE SUGIERE EFECTUAR UNA REVISION EN EL PERIODO MAXIMO DE 06 MESES ANTES DEL 22 DE SETIEMBRE DEL 2021

Los Olivos 22 de Marzo del 2021


 Saul Sardon Flores
 GERENTE











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

Anexo 3. Especificaciones técnicas del Dron Phantom 4 RTK.



Drone Phantom 4 RTK + Mobile Station D-RTK 2



Un dron es un Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS por sus siglas en español). En la actualidad tiene diferentes funciones que son fundamentales dentro de la sociedad, desde propuestas comerciales hasta el rescate de personas.

En los últimos años, gracias a que los precios de fabricación descendieron, se amplió el uso de estos aviones y podemos disponer de esta tecnología para otras funciones más nobles como la investigación científica o el entretenimiento. Tengamos en cuenta que comprar un dron es 60 veces más barato que un helicóptero y los costos operativos son muchísimos más bajos.



Las tareas que hasta el momento fueron probadas con drones:

En Eventos, Como delivery, En situaciones de emergencia, Búsqueda de personas, Control fiscal, Vigilancia fronteriza, Zonas rurales, Control de incendios forestales, Investigaciones arqueológicas, Fines geológicos, Investigaciones biológicas, Manipulación de materiales nocivos, Como satélites, Jugar con drones

Los drones llegaron para quedarse, los usos parecen aumentar cada día de la mano de la población civil y científica. Estamos viviendo el auge de la creatividad en funciones y aplicaciones de este aparato, las cuales parecen realmente infinitas. Probablemente, algún día con el avance de la tecnología, estas fascinantes naves nos van a permitir explorar zonas fuera del planeta y hasta donde la imaginación dé.

DRONE PARA TOPOGRAFIA Y MAPEO

1. PHANTOM 4 RTK

El Phantom 4 RTK fue diseñado teniendo en cuenta los requisitos del mercado de topografía y mapeo de aviones no tripulados y construyendo exactamente lo que deseaba: una solución de avión no tripulado compacta con una cámara de alta resolución y la capacidad de capturar datos RTK de precisión centimétrica.

Mapeo de próxima generación

DJI ha replanteado su tecnología de drones desde el principio, revolucionando sus sistemas para lograr un nuevo estándar para la precisión de los drones: ofrece a los clientes de Phantom 4 RTK datos de centímetro exactos y requiere menos puntos de control de tierra.



**COSOLA
GROUP** S.A.C.

www.cosola.com / www.cosola.net



Sistema de posicionamiento centimétrico.

Un nuevo módulo RTK está integrado directamente en el Phantom 4 RTK, que proporciona datos de posicionamiento en tiempo centimétrico en tiempo real para mejorar la precisión absoluta en los metadatos de la imagen.

Justo debajo del receptor RTK se encuentra un módulo GNSS redundante, instalado para mantener la estabilidad del vuelo en regiones con poca señal, como las ciudades densas. Combinando ambos módulos, el Phantom 4 RTK es capaz de optimizar la seguridad de vuelo al tiempo que garantiza la captura de los datos más precisos para los complejos flujos de trabajo de inspección, mapeo e inspección.

Adapte el Phantom 4 RTK a cualquier flujo de trabajo, con la capacidad de conectar este sistema de posicionamiento a la estación móvil D-RTK 2, NTRIP (transporte de red de RTCM a través del protocolo de Internet) usando un dongle 4G o punto de acceso WiFi, o almacene los datos de observación satelital para ser utilizado para cinemáticas post procesadas (PPK).



Reúna datos precisos con TimeSync

Para aprovechar al máximo los módulos de posicionamiento Phantom 4 RTK, el nuevo sistema TimeSync se creó para alinear continuamente el controlador de vuelo, la cámara y el módulo RTK. Además, TimeSync garantiza que cada foto utilice los metadatos más precisos y fija los datos de posicionamiento en el centro del CMOS, optimizando los resultados de los métodos fotogramétricos y permitiendo que la imagen alcance los datos de posicionamiento a nivel de centímetro.

Sistema de imagen precisa

Capture los mejores datos de imagen con un sensor CMOS de 20 megapíxeles de 1 pulgada. El obturador mecánico hace que las misiones de mapeo o la captura de datos regulares se realicen sin problemas, ya que el Phantom 4 RTK se puede mover mientras toma fotos sin el riesgo de que el obturador se mueva.

Debido a la alta resolución, el Phantom 4 RTK puede alcanzar una Distancia de muestreo en tierra (GSD) de 2.74 cm a 100 metros de altura de vuelo. Para garantizar que cada Phantom 4 RTK ofrezca una precisión sin igual, cada lente de cámara pasa por un riguroso proceso de calibración donde se miden las distorsiones de lentes radiales y tangenciales. Los parámetros de distorsión recopilados se guardan en los metadatos de cada imagen, lo que permite que el software de posprocesamiento se ajuste de forma única para cada usuario.

Aplicación de planificación de vuelo especialmente diseñada

Una nueva aplicación GS RTK permite a los pilotos controlar de manera inteligente su Phantom 4 RTK, con dos modos de planificación: fotogrametría y vuelo de punto de referencia, junto con un modo de vuelo más tradicional. Los modos de planificación permiten a los pilotos seleccionar la ruta de vuelo



del avión no tripulado mientras ajustan la velocidad de superposición, la altitud, la velocidad, los parámetros de la cámara y más, ofreciendo un flujo de trabajo de inspección o mapeo automático. La aplicación GS RTK se ha creado pensando en sus usuarios y, por lo tanto, tiene una gama de funciones creadas para flujos de trabajo de inspección o mapeo específicos. La aplicación ha implementado la carga directa de archivos de área KML para la planificación de vuelo en la oficina, un nuevo modo de obturador a priori para mantener la exposición constante en todas las fotos y una fuerte alarma de viento para advertir a los pilotos sobre condiciones adversas.



SDK móvil compatible

El Phantom 4 RTK es compatible con el DJI Mobile SDK, abriendo sus funciones a la automatización y personalización a través de un dispositivo móvil (próximamente).

Sistema de transmisión OcuSync

Disfrute de una transmisión de imagen y video HD estable y confiable a distancias de hasta 7 km, ideal para mapear sitios más grandes. * Sin obstrucciones, libre de interferencias, cuando cumple con las normas de la FCC. La especificación del rango de vuelo máximo es un proxy para la resistencia y la resistencia del enlace de radio. Siempre vuela tu dron dentro de la línea visual a menos que se permita lo contrario.

Compatibilidad perfecta con la Estación Móvil D-RTK 2

Apoye sus misiones Phantom 4 RTK con la estación móvil D-RTK 2: proporcione datos diferenciales en tiempo real al dron y forme una solución topográfica precisa. El diseño robusto de la estación móvil



y el sistema de transmisión OcuSync 2 garantizan que pueda obtener datos precisos de nivel centimétrico con su Phantom 4 RTK en cualquier condición.

Comience a mapear hoy

Con una aplicación incorporada de planificación de vuelo (GS RTK) y un método sencillo para recopilar datos RTK (RTK Network o D-RTK 2 Mobile Station), los pilotos tienen una solución completa para cualquier estudio, mapeo o flujo de trabajo de inspección.



2. Especificaciones Técnicas Phantom 4 RTK + Mobile Station D-RTK 2

AERONAVE

Peso al despegar	1391 g
Distancia Diagonal	350 mm
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Velocidad máxima de ascenso	6 m / s (vuelo automático); 5 m / s (control manual)



Velocidad máxima de descenso	3 m / s
Máxima velocidad	31 mph (50 kph) (modo P) 36 mph (58 kph) (modo A)
Tiempo máximo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40)
Frecuencia de operación	2.400 GHz a 2.483 GHz (Europa, Japón, Corea) 5.725 GHz a 5.850 GHz (Estados Unidos, China)
Potencia de Transmisión (EIRP)	2.4 GHz CECE (Europa) / MIC (Japón) / KCC (Corea): <20 dBm 5.8 GHz SRRC (China) / FCC (Estados Unidos) / (Taiwán, China) : <26 dBm
Rango de precisión de la libración	RTK habilitado y funcionando correctamente : Vertical: ± 0.1 m ; Horizontal: ± 0.1 m RTK deshabilitado Vertical: ± 0.1 m (con posicionamiento visual) ± 0.5 m (con posicionamiento GNSS) Horizontal: ± 0.3 m (con posicionamiento visual) ; ± 1.5 m (con posicionamiento GNSS)
Desplazamiento de la posición de la imagen	La posición del centro de la cámara es relativa al centro de fase de la antena D-RTK a bordo debajo del eje del cuerpo del avión: (36, 0 y 192 mm) ya aplicado a las coordenadas de la imagen en datos Exif. Los ejes positivo x, y y z del cuerpo de la aeronave apuntan hacia adelante, hacia la derecha y hacia abajo de la aeronave, respectivamente.

FUNCIONES DE MAPEO

Mapeo de Precisión **	La precisión del mapeo cumple con los requisitos de los Estándares de precisión de ASPRS para la clase de ortofotos digitales III ** La precisión real depende de la iluminación y los
-----------------------	---



**COSOLA
GROUP** S.A.C.

www.cosola.com / www.cosola.net

	patrones circundantes, la altitud de la aeronave, el software de mapeo utilizado y otros factores al disparar.
Distancia de muestra en el suelo (GSD)	(H / 36.5) cm / píxel, H significa la altitud de la aeronave en relación con la escena de disparo (unidad: m)
Eficiencia en la adquisición de datos	Área de operación máxima de aprox. 1 km ² para un solo vuelo (a una altura de 182 m, es decir, GSD es de aproximadamente 5 cm / píxel, cumpliendo los requisitos de las Normas de precisión ASPRS para ortofotos digitales Clase

SISTEMA DE VISIÓN

Rango de velocidad	≤31 mph (50 km / h) a 6,6 pies (2 m) sobre el suelo con una iluminación adecuada
Rango de altitud	0-33 pies (0 - 10 m)
Rango de operación	0-33 pies (0 - 10 m)
Rango de detección de obstáculos	2-98 pies (0.7-30 m)
FOV	Adelante / Atrás: 60 ° (horizontal), ± 27 ° (vertical) Hacia abajo: 70 ° (frontal y posterior), 50 ° (izquierda y derecha)
Frecuencia de medición	Adelante / Atrás: 10 Hz; Hacia abajo: 20 Hz
Entorno operativo	Superficies con patrones claros e iluminación adecuada (> 15 lux)

CÁMARA

Sensor	1 "CMOS; píxeles efectivos: 20 M
Lente	FOV 84 ° ; 8,8 mm / 24 mm (formato equivalente a 35 mm: 24 mm) ; f / 2,8 - f / 11, enfoque automático a 1 m - ∞



**COSOLA
GROUP** S.A.C.

www.cosola.com / www.cosola.net

Rango ISO	Video: 100-3200 (Auto) 100-6400 (Manual) ; Foto: 100-3200 (Auto) 100-12800 (Manual)
Velocidad de obturación mecánica	8 - 1/2000 s
Velocidad de obturador electrónico	8 - 1/8000 s
Tamaño máximo de imagen	4864 × 3648 (4: 3 72 5472 × 3648 (3: 2
Modos de grabación de video	H.264, 4K: 3840 × 2160 30p
Formato de foto	JPEG
Formato de video	MOV
Sistemas de archivos soportados	FAT32 (≤ 32 GB ; ; exFAT (> 32 GB)
Tarjetas SD soportadas	MicroSD, Capacidad Máxima: 128 GB. Se requiere clasificación Clase 10 o UHS-1 Velocidad de escritura ≥15 MB / s
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 °C)

CONCENTRADOR DE CARGA DE BATERÍA INTELIGENTE (WCH2)

Voltaje de entrada	17.3 - 26.2 V
Voltaje y corriente de salida	8.7 V , 6 A ; 5 V , 2 A
Temperatura de funcionamiento	41 ° a 104 °F (5 ° a 40 °C)

GNSS

Módulo GNSS de alta frecuencia y alta sensibilidad	GPS + BeiDou + Galileo * (Asia) ; GPS + GLONASS + Galileo * (otras regiones)
--	---



**COSOLA
GROUP** S.A.C.

www.cosola.com / www.cosola.net

Multi-frecuencia Multi-sistema de alta precisión RTK GNSS	<p>Frecuencia utilizada: GPS: L1 / L2 ; GLONASS: L1 / L2 ; BeiDou : B1 / B2 ; Galileo * : E1 / E5a</p> <p>Primera hora fija : <50 s</p> <p>Precisión de posicionamiento: Vertical 1.5 cm + 1 ppm RMS) Horizontal 1 cm + 1 ppm (RMS) 1 ppm significa que el error tiene un aumento de 1 mm por cada 1 km de movimiento desde la aeronave. *Disponible pronto</p>
---	--

CARDÁN

Estabilización	3 ejes (inclinación, balanceo, guiñada)
Tono	-90 ° a + 30 °
Velocidad angular máxima controlable	90 ° / s
Rango de vibración angular	± 0.02 °

INFRARROJO

Rango de detección de obstáculos	0.6-23 pies (0.2 - 7 m)
FOV	70 ° (Horizontal) ± 10 ° (Vertical)
Frecuencia de medición	10 Hz
Entorno operativo	Superficie con material de reflexión difusa, y reflectividad (8%) como paredes, árboles, seres humanos, etc.)

CONTROL REMOTO



Frecuencia de operación	2.400 GHz-2.483 GHz (Europa, Japón, Corea) 5.725 GHz-5.850 GHz (Estados Unidos, China)
Potencia de Transmisión (EIRP)	2.4 GHz CE / MIC / KCC: <20 dBm 5.8 GHz SRRC / FCC: <26 dBm
Distancia máxima de transmisión	FCC: 4,3 mi (7 km) ; SRRC / CE / MIC / KCC: 5,1 mi (5 km) (sin obstrucciones, sin interferencias)
El consumo de energía	16 W (valor típico)
Monitor	Pantalla de 5,5 pulgadas, 1920 × 1080, 1000 cd / m ² , memoria del sistema Android 4G RAM + 16G ROM
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)

CONCENTRADOR INTELIGENTE DE CARGA DE BATERÍA DE VUELO (PHANTOM 4 CHARING HUB)

voltaje	17.5 V
Rango de temperatura de funcionamiento	41 ° a 104 °F (5 ° a 40 °C)
Capacidad	4920 mAh
voltaje	7.6 V
Tipo de Batería	LiPo 2S
Energía	37.39 wh
Temperatura de funcionamiento	-4 ° a 104 °F (-20 ° a 40 °C)

ADAPTADOR DE CORRIENTE ALTERNA (PH4C160)

voltaje	17,4 V
---------	--------



Potencia nominal	160 W
------------------	-------

Mobile Station D-RTK 2

GNSS RECEIVER

Frecuencia GNSS	Reciba simultáneamente : GPS: L1 C / A, L2, L5 BEIDOU: B1, B2, B3 GLONASS: F1, F2 Galileo: E1, E5A, E5B
Precisión de posicionamiento	Punto único horizontal: 1.5 m (RMS) Vertical: 3.0 m (RMS) RTK Horizontal: 1 cm + 1 ppm (RMS) Vertical: 2 cm + 1 ppm (RMS) 1 ppm: Por cada 1 km de aumento en la distancia, la precisión será 1 mm menos. Por ejemplo, la precisión horizontal es de 1.1 cm cuando el extremo receptor está a 1 km de distancia de la estación base.
Tasa de actualización de posicionamiento	1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz y 20 Hz
Inicio fresco	< 45 s
Arranque en caliente	< 10 s
Tiempo de recaptura	< 1 s
Inicialización Fiabilidad	> 99.9%
Formato de datos diferenciales	RTCM 2.X / 3.X



IMU

Características	<p>Acelerómetro de 6 ejes de alta precisión incorporado.</p> <p>Control de movimiento D-RTK 2.</p> <p>Mediciones en pendiente.</p> <p>Nivel de burbuja electrónica.</p>
-----------------	---

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Dimensiones (cuerpo D-RTK 2 con varilla de extensión)	68 mm × 168 mm × 1708 mm
Clasificación del IP	IP67

COMUNICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.

Enlace de datos	OcuSync, Wi-Fi, LAN, 4G
Frecuencia de operación	<p>2.400 GHz a 2.483 GHz (China, Estados Unidos, Australia, Europa, Japón, Corea)</p> <p>5.725 GHz a 5.850 GHz (China, Estados Unidos, Australia)</p>
Pire	<p>OcuSync</p> <p>2.4 GHz</p> <p>SRRC (China continental) / CE (Europa) / MIC (Japón) / KCC (Corea): <20 dBm</p> <p>FCC (Estados Unidos, Australia) / NCC (Taiwán, China): <26 dBm</p> <p>5.8 GHz</p> <p>FCC (Estados Unidos, Australia) Estados, Australia) / SRRC (China continental) / NCC (Taiwán, China): <26 dBm</p> <p>Wi-Fi</p> <p>2.4 GHz</p>



**COSOLA
GROUP** S.A.C.

www.cosola.com / www.cosola.net

	SRRC (China continental) / CE (Europa) / MIC (Japón) / KCC (Corea): <20 dBm FCC (Estados Unidos, Australia) / NCC (Taiwán, China): <22 dBm 5.8 GHz FCC (Estados Unidos, Australia) / SRRC (China continental) / NCC (Taiwán, China): <22 dBm
Distancia de comunicación	OcuSync: 2 km (sin obstrucciones y sin interferencias, cuando la distancia de la antena D-RTK 2 a la parte inferior del trípode es de 1,8 m, cuando la diferencia de altura entre el control remoto y D-RTK 2 es inferior a 2 m, y cuando el control remoto está a 1.2 m del nivel del suelo)
Capacidad de memoria	16 GB

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS

El consumo de energía	12 W
Fuente de alimentación	16.5 a 58.8VDC
Batería	Tipo : Batería de iones de litio, Capacidad: 4920 mAh, Energía: 37.3 WH
Tiempo de ejecución	Batería WB37: > 2 h MG-12000P batería: > 50 h

TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

Temperatura de funcionamiento	32 ° a 113 ° F (0 ° a 45 ° C)
-------------------------------	-------------------------------

Preguntas Frecuentes:

1. ¿En qué se diferencia el Phantom 4 RTK de los productos anteriores de la serie Phantom?



Mientras que los drones de la serie Phantom anteriores se construyeron alrededor de fotógrafos y aficionados profesionales, el Phantom 4 RTK fue diseñado para usuarios industriales para mapeo de alta precisión y otras misiones de adquisición de datos. Si bien el Phantom 4 RTK comparte una cámara y un tamaño de formulario similares, también agrega un módulo de posicionamiento RTK, un nuevo sistema TimeSync, una aplicación de mapeo especialmente diseñada y más.

2. ¿Puedo volar el Phantom 4 RTK en otros países o regiones?

No, el Phantom 4 RTK tiene versiones específicas para diferentes países y / o regiones. Los usuarios pueden consultar el código de versión en el empaque del producto o a través de la aplicación GS RTK (vaya a Información de la aeronave -> Firmware).

3. ¿Cuál es la diferencia entre la cámara Phantom 4 RTK y la cámara en la Phantom 4 Advanced / Pro?

Mientras que el Phantom 4 RTK y el Phantom 4 Pro / Advanced comparten el mismo sensor CMOS de 1 pulgada y 20 megapíxeles, el Phantom 4 RTK ha mejorado las capacidades de la cámara para mapear a través de un nuevo proceso de grabación de distorsión de lente. Cada cámara Phantom 4 RTK pasa por un proceso de calibración que mide las distorsiones de la lente y registra los parámetros OPEN-CV correspondientes. La cámara permite a los usuarios generar las imágenes originales sin corrección de distorsión, así como los parámetros de distorsión OPEN-CV en el archivo XMP para el pos procesamiento.

4. ¿El procesador de señal digital (DSP) de la cámara Phantom 4 RTK admite la corrección de distorsión?

No, puede habilitar la corrección de distorsión en la cámara, pero las imágenes serán menos precisas en comparación con la eliminación de distorsión en el software de pos procesamiento.

5. ¿Cuál es la diferencia entre el control remoto del Phantom 4 RTK y el del Phantom 4 Pro?

El control remoto del Phantom 4 RTK tiene múltiples cambios que agregan más versatilidad y características para los usuarios industriales. Esto incluye una ranura para tarjeta Micro-SD, un altavoz incorporado y baterías intercambiables en caliente. Además, los usuarios pueden usar el control remoto para conectarse a Internet para la red RTK con un dongle 4G. Por último, la nueva aplicación GS RTK está preinstalada en cada control remoto, lo que permite que el controlador comience las misiones de adquisición de datos desde el primer momento.

6. ¿Puede controlar el Phantom 4 RTK con los controladores Phantom 4 Advanced / Pro?

No, no puede controlar el Phantom 4 RTK con un controlador Phantom 4 Advanced o Pro.

7. ¿Cómo puedo cambiar entre los modos FCC y CE?

El cambio de modo FCC y CE no está disponible.

8. ¿Cómo puedo enlazar mi control remoto con el Phantom 4 RTK?

Puede completar el enlace a través de la aplicación GS RTK. Consulte el manual del usuario para más detalles.



9. ¿Cuál es la distancia de transmisión de video del Phantom 4 RTK?

La distancia efectiva de transmisión de video depende de su método de operación (como la posición de la antena) y del entorno de vuelo real. En un entorno abierto y sin obstrucciones, la distancia máxima es de 7 km cuando cumple con la FCC, y de 4 km cuando cumple con la normativa CE. (2.4GHz).

10. ¿Qué debo hacer si la aplicación me envía la siguiente notificación: "la señal del control remoto es débil, ajuste la antena"?

Esto significa que es probable que la posición incorrecta de la antena afecte la señal de transmisión de video y, por lo tanto, la calidad de la vista en tiempo real. Puede intentar ajustar las antenas para que los lados planos de la antena apunten hacia el Phantom 4 RTK.

11. ¿Puedo continuar mi misión de mapeo automatizada si el Phantom 4 RTK pierde la señal de transmisión de video durante su misión?

Sí, si se pierde la señal de transmisión de video, puede reconectarse y continuar la misión de mapeo.

12. ¿Puedo usar mis baterías Phantom 4 Pro con Phantom 4 RTK y viceversa?

Sí, las baterías Phantom 4 RTK y Pro son compatibles y tienen la misma capacidad, lo que significa que el tiempo de vuelo no se realizará.

2. ¿Cuánto tiempo se tarda en cargar completamente una batería Phantom 4 RTK?

La carga de una batería Phantom 4 RTK tarda aproximadamente 60 minutos.

13. ¿Cómo debo cuidar y guardar mis baterías?

Mantenga las baterías Phantom 4 RTK en un lugar seco, lejos del agua. Para el almacenamiento a largo plazo, asegúrese de que la batería esté cargada al 50% o más y que se descargue cada tres meses para mantener la actividad.

14. ¿Qué significa que el icono de la batería se vuelva amarillo en la aplicación?

Esto significa que el voltaje de la celda de la batería está por debajo de 3.62 V y debe cargarse pronto.

15. ¿Puedo usar las baterías Phantom 4 RTK a bajas temperaturas?

La capacidad de la batería (y, por lo tanto, el tiempo de vuelo) disminuirá considerablemente en bajas temperaturas (<-10 °F). Se recomienda calentar las baterías a 20 °F antes del vuelo para limitar este efecto.

16. ¿Por qué las baterías comienzan a calentarse después de un almacenamiento prolongado?

Este es un fenómeno normal. Cuando las baterías se han almacenado por un largo tiempo con más del 65% de la carga restante, se activa un procedimiento de descarga automática para disminuir el nivel de la batería al 65%, durante el cual las baterías se calentarán.



17. ¿Qué opciones tengo para hacer referencia a los datos de posicionamiento del Phantom 4 RTK?

1. Conéctese localmente a través de OcuSync a su estación móvil D-RTK 2. (RTCM3.2)
2. Conéctese remotamente a través de un Dongle 4G a una red RTK personalizada usando una cuenta NTRIP. (RTCM3.2)
3. Conéctese remotamente a través de un punto de acceso WiFi a una red RTK personalizada usando una cuenta NTRIP. No disponible en Europa. (RTCM3.0 / RTCM3.1 / RTCM3.2)

18. ¿Qué precisión de posicionamiento puede alcanzar el Phantom 4 RTK?

El Phantom 4 RTK puede alcanzar datos precisos de 1 cm + 1 ppm (horizontal), 1.5 cm + 1 ppm (vertical).

19. ¿Qué es TimeSync y cómo garantiza la precisión de posicionamiento de cada imagen tomada en el Phantom 4 RTK?

TimeSync alinea continuamente el controlador de vuelo, la cámara y el módulo RTK, luego ajusta los datos de posicionamiento al centro del CMOS y registra los datos en formato EXIF y XMP.

20. ¿Cuáles son las diferencias entre los modos PPK y RTK? ¿Cómo usarlos?

RTK y PPK son dos tecnologías cinemáticas diferentes que hacen referencia a los datos de diferentes maneras. Aunque el PPK generalmente tiene una precisión de posicionamiento ligeramente más alta que el RTK, ambos alcanzan una precisión de un centímetro. RTK se recomienda para usuarios que vuelan en entornos que permiten la conexión en tiempo real a través de OcuSync o 4G y prefieren la comodidad y la eficiencia. Para los usuarios que no demandan puntualidad y / o que necesitan operar en condiciones sin conectividad, PPK es una mejor opción.

5. ¿Cómo encuentro la información XMP de mis fotos RTK de Phantom 4?

Abra la foto en formato de texto y busque "XMP" para encontrar esta información en cada foto.

21. Cuando tomo una foto con el Phantom 4 RTK, ¿desde dónde los metadatos de ubicación registran la posición?

Debido al nuevo sistema TimeSync, cada foto almacena la posición del centro CMOS en sus metadatos.

22. ¿Cómo puedo obtener el valor de compensación entre el centro de fase de la antena y el centro de CMOS?

Para cada foto, el valor de compensación entre el centro de fase de la antena del módulo RTK y el centro CMOS en el sistema de coordenadas NED se registra en la marca de tiempo. Archivo MRK debajo de una carpeta llamada "encuesta".

23. ¿Cómo actualizo el firmware Phantom 4 RTK?

El proceso de actualización del firmware Phantom 4 RTK es similar al de Phantom 4 Pro. Con el software DJI Assistant 2, puede actualizar el controlador remoto y el firmware de la aeronave por separado.



También puede actualizar el dron y el control remoto simultáneamente a través de la aplicación GS RTK. Primero, conecte el control remoto a la aeronave con cables OTG y USB, luego siga los procedimientos explicados en la aplicación GSRTK del controlador remoto.

24. ¿En qué situaciones están activos los sensores de infrarrojos y TOF izquierdo / derecho?

Actualmente, los sensores TOF e infrarrojos de izquierda / derecha no están activos, por lo que debe volar con precaución.

25. ¿Qué aplicaciones tienen funciones de mapeo o inspección?

Los usuarios pueden usar la aplicación GS RTK preinstalada para misiones de mapeo o inspección. Además, los usuarios pueden instalar aplicaciones creadas en el SDK móvil de DJI.

26. ¿El regreso del RTH a la lógica del hogar del Phantom 4 difiere de la del Phantom 4 Pro?

No. Las lógicas de RTH en ambas aeronaves son casi las mismas.

27. ¿Existen limitaciones en los puntos de ruta del Phantom 4 RTK?

Sí, la distancia entre dos puntos de ruta no puede ser superior a 2 km, el número total de puntos de ruta no puede superar 99 y la longitud total de la trayectoria de vuelo no puede superar los 15 km.

28. ¿Puedo establecer puntos de ruta al ingresar los valores de longitud y latitud cuando se usa el modo Punto de ruta?

No.

29. Al importar archivos de área KML con la aplicación GS RTK, ¿cuál es el número máximo de puntos de límite que puedo establecer?

Actualmente, la aplicación GS RTK admite hasta 99 puntos de límite a través de archivos KML.

30. ¿Qué formatos de datos diferenciales admite Phantom 4 RTK?

Actualmente, el Phantom 4 RTK admite datos RTCM 3.0, datos RTCM 3.1, datos MSM4 y MSM5 bajo RTCM3.2.

31. ¿Son las coordenadas medidas por el Phantom 4 RTK coordenadas relativas o coordenadas absolutas?

Las coordenadas medidas por el Phantom 4 RTK son coordenadas absolutas bajo el sistema de coordenadas elegido por los usuarios.

32. ¿Cómo calculo una altitud de vuelo apropiada en base a un valor GSD?



Puede referirse a la ecuación $H = 36 * GSD$ para estimar una altitud de vuelo apropiada. Tenga en cuenta que la distancia de muestreo en tierra (GSD) en esta ecuación se mide en centímetros, mientras que H (Altura o altitud de vuelo) se mide en metros.

33. ¿Las imágenes capturadas por el Phantom 4 RTK almacenan información sobre la altitud? Si es así, ¿cómo se almacenan estos datos?

La elevación y la altitud relativa (en relación con su punto de despegue) se almacenan en fotos capturadas por el Phantom 4 RTK. Se puede usar la altitud absoluta para el mapeo, y la altitud relativa se puede encontrar en el archivo XMP.

34. ¿Cómo puedo capturar fotografías oblicuas cuando utilizo el Phantom 4 RTK?

Las imágenes oblicuas se pueden capturar mientras se vuela en el modo de fotogrametría en la aplicación GS RTK. En el modo Fotogrametría, puede ajustar el ángulo del cardán de -90° a -45° en la Configuración de la cámara para su plan de vuelo. Solo puede configurar un valor de ángulo del cardán a la vez, por lo que para los sitios donde desea capturar múltiples ángulos, puede Planea la misma misión y solo ajusta el ángulo de la cámara.

35. ¿Puedo crear un modelo 3D o una nube de puntos con software de terceros utilizando las imágenes capturadas por el Phantom 4 RTK? En caso afirmativo, ¿cuál es la precisión del modelo creado?

Sí, puede utilizar software de terceros para procesar los datos de imagen RTK del Phantom 4 y crear modelos, sin embargo, la precisión variará según el algoritmo fotogramétrico utilizado. Consulte al proveedor de software de terceros para obtener más información sobre la precisión esperada.

36. ¿Cuál es la mejor manera de usar el Phantom 4 RTK para mapear corredores?

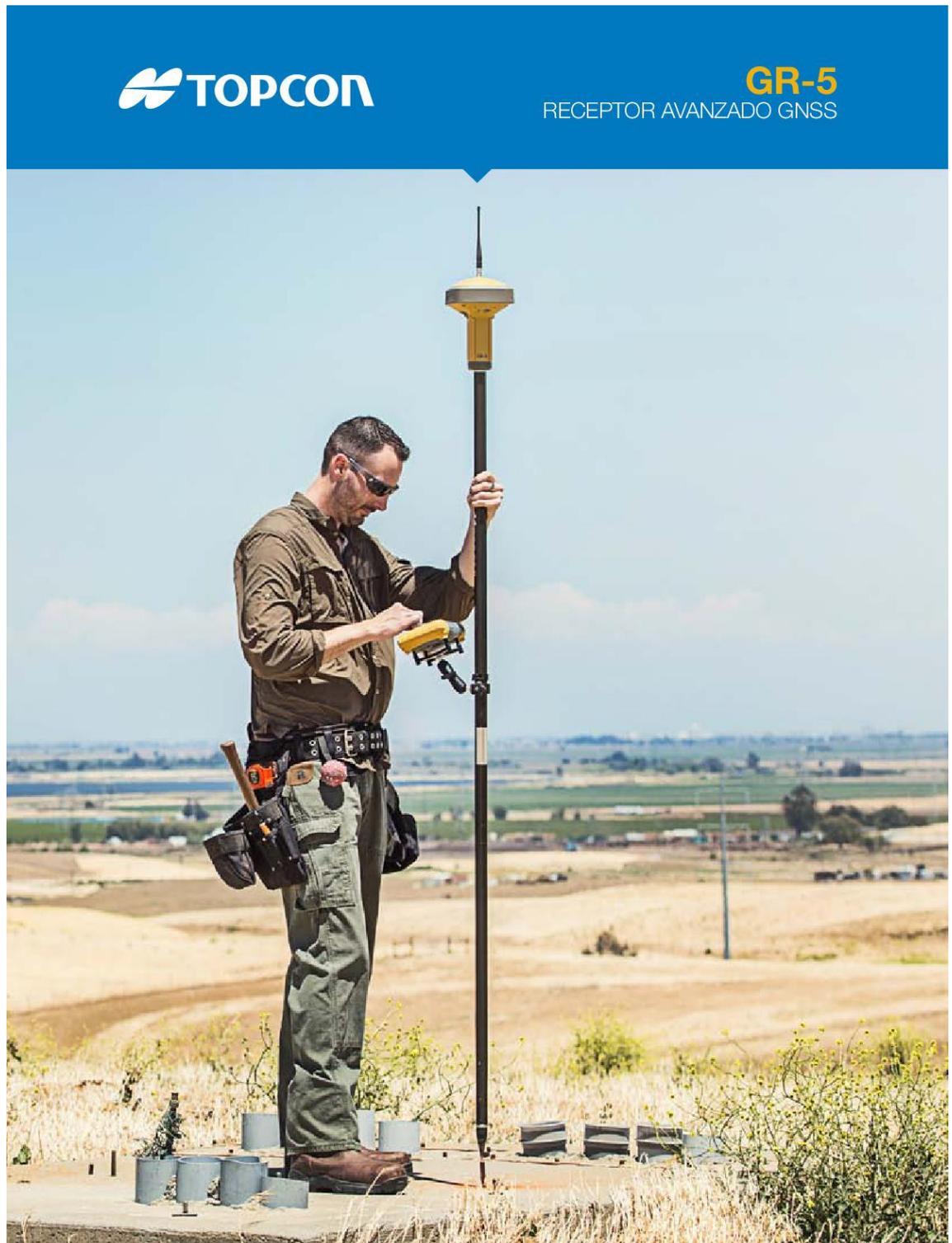
Al recopilar datos en una infraestructura u otro corredor angosto, le sugerimos que establezca una alta proporción de superposición, vuele el avión más alto de lo normal y planee tener al menos dos rutas de vuelo para todo el corredor.

37. ¿Es el Phantom 4 RTK compatible con estaciones base de terceros?

No, no puede conectar estaciones base de terceros al Phantom 4 RTK o al controlador remoto a través de una estación de radio. Sin embargo, puede obtener datos de un servidor RTK de red a través del protocolo Ntrip en un entorno de red 4G / Wi-Fi. Los datos de observación satelital también se pueden guardar en la aeronave para que los usuarios realicen cinemáticas de procesamiento posterior (PPK) para completar sus tareas.



Anexo 4. Especificaciones técnicas del receptor GNSS.



GR-5



El GR-5 con Vanguard Technology™

- Vanguard Technology™ de 226 canales con Universal Tracking Channels
- Tecnología Fence Antenna™ para la optimización de la señal
- Múltiples opciones de comunicación que facilitan la versatilidad en distintos sitios de trabajo
- Compatible con almacenamiento SDHC de 32 GB
- Baterías duales intercambiables en caliente

Seguimiento satelital de visión constante en todo el cielo

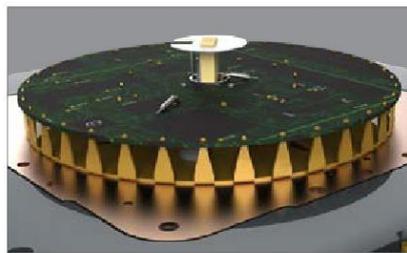
El GR-5 incluye el procesador multiconstelación Vanguard GNSS de 226 canales con tecnología Universal Tracking Channel. Esta tecnología patentada utiliza métodos de seguimiento flexible y dinámico para seleccionar y realizar el seguimiento automáticamente de cualquier señal de satélite disponible, permitiendo que los usuarios de Topcon reciban el máximo número de señales y mediciones en todo momento.

El GR-5 no solo es capaz de recibir señales desde constelaciones GPS y GLONASS plenamente operativas, sino que también es compatible con todas las señales planificadas de sistemas en desarrollo tales como Galileo, Beidou (BDS) y QZSS. Con las constelaciones de satélites actuales y en desarrollo, la tecnología Universal Tracking Channel optimiza el seguimiento de señales GNSS para garantizar al máximo la geometría y disponibilidad satelital.

El diseño patentado Fence Antenna de Topcon aporta una óptima recepción de señal y un avanzado rechazo multicamino en entornos difíciles. Esta tecnología proporciona un seguimiento de señales más limpio y robusto que redundan en unos resultados sin igual.

Con Vanguard Technology, Universal Tracking Channel y Fence Antenna, el GR-5 está diseñado para ofrecer lo último en rendimiento de campo, incluso en los entornos más difíciles, manteniendo una precisión, velocidad de inicialización y fiabilidad de fijación incomparables para soluciones RTK.

Además de incorporar tecnologías avanzadas, el diseño mecánico del GR-5 hace que sea increíblemente fiable, ergonómico y duradero. Con una robustez garantizada, el GR-5 es el mejor receptor GNSS disponible en el mercado.



Tecnología puntera GNSS en presentación robusta

No solo la nueva Fence Antenna de Topcon supera a otros receptores RTK con una sensibilidad mejorada, sino que también ofrece características de rechazo multicamino que otorgan al GR-5 un rendimiento del nivel de seguimiento en entornos difíciles muy superiores al de cualquier otro receptor GNSS RTK.



GNSS	
GPS GLONASS Galileo [†] BeiDou [†] SBAS QZSS	L1, L1C [†] , L2, L2C, L5 [†] L1, L2 E1, E5a, E5b, AltBOC B1, B2 L1 C/A WAAS/ MSAS/EGNOS L1 C/A, L1C [†] , L2C
Número de canales	Vanguard Technology™ de 226 canales con Universal Tracking Channels
Tipo de antena	Fence Antenna™ inte- grada ¹ con Ground Plane
Precisión (RMS) [†] *	
RTK	H: 5 mm + 0,5 ppm V: 10 mm + 0,8 ppm
Estática [†]	H: 3,0 mm + 0,1 ppm V: 3,5 mm + 0,4 ppm
Comunicación	
Tipo de radio opcional	UHF/FH915 integrado
Salida de radio base	1,0 W, seleccionable por el usuario
Celular opcional	CDMA/HSPA integrada
Comunicaciones de E/S	Clase 2 Bluetooth® USB y Serie
Datos y memoria	
Memoria	Tarjeta SD/SDHC extraíble
Actualización de da- tos / Tasa de salida	1 Hz - 50 Hz seleccionable
Salida de datos en tiempo real	TPS, RTCM 2.x, 3.x, CMR, CMR+
Salida ASCII	NMEA 0183 versión 2.x y 3.0
Datos ambientales	
Recinto	Carcasa de magnesio de viga en forma de I con pro- tección contra la entrada de polvo y agua
Temperatura de funcionamiento	De -40 °C a 70 °C ^{††}
Protección anti- choque	Caída de poste de 2 m a hormigón IEC 60068-2-29, IEC 60068-2-27
Protección anti- vibración	Cumplimiento de la norma MIL-STD 810F - 514.5 - Cat.24



Para obtener más información:
topconpositioning.com/gr5

Las especificaciones están sujetas a modificaciones sin aviso
previo. ©2015 Topcon Corporation. Todos los derechos
reservados. T335ES J 12/15

La marca y los logotipos Bluetooth® son marcas comerciales
registradas de Bluetooth SIG, Inc. y cualquier uso de dichas
marcas por parte de Topcon se hace bajo licencia. Las
demás marcas y nombres comerciales son propiedad de sus
respectivos propietarios.



Diseño resistente

El diseño del GR-5 garantiza su aguante. El bastidor del GR-5 y sus robustos componentes internos aseguran la resistencia en una caída de poste de 2 m.



Opciones de comunicación

El GR-5 cuenta tanto con comunicación celular como por radio, con lo que puede ser usado con soluciones RTK basadas en radio y en redes RTK.



Diseño único, resultados bien pensados

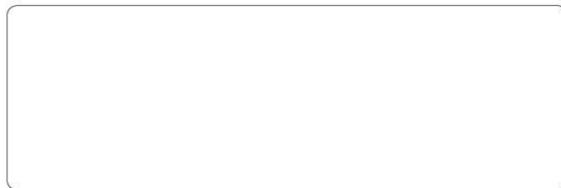
Los receptores Topcon son los únicos en que la antena de radio va montada en una posición superior. Esto amplía el rendimiento de la radio RTK.



Tiempo de producción

Aproveche al máximo el día de trabajo y maximice el rendimiento sobre el terreno con al menos un día completo de funcionamiento de las baterías intercambiables en caliente.

[†] Pendiente de patente. Hay varias patentes asociadas con la tecnología Fence Antenna™.
^{*} Se integrará una solución de sobrecobrimiento con estas señales, que estará disponible cuando la constelación se haya consolidado y esté lista para su uso comercial.
^{**} Sujeto a anomalías multicamino y a una geometría satelital atípica. Siempre se deben aplicar las mejores prácticas de topografía GNSS.
[†] Bajo condiciones de observación nominal y estrictos métodos de procesamiento, incluido el uso de GPS de frecuencia dual, etimología precisa, condiciones atmosféricas favorables, una calibración aprobada de la antena, visibilidad sin obstáculos por encima de 10 grados y una duración de observación de al menos 3 horas (dependiendo de la longitud de referencia).
^{††} De -30 °C a +60 °C con baterías integradas.





Anexo 5. Informe de procesamiento en Trimble Business Center.

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:		Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:		Datum:	WGS 1984
Modificado/a:		Zona:	19 South
Zona horaria:		Geoide:	EGM08-1_PERU
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		Obra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
PU02 --- PUN01165 (B1)	PU02	PUN01165	Fija	0.001	0.002	165°32'30"	34160.824	148.578
PU02 --- PCG 01 (B2)	PU02	PCG 01	Fija	0.004	0.001	164°53'12"	34692.168	194.704
PU02 --- PUN01164 (B3)	PU02	PUN01164	Fija	0.006	0.006	161°56'18"	35880.516	211.284
PU02 --- PCG 02 (B4)	PU02	PCG 02	Fija	0.008	0.003	158°16'55"	36518.491	221.059
PU02 --- PUN01163 (B5)	PU02	PUN01163	Fija	0.008	0.005	157°57'52"	36473.746	219.090

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
5	5	0	0



PU02 - PUN01165 (Segundos intercalados inválidos-Segundos intercalados inválidos) (S2)

Observación de línea base:	PU02 — PUN01165 (B1)
Procesados:	Segundos intercalados inválidos
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Múltiples frecuencias
Precisión horizontal:	0.001 m
Precisión vertical:	0.003 m
RMS:	0.006 m
PDOP máximo:	0.727
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	Segundos intercalados inválidos (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	00:30:10
Intervalo de procesamiento:	10 segundos
Modo de procesamiento	Modo carril ancho

Componentes de vector (Marca a marca)

De: PU02					
	Cuadrícula		Local		Global
Este	373508.229 m	Latitud	S15°30'51.75428"	Latitud	S15°30'51.75428"
Norte	8284432.165 m	Longitud	A70°10'45.77081"	Longitud	A70°10'45.77081"
Elevación	3834.470 m	Altura	3880.636 m	Altura	3880.636 m

Hasta: PUN01165					
	Cuadrícula		Local		Global
Este	382219.102 m	Latitud	S15°48'47.87550"	Latitud	S15°48'47.87550"
Norte	8251408.237 m	Longitud	A70°05'59.16981"	Longitud	A70°05'59.16981"
Elevación	3983.611 m	Altura	4029.214 m	Altura	4029.214 m

Vector					
ΔEste	8710.874 m	Acimut Adelante NS	165°32'30"	ΔX	5045.258 m
ΔNorte	-33023.927 m	Dist. elip	34160.824 m	ΔY	11171.627 m
ΔElevación	149.141 m	ΔAltura	148.578 m	ΔZ	-31908.886 m



Errores estándar

Errores de vector:					
$\sigma \Delta Este$	0.005 m	σ Acimut NS delantero	0°00'00"	$\sigma \Delta X$	0.010 m
$\sigma \Delta Norte$	0.005 m	σ Dist. elipsoide	0.005 m	$\sigma \Delta Y$	0.004 m
$\sigma \Delta Elevación$	0.007 m	$\sigma \Delta$ Altura	0.027 m	$\sigma \Delta Z$	0.008 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0001084470		
Y	-0.0002217975	0.0005807956	
Z	-0.0000650058	0.0001626648	0.0000680121

Ocupaciones

	De	A
ID de punto:	PU02	PUN01165
Archivo de datos:	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\Sin nombre (3)\PU02255aA.T02	C:\Users\USUARIO\Documents\Trimble Business Center\Sin nombre (3)\02542551.T02
Tipo de receptor:	NetR9	R12
Número de serie del receptor:	5742R51312	6102F00254
Tipo de antena:	Zephyr 3 Geodetic w/TZGD	R12 Internal
Número de serie de la antena:	51129465	-----
Altura de la antena (medida):	0.075 m	1.454 m
Método de antena:	Base del soporte de la antena	Palanca de la extensión del R10



Resumen de seguimiento

SV	Segundos intercalados inválidos	Duración: 00:30:21	Intervalo principal: 00:01:50	Segundos intercalados inválidos
G 5	L1 L2			
G 12	L1 L2			
G 13	L1 L2			
G 14	L1 L2 L5			
G 15	L1 L2			
G 17	L1 L2			
G 19	L1 L2			
G 20	L1 L2			
G 24	L1 L2 L5			
G 30	L1 L2 L5			
R 6	L1			
R 7	L1 L2			
R 8	L1 L2			
R 9	L1 L2			
R 10	L1			
E 2	E1 E5			
E 3	E1 E5			
E 7	E1 E5			
E 8	E1 E5			
E 27	E1 E5			



SV	Segundos intercalados inválidos: 00:30:21 Duración: 00:30:21 Intervalo principal: 00:01:30 Segundos intercalados inválidos
E 30	

Anexo 6. Informe de procesamiento en Pix4D.

REPORTE DE CALIDAD



Generated with Pix4Denterprise version 4.4.12

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary i

Project	PYTESIS
Processed	2021-10-15 05:38:11
Camera Model Name(s)	FC6510_8.8_4864x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.11 cm / 0.83 in
Area Covered	2.672 km ² / 267.2123 ha / 1.03 sq. mi. / 660.6377 acres
Time for Initial Processing (without report)	27h:31m:43s

Quality Check i

? Images	median of 67050 keypoints per image	✓
? Dataset	1169 out of 1176 images calibrated (99%), 1 images disabled, 9 blocks	✓
? Camera Optimization	239.24% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 3406.79 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 39 GCPs (39 3D), mean RMS error = 4.129 m	✓

? Preview



Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details i

Number of Calibrated Images	1169 out of 1177
Number of Geolocated Images	1177 out of 1177

? Initial Image Positions i



Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

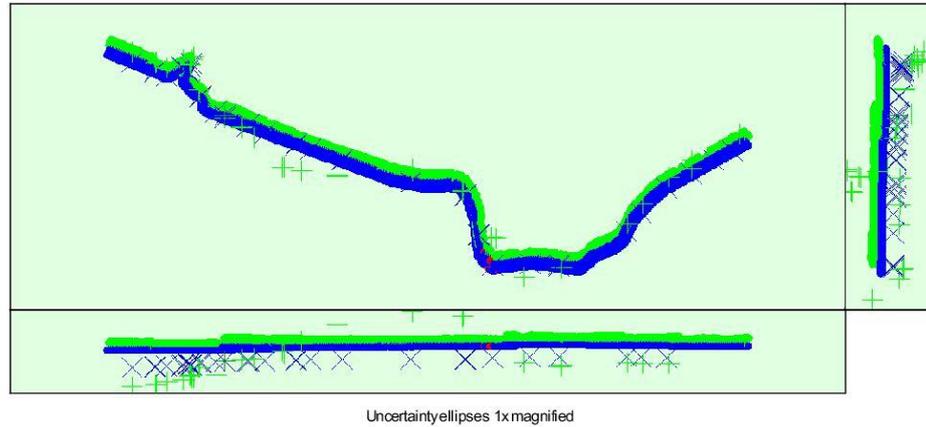


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	2.009	2.137	1.640	1.273	1.292	1.397
Sigma	0.044	0.044	0.068	1.572	1.343	1.682

Overlap

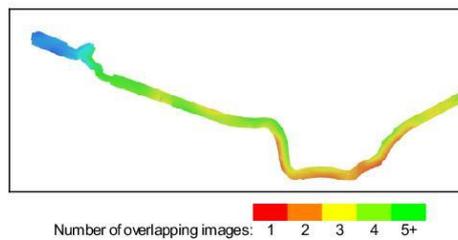


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

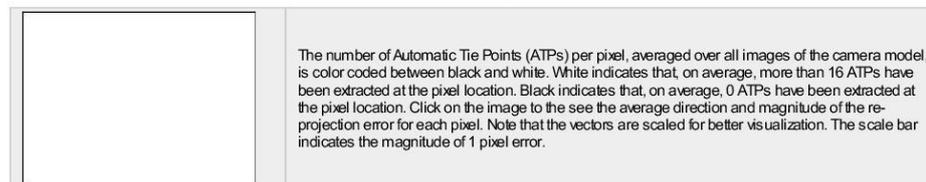
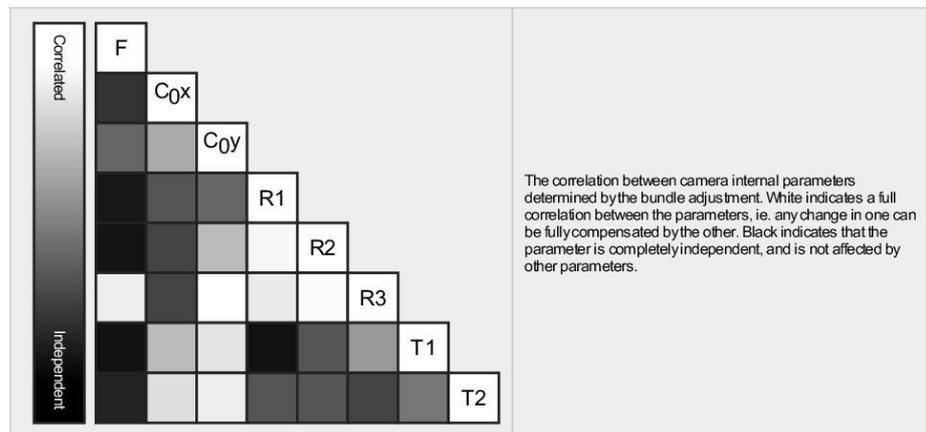
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	6878101
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	2742532
Mean Reprojection Error [pixels]	0.437

Internal Camera Parameters

FC6510_8.8_4864x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 11.407 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310R_8.8_4864x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3689.450 [pixel] 8.653 [mm]	2427.470 [pixel] 5.693 [mm]	1829.690 [pixel] 4.291 [mm]	0.003	-0.011	0.011	0.001	0.001
Optimized Values	12516.322 [pixel] 29.354 [mm]	2467.005 [pixel] 5.786 [mm]	1998.363 [pixel] 4.687 [mm]	-0.111	-0.815	20.923	-0.008	-0.002
Uncertainties (Sigma)	107.426 [pixel] 0.252 [mm]	69.210 [pixel] 0.162 [mm]	66.186 [pixel] 0.155 [mm]	0.108	4.258	49.919	0.002	0.002



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	67050	3407
Min	24015	26
Max	79944	33017
Mean	65676	5884

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	2037026

In 3 Images	411187
In 4 Images	139025
In 5 Images	65410
In 6 Images	36222
In 7 Images	20228
In 8 Images	11998
In 9 Images	7397
In 10 Images	5032
In 11 Images	3008
In 12 Images	1951
In 13 Images	1357
In 14 Images	891
In 15 Images	731
In 16 Images	564
In 17 Images	277
In 18 Images	141
In 19 Images	66
In 20 Images	13
In 21 Images	8

2D Keypoint Matches

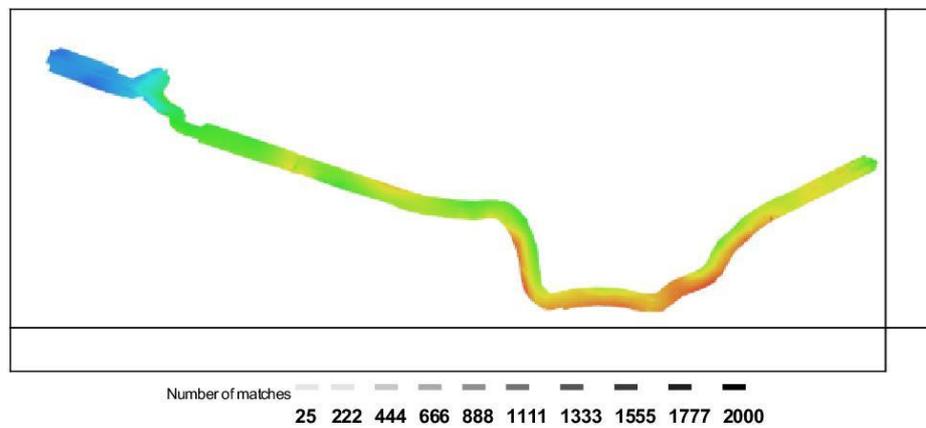


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
9 (3D)	0.020/ 0.020	1.087	-0.983	0.737	2.878	17 / 19
10 (3D)	0.020/ 0.020	-1.178	2.383	1.768	1.791	3 / 14
11 (3D)	0.020/ 0.020	55.876	21.423	-3.121	3.492	15 / 15
12 (3D)	0.020/ 0.020	54.485	12.708	-12.670	2.835	16 / 16
13 (3D)	0.020/ 0.020	100.399	41.347	-21.538	3.164	15 / 15
14 (3D)	0.020/ 0.020	109.800	220.214	-59.873	3.835	11 / 11
15 (3D)	0.020/ 0.020	116.320	202.513	-81.472	2.440	10 / 10
16 (3D)	0.020/ 0.020	84.392	198.918	-164.970	4.720	10 / 10



17 (3D)	0.020/ 0.020	42.594	161.295	-319.972	3.761	7 / 7
18 (3D)	0.020/ 0.020	43.658	140.454	-336.427	3.341	10 / 10
19 (3D)	0.020/ 0.020	-15.786	-136.869	-443.382	3.752	8 / 8
20 (3D)	0.020/ 0.020	-9.271	-99.598	-445.347	2.743	8 / 10
21 (3D)	0.020/ 0.020	17.415	-53.066	-397.968	2.881	8 / 10
22 (3D)	0.020/ 0.020	33.903	-29.863	-393.422	3.798	8 / 10
23 (3D)	0.020/ 0.020	-161.266	30.068	-584.089	2.194	7 / 9
24 (3D)	0.020/ 0.020	-109.026	25.241	-542.169	3.119	4 / 5
25 (3D)	0.020/ 0.020	-212.699	293.714	-198.435	1.908	5 / 5
26 (3D)	0.020/ 0.020	57.060	123.452	56.794	3.052	10 / 10
27 (3D)	0.020/ 0.020	-21.439	18.369	84.525	1.681	9 / 10
28 (3D)	0.020/ 0.020	-15.831	20.356	92.219	2.002	9 / 9
31 (3D)	0.020/ 0.020	-10.855	-77.079	49.303	1.407	8 / 8
32 (3D)	0.020/ 0.020	-15.678	-85.503	55.945	0.962	11 / 11
33 (3D)	0.020/ 0.020	-21.761	-97.409	55.824	1.332	7 / 7
34 (3D)	0.020/ 0.020	-20.204	-105.304	353.962	1.584	8 / 8
35 (3D)	0.020/ 0.020	-8.242	-121.573	350.451	1.501	8 / 9
26 (3D)	0.020/ 0.020	196.745	73.197	410.103	3.237	9 / 10
37 (3D)	0.020/ 0.020	-66.484	-159.035	509.779	2.700	10 / 10
28 (3D)	0.020/ 0.020	1.820	-93.072	177.429	1.244	16 / 16
2 (3D)	0.020/ 0.020	-3.284	-78.852	165.718	1.630	11 / 11
3 (3D)	0.020/ 0.020	-4.135	-78.823	166.528	0.886	11 / 11
4 (3D)	0.020/ 0.020	-5.623	-72.737	144.959	1.015	12 / 12
5 (3D)	0.020/ 0.020	-15.241	-67.048	130.563	0.992	11 / 11
6 (3D)	0.020/ 0.020	-15.943	-67.973	134.643	1.170	8 / 8
7 (3D)	0.020/ 0.020	-21.520	-64.458	116.024	0.956	3 / 3
8 (3D)	0.020/ 0.020	-18.979	-64.171	113.690	1.610	6 / 6
9 (3D)	0.020/ 0.020	-14.614	-64.742	104.907	1.685	13 / 13
10 (3D)	0.020/ 0.020	-13.796	-63.998	98.287	2.238	8 / 8
12 (3D)	0.020/ 0.020	4.045	-72.294	41.792	1.564	7 / 7
11 (3D)	0.020/ 0.020	22.680	-48.067	40.873	1.736	7 / 7
13 (3D)	0.020/ 0.020	-9.990	13.581	124.489	0.638	3 / 3
Mean [m]		3.349129	-5.273554	-10.905383		
Sigma [m]		69.411477	107.568132	255.408706		
RMS Error [m]		69.492228	107.697323	255.641418		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance



Min Error [m]	MaxError [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z[%]
-	-0.03	53.98	43.97	45.77
-0.03	-0.02	0.26	0.09	0.00
-0.02	-0.02	0.17	0.17	0.09
-0.02	-0.01	0.17	0.00	0.00
-0.01	-0.01	0.09	0.00	0.09
-0.01	0.00	0.09	0.17	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.26	0.17	0.17
0.01	0.02	0.17	0.17	0.00
0.02	0.02	0.09	0.00	0.17
0.02	0.03	0.26	0.17	0.09
0.03	-	42.09	47.99	51.15
Mean [m]		-2.184101	-1.966881	-11.155236
Sigma [m]		1.154125	9.262510	7.730924
RMS Error [m]		1.239764	8.447750	1.573981



Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-8.180194	-88.973748	-71.130889

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	0.94	0.60	0.43
[-2.00, 2.00]	1.97	1.37	0.68
[-3.00, 3.00]	2.99	1.97	1.20
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.020000	0.020000	0.020000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	86.492
Phi	12.677
Kappa	46.751

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-4510U CPU @ 2.00GHz RAM: 8GB GPU: Intel(R) HD Graphics Family (Driver: 20.19.15.4531)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM2008 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 19S (EGM08 Geoid) Output
Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 19S (EGM08 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Custom, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, no

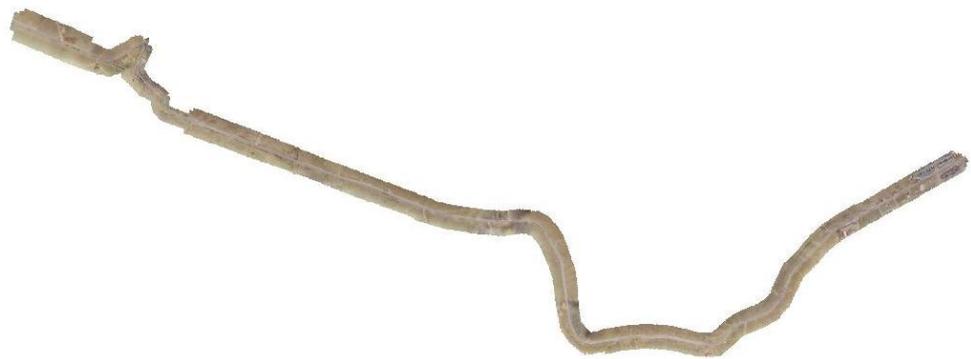


Anexo 7. Informe de procesamiento en Agisoft Metashape.

PROYECTO DE TESIS UNA-PUNO

INFORME DE PROCESAMIENTO

12 de octubre del 2021



Datos del levantamiento

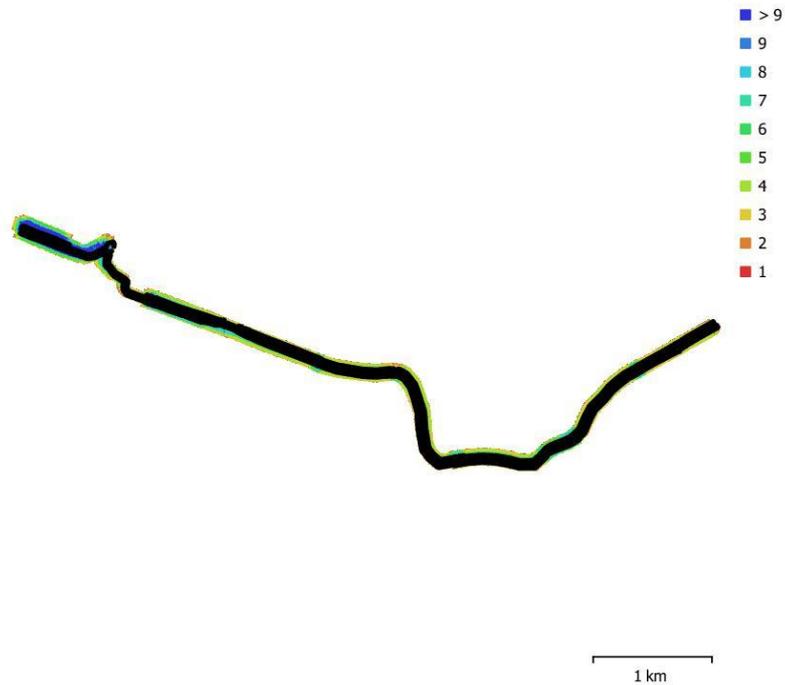


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 1,177	Posiciones de cámara: 1,177
Altitud media de vuelo: 222 m	Puntos de enlace: 1,482,579
Resolución en terreno: 1.90 cm/pix	Proyecciones: 4,499,672
Superficie cubierta: 1.15 km ²	Error de reproyección: 2.96 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310R (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

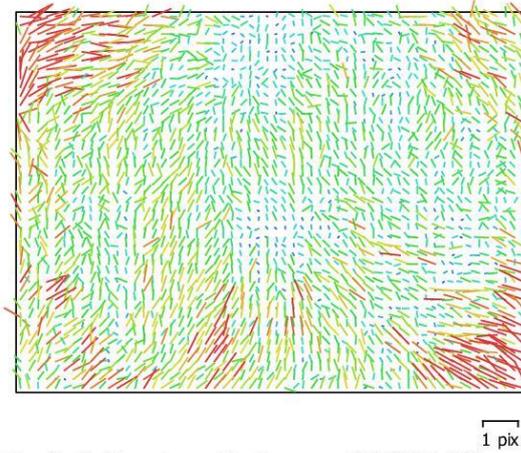


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310R (8.8mm).

FC6310R (8.8mm)

1177 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras
F:	11030.7		
Cx:	125.717	B1:	-1.40176
Cy:	135.232	B2:	-6.85647
K1:	0.109626	P1:	0.000447198
K2:	-5.34217	P2:	-0.00514585
K3:	93.8083	P3:	0
K4:	-538.444	P4:	0

Puntos de control terrestres

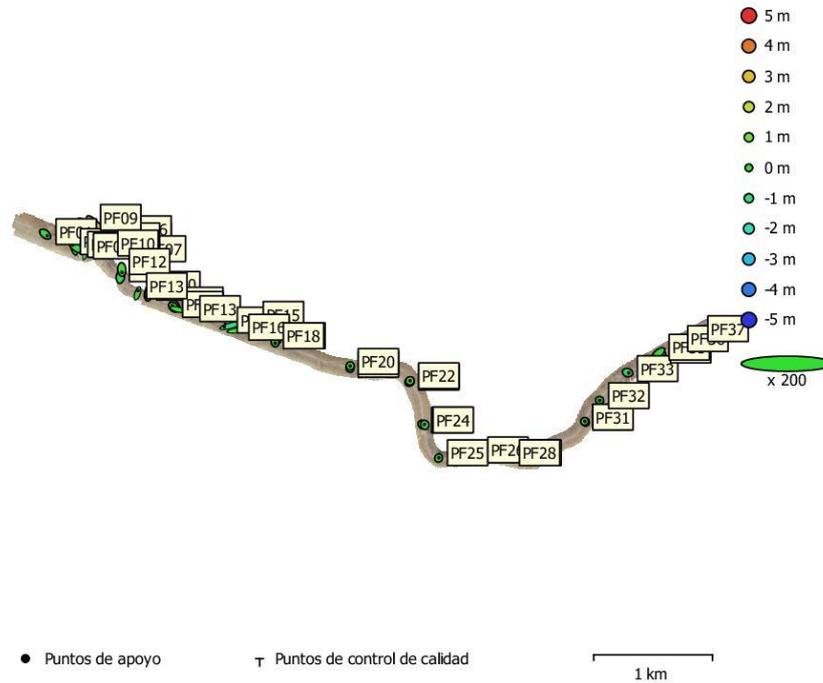


Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Posiciones estimadas de puntos de apoyo se indican con los puntos negros, puntos de control
- con cruzamiento.

Número	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)	Error XY (m)	Total (m)
41	0.454397	0.371174	0.991713	0.586725	1.15228

Tabla 2. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.



Nombre	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)	Total (m)	Imagen (pix)
PF9	-0.0306607	-0.24317	0.17961	0.303861	0.672 (10)
PF10	-0.140439	-0.254018	-0.250611	0.383476	0.828 (15)
PF11	-0.112984	0.161124	-0.302387	0.360783	0.697 (15)
PF12	-0.118623	0.114355	0.271095	0.317239	0.738 (8)
PF13	0.746885	-0.192226	0.166918	0.789082	1.085 (14)
PF14	0.838435	0.468105	4.37849	4.48255	2.754 (2)
PF15	-1.23618	-0.363348	-1.2023	1.7623	12.240 (11)
PF16	0.702549	0.113654	0.381349	0.807415	1.448 (10)
PF17	-0.0495151	-0.0289915	-0.123073	0.135791	0.568 (6)
PF18	0.00968774	-0.0963332	0.0516004	0.109711	1.044 (10)
PF19	0.000834497	-0.00207726	0.266639	0.266649	0.788 (10)
PF20	-0.00201653	-0.00798842	-0.327107	0.327211	0.738 (8)
PF21	-0.0452464	-0.0309151	-0.590073	0.592612	1.321 (8)
PF22	0.0102216	0.0091928	0.433125	0.433344	1.239 (10)
PF23	0.0400331	-0.0253391	0.451886	0.454363	0.924 (9)
PF24	-0.01849	0.0352453	-0.467245	0.468938	0.549 (7)
PF25	0.0121093	0.0225258	0.0761164	0.0802979	0.266 (7)
PF26	-0.00434321	-0.0292229	0.0546563	0.0621301	0.400 (10)
PF27	-0.0295312	-0.0555592	0.151082	0.163661	0.569 (10)
PF28	0.0401007	0.0621555	-0.0997945	0.124219	0.435 (9)
PF30	0.0153688	-0.038124	-0.052675	0.0668154	0.499 (8)
PF31	0.0131802	0.00558891	-0.00960748	0.0172412	0.585 (8)
PF32	0.0148687	-0.00678892	-0.0732996	0.0751	0.286 (11)
PF33	0.0917281	-0.0263914	-0.417926	0.428687	0.493 (8)
PF34	-0.250069	-0.154319	-0.48218	0.564665	0.937 (9)
PF35	-0.27774	-0.245952	-0.030611	0.372248	0.847 (9)
PF36	0.102301	0.287257	1.68324	1.71064	2.818 (11)
PF37	0.353625	0.189057	-0.760133	0.859415	0.839 (10)
PF01	0.17341	-0.136919	0.0731365	0.232738	0.721 (15)
PF02	-0.100867	0.394078	-0.173357	0.442182	1.302 (11)
PF03	-0.26347	0.198488	-0.151144	0.362847	1.561 (11)



Nombre	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)	Total (m)	Imagen
(pix)PF04	0.193418	1.00261	-0.661801	1.21681	1.001 (12)
PF05	-0.831344	-0.0630827	-1.53121	1.74348	2.644 (6)
PF06	-0.918795	-0.329642	-0.68759	1.194	3.927 (8)
PF07	-1.10019	0.672832	0.181001	1.30226	0.582 (2)
PF08	-0.282241	0.583267	0.87159	1.08606	5.094 (6)
PF09	0.713972	-1.04018	3.09639	3.34356	2.174 (3)
PF10	1.15494	-1.10767	0.537552	1.68813	9.043 (8)
PF11	0.040021	0.238064	-0.379323	0.449625	0.571 (7)
PF12	0.015969	-0.243737	0.314561	0.39826	0.721 (7)
PF13	0.154972	0.556268	0.156898	0.598387	1.358 (3)
Total	0.454397	0.371174	0.991713	1.15228	2.869

Tabla 3. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

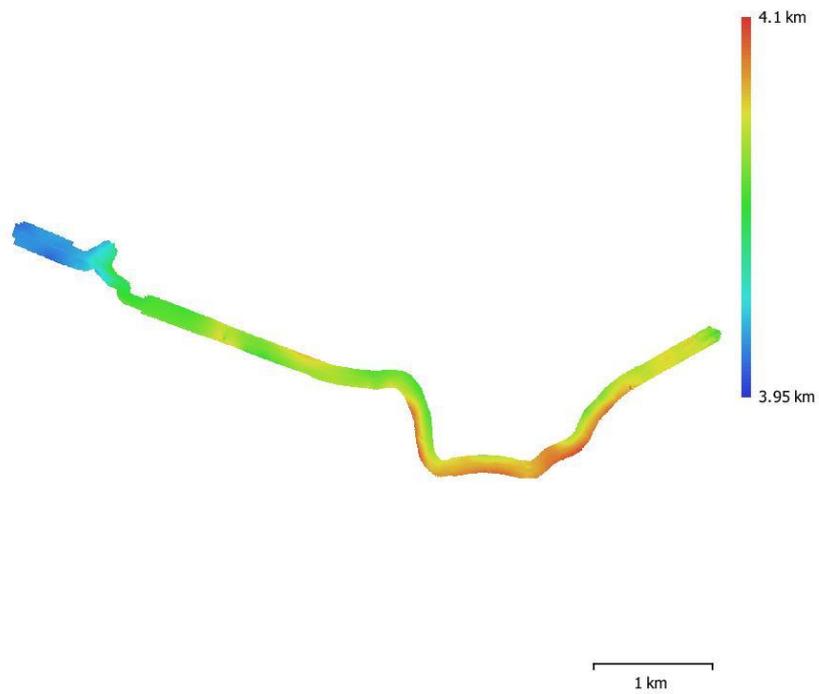


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 7.97 cm/pix
Densidad de puntos: 158 puntos/m²



Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	1177
Cámaras orientadas	1177
Marcadores	41
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S T
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Nube de puntos

Puntos	1,482,579 de 1,531,397
RMS error de reproyección	1.24153 (2.96053 pix)
Error de reproyección máximo	58.7327 (176.427 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	2.96242 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos claves	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.12355

Mapas de profundidad

Número	1177
--------	------

Nube de puntos densa

Puntos	278,701,787
Colores de puntos	3 bandas, uint8

Modelo digital de elevaciones

Tamaño	99,293 x 51,411
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S T

Ortomosaico

Tamaño	300,443 x 110,227
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 19S T
Colores	3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Realizar el relleno de agujeros	Sí

Software

Versión	1.5.1 build 7618
Plataforma	Windows 64