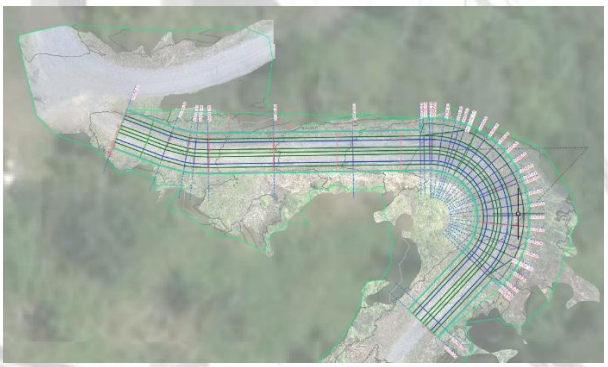
INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS



CONSECUTIVO:
05-TOP-001-PH110_70-2025

PÁGINAS:
1 DE 068

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO – UAV

Este documento es propiedad de INDESK LABORATORIO, CONSULTORIA E INGENIERIA SAS y no debe ser modificado; copiado o difundido por ningún medio o persona alguna no autorizada sin el permiso o aprobación del propietario. El solicitante o usuario será responsable por cualquier uso indebido. Este documento no es válido sin la firma original.

DEPARTAMENTO:	MUNICIPIO:	FECHA DE ENTREGA:
BOYACÁ	BRICEÑO	SEPTIEMBRE 2025

ELABORADO Y APROBADO

ING. ESP. OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO
Especialista en Estructuras
Especialista en Infraestructura Vial
Máster BIM Diseño Y Construcción De Vías, Carreteras Y Autopistas
Phd En Ingeniería Con Énfasis En Transito Y Transporte ©
Ingeniero Civil
M.P No. 25202-385894 CND

PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA RED VIAL TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS TARPEYA Y MINACHAL DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO BOYACÁ."



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVOS 4
3. METODOLOGÍA 5
4. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO 7
4.1. Descripción Física: 8
4.2. Límites del municipio: 11
4.3. Localización Descriptiva: 12
4.4. Ubicación del proyecto: 12
5. Procesamiento de Datos 14
5.1. Planificación de Vuelo 14
5.1. Marcación y Georreferenciación de Puntos de Control (GCP): 18
5.2. Ejecución del Vuelo: 21
5.3. Descarga y Organización de Datos: 27
5.4. Carga de Imágenes en Software de Procesamiento: 30
5.5. Alineación de Imágenes y Calibración de Cámara: 32
5.6. Generación de Nube de Puntos Densa: 34
5.7. Creación del Modelo Digital de Elevación (DEM): 37
5.8. Generación del Ortofotomosaico: 43
5.9. Control de Calidad de Productos: 45
5.10. Exportación de Productos Finales: 47
6. Procesamiento de Nube de Puntos Con ReCap PRO 56
7. EQUIPOS 56
8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 59





1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico detalla el levantamiento topográfico realizado en la via Principal sector la Tarpeya Y Minachal, jurisdicción del municipio de BRICEÑO, departamento de Boyacá, mediante la utilización de tecnología basada en aeronaves no tripuladas (UAV), específicamente el dron DJI Mavic Air 2S. Esta actividad hace parte del proceso de diagnóstico y planificación territorial, siendo fundamental para apoyar iniciativas de mejoramiento urbano, adecuación del espacio público e infraestructura Vial.

El área intervenida representa un punto estratégico para la comunidad, por lo cual se requirió información topográfica precisa y detallada que permita identificar condiciones del terreno, elementos existentes y características geométricas relevantes.

El desarrollo del levantamiento topográfico se realizó cumpliendo con los lineamientos técnicos establecidos en la Guía GU-DP-02 de Elaboración de Estudios Topográficos, garantizando la calidad, exactitud y confiabilidad de los datos recolectados. Esta guía integra parámetros normativos, metodológicos y de calidad para asegurar la validez de la información geoespacial generada en proyectos de infraestructura y espacio público.

La metodología aplicada incluyó actividades como la planificación previa del vuelo, la identificación y georreferenciación de puntos de control terrestre (GCP), la ejecución de vuelos automáticos sobre el área objetivo, la captura fotogramétrica de alta resolución y la generación de productos tales como ortofotos, modelos digitales de terreno (MDT), curvas de nivel y planos base en formato CAD, todos ellos debidamente georreferenciados al sistema oficial MAGNA-SIRGAS.

El uso del dron DJI Mavic Air 2S permitió obtener imágenes de alta calidad con una resolución espacial aproximada de 0.96 cm/píxel, lo que, sumado a la correcta implementación de puntos de control geodésico obtenidos con tecnología GNSS de doble frecuencia, garantizó una precisión posicional adecuada para escalas de diseño 1:500. Los datos capturados fueron procesados mediante software especializado para fotogrametría y sistemas de información geográfica (SIG), asegurando la confiabilidad de los productos finales. Este informe presenta de manera ordenada la metodología empleada, los equipos y herramientas utilizadas, los resultados obtenidos y los productos generados, constituyéndose en un insumo técnico fundamental para la planificación y ejecución de futuras obras en el sector.





2. *OBJETIVOS*

Objetivo General

- Realizar un levantamiento topográfico detallado mediante la utilización de dron DJI Mavic Air 2S en el marco del proyecto "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA RED VIAL TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS TARPEYA Y MINACHAL DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO BOYACÁ", con el fin de obtener información geoespacial precisa que permita la elaboración de productos cartográficos y modelos digitales de terreno, útiles para el desarrollo de los diseños y la futura intervención del espacio público en Infraestructura Vial.

Objetivos específicos

- Obtener una nube de puntos densa y precisa que permita la generación de un Modelo Digital de Terreno (MDT) y curvas de nivel con equidistancia adecuada para escalas de diseño de detalle (1:500), necesarias para el desarrollo de los "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA RED VIAL TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS TARPEYA Y MINACHAL DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO BOYACÁ".

- Capturar imágenes aéreas ortogonales de alta resolución para la elaboración de un ortofotomosaico georreferenciado al sistema MAGNA-SIRGAS, cumpliendo con las especificaciones técnicas de precisión establecidas en la Guía GU-DP-02.

- Materializar y georreferenciar puntos de control terrestre (GCP) con tecnología GNSS de alta precisión, asegurando la confiabilidad y exactitud de los productos fotogramétricos generados para los fines del proyecto de mejoramiento y embellecimiento del parque.

- Incorporar medidas de seguridad vial en el diseño geométrico de Placa Huella con visibilidad óptima en intersecciones. Evaluar la situación actual del proyecto e identificar problemáticas a nivel de movilidad.

- Elaborar planos topográficos detallados en formato digital compatibles con software CAD y SIG, que contengan todos los elementos y características geométricas del área objeto de estudio, en función de los requerimientos técnicos del proyecto de estudios y diseños del parque principal.





3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el levantamiento fotogramétrico y en la generación de insumos para el diseño geométrico de la placa huella se estructuró en varias fases consecutivas, desde la planificación del vuelo hasta la exportación de productos finales, asegurando la calidad y precisión de la información recolectada.

Planificación del vuelo

- Se definieron los tramos de estudio (Tramo 2 y Tramo 3) en el municipio de Briceño, Boyacá, determinando las áreas de interés y las condiciones topográficas particulares de cada sector.
- Se establecieron las alturas de vuelo para alcanzar un **Ground Sampling Distance (GSD) aproximado de 0,93 cm/píxel**, suficiente para los fines del diseño geométrico.
- Se programó el solape longitudinal y transversal de las imágenes para garantizar la correcta alineación fotogramétrica.
- Se revisaron las condiciones climáticas, programando los vuelos en jornadas de buena visibilidad y baja nubosidad, con el fin de minimizar sombras y distorsiones.

Captura de imágenes

- Se utilizaron drones equipados con cámaras **DJI FC3411** de 17 megapíxeles, resolución de 5472x3078 px.
- En el **Tramo 2** se capturaron 279 imágenes (96 % alineadas) y en el **Tramo 3** un total de 258 imágenes (97 % alineadas).
- La velocidad de obturación empleada fue de **1/500 en el Tramo 2** y **1/180 en el Tramo 3**, lo que aseguró imágenes nítidas con mínima incidencia de desenfoques.

Procesamiento de datos

- El procesamiento fotogramétrico se realizó en la plataforma **DroneDeploy**, empleando técnicas de **Structure from Motion (SfM)** para reconstruir tridimensionalmente la superficie del terreno.
- Se generaron los siguientes productos:
    - **Ortomosaicos:** corregidos geométrica y radiométricamente, con resolución de 0,93 cm/píxel.
    - **Nubes de puntos:** con densidad de **869,94 puntos/m² en Tramo 2** y **4177,92 puntos/m² en Tramo 3**.
    - **Modelos Digitales de Elevación (MDE):** con resoluciones de 1,37 cm/píxel en Tramo 2 y 0,83 cm/píxel en Tramo 3.
- Se verificaron los parámetros de calibración de la cámara, que mostraron variaciones mínimas (0,05 %), confirmando la estabilidad del sensor.

Control de calidad

- Se evaluaron los **errores medios cuadráticos (RMSE)** de las posiciones GPS de cámara, obteniendo **0,54 m en el Tramo 2** y **0,39 m en el Tramo 3**, dentro de los rangos aceptables para levantamientos aéreos sin puntos de control terrestre.





- Se realizó una revisión visual de los productos (ortomosaicos y MDE), confirmando la ausencia de errores de cosido significativos, distorsiones o pérdida de información en áreas críticas.
- Se analizaron las densidades de puntos y coberturas, determinando que el Tramo 3, a pesar de cubrir menor superficie, alcanzó un mayor nivel de detalle.

Exportación de productos finales

- Los ortomosaicos fueron exportados en formato **GeoTIFF**, georreferenciados al sistema oficial (MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá).
- Las nubes de puntos se exportaron en formato **LAS/LAZ**, compatibles con software de topografía y diseño.
- Los Modelos Digitales de Elevación se entregaron en **GeoTIFF y ASCII Grid**, listos para ser empleados en análisis de pendientes, generación de curvas de nivel y diseño geométrico.
- Se produjeron derivados como curvas de nivel (0,25 m y 0,50 m de intervalo) y Modelos Digitales de Terreno (MDT), exportados en formatos **DXF y LandXML**, compatibles con AutoCAD Civil 3D e InfraWorks.

Síntesis metodológica

La metodología combinó **tecnología de captura aérea con dron**, **procesamiento fotogramétrico avanzado** y **verificación de calidad**, asegurando productos cartográficos de alta resolución, precisos y confiables. Estos insumos constituyen la base fundamental para el **diseño geométrico de la vía en placa huella**, permitiendo la planificación detallada, optimización de trazados y definición de obras complementarias en el municipio de Briceño.





4. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

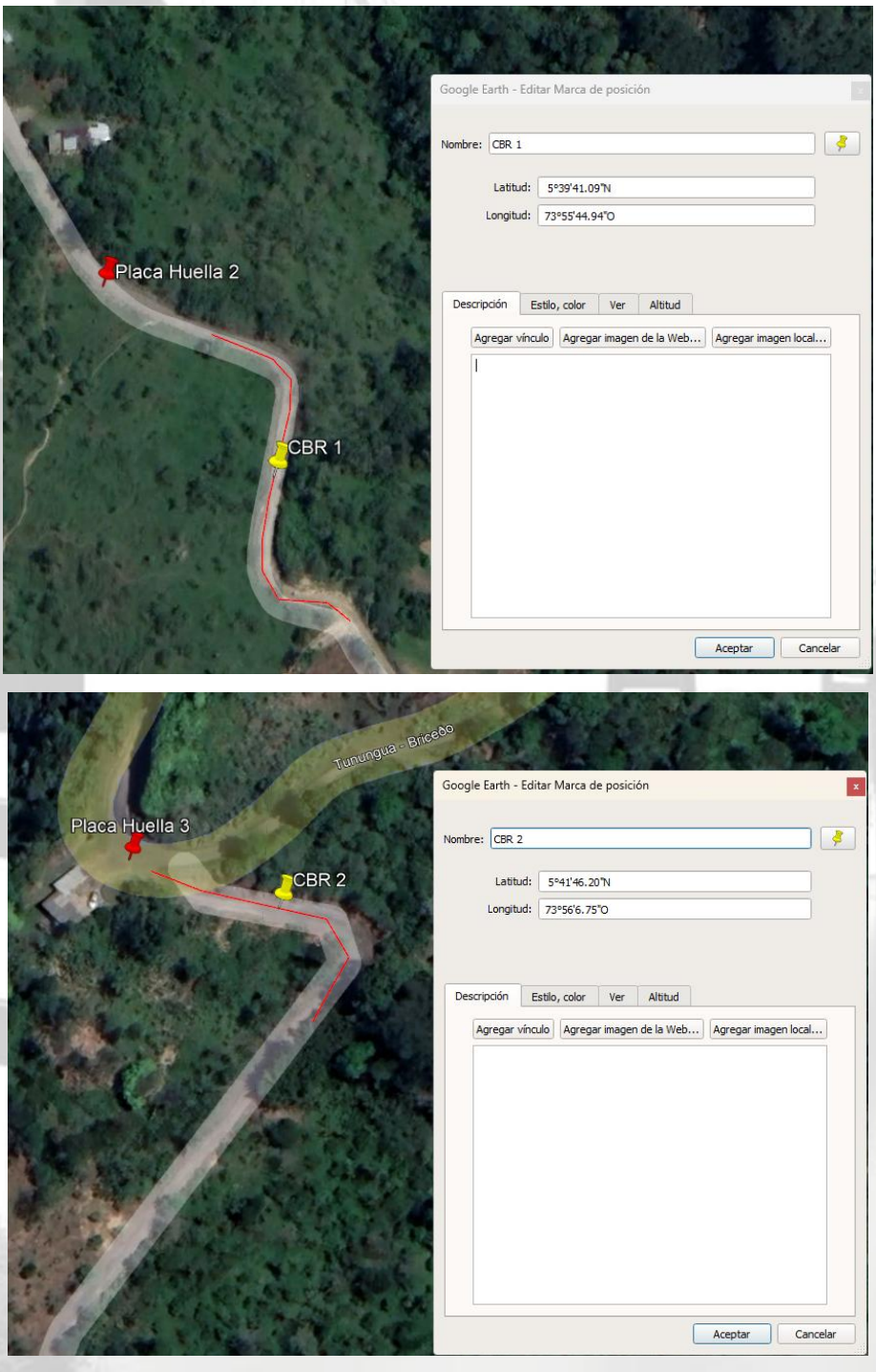


Ilustración 1 Fuente propia. Ubicación del proyecto.

El proyecto titulado "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE LA RED VIAL TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LAS VEREDAS TARPEYA Y MINACHAL DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO BOYACÁ." se localiza en el tramo comprendido en el K 0+055, CBR 1 del TR2 (coordenadas 5°39'41.09"N, 73°55'44.94"O) y el punto final CBR 2 del TR3 (coordenadas 5°41'46.20"N, 73°56'6.75"O) respectivamente, de la vía que se pretende intervenir en el municipio de Briceño, en el departamento de Boyacá. Esta región hace parte de la zona occidental del departamento, caracterizada por un relieve montañoso y una vocación rural predominante, con actividades agrícolas y ganaderas propias de la región andina colombiana. La via genera en la región la intercomunicación de la actividad comunitaria y social, siendo el espacio urbano más representativo del municipio, razón por la cual ha sido seleccionado como objeto del presente estudio de levantamiento topográfico.

De acuerdo con la información obtenida a partir de herramientas de georreferenciación mediante Google Earth, el área intervenida se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: K 0+055, CBR 1 del TR2 (coordenadas 5°39'41.09"N, 73°55'44.94"O) y el punto final CBR 2 del TR3 (coordenadas 5°41'46.20"N, 73°56'6.75"O), con una altitud aproximada entre 1300 y 1500 metros sobre el nivel del mar. Este punto corresponde al centroide del polígono de la Via Proyectada, La zona de estudio fue delimitada considerando las vías de acceso, edificaciones colindantes, zonas verdes y espacio público adyacente, asegurando una cobertura suficiente para el desarrollo de productos cartográficos completos que sirvan de base para el diseño y planificación de las obras de mejoramiento y construcción previstas en el proyecto.

4.1. Descripción Física:

El municipio de Briceño se localiza en una zona montañosa de la cordillera Oriental, dentro de la provincia de Occidente del departamento de Boyacá. Su relieve está conformado principalmente por pendientes medias y fuertes, con rangos que superan el 12% en varios sectores, lo que dificulta la transitabilidad vehicular en las vías terciarias.





La topografía presenta cañones, laderas pronunciadas y terrazas de origen aluvial, que favorecen la erosión superficial en época de lluvias. Estas condiciones hacen que las vías en afirmado pierdan rápidamente su capacidad de soporte y estabilidad.

Clima

El municipio presenta un clima cálido con temperatura promedio de 27 °C en la mayor parte del territorio. Las precipitaciones son variables a lo largo del año, con temporadas de lluvias intensas que generan escorrentías superficiales y deslizamientos en las vías rurales.

Este comportamiento climático influye directamente en la degradación de la infraestructura vial, razón por la cual se hace necesario implementar soluciones constructivas como la placa huella, que brindan resistencia y durabilidad en zonas de alta pendiente.

Suelos y Geología

Los suelos predominantes en el municipio son de origen aluvial y coluvial, con texturas franco-arcillosas y arcillosas, que en condiciones de saturación presentan baja capacidad portante y alta susceptibilidad a la plasticidad y deformación.

Geológicamente, la región se encuentra en un área de transición con afloramientos de rocas sedimentarias y formaciones propias de la cordillera Oriental. Esta composición genera variabilidad en las condiciones de cimentación de las vías y explica la presencia de fallas superficiales en tramos en afirmado.





Hidrografía

El territorio está drenado por varias microcuencas que desembocan en ríos secundarios, conformando una red hídrica que influye en la erosión de las laderas y en el deterioro de las vías. Entre las fuentes hídricas más representativas se encuentran quebradas de caudal medio y bajo, que incrementan su capacidad en épocas de invierno, generando procesos de socavación y arrastre de materiales.

Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

La cobertura vegetal del municipio está asociada principalmente a cultivos agrícolas (café, caña panelera, plátano y productos de pancoger) y a zonas de bosque secundario en áreas de ladera. En las zonas rurales predominan los paisajes agroforestales que, en algunos sectores, cumplen un papel de contención frente a procesos erosivos.

El uso del suelo está orientado al aprovechamiento agropecuario, lo que hace indispensable contar con una red vial terciaria adecuada para el transporte de cosechas hacia los centros de acopio y comercialización.

Infraestructura Vial Existente

La infraestructura vial actual está compuesta en su mayoría por vías terciarias en afirmado, con calzadas de entre 3,5 m y 4,5 m de ancho. En sectores críticos, el tránsito se ve interrumpido durante las lluvias debido a la pérdida de material granular y la formación de lodazales.

Estas condiciones han motivado la implementación de placas huella en tramos con pendientes superiores al 10%, como una solución técnica que permite mejorar la





resistencia estructural de la vía, garantizar la movilidad continua y reducir los costos de mantenimiento.

4.2. Límites del municipio:

El municipio de Briceño se encuentra ubicado en la provincia de Occidente del departamento de Boyacá, con una extensión aproximada de 64 km². Su localización estratégica en el noroccidente boyacense le permite actuar como punto de conexión entre diversos municipios de Boyacá y departamentos vecinos como Santander.

Por el norte limita con el municipio de Tununguá (Boyacá) y con el municipio de Albania (Santander). Esta franja delimita la transición hacia el departamento de Santander, constituyéndose en una zona de importancia estratégica para la integración interdepartamental. Los corredores viales que atraviesan este sector son de carácter rural y permiten la comunicación de comunidades campesinas dedicadas principalmente al cultivo de café y caña panelera.

Hacia el sur limita con los municipios de Caldas y Pauna (Boyacá). Estos municipios conforman una unidad territorial con condiciones topográficas y productivas similares, caracterizadas por relieves montañosos y suelos destinados a la producción agropecuaria. Este límite es fundamental para la interconexión con los circuitos de comercialización que tienen como destino principal la ciudad de Chiquinquirá.

Por el costado oriental limita con los municipios de Saboyá y Chiquinquirá. Este límite constituye uno de los más importantes desde el punto de vista de accesibilidad, dado que la conexión con Chiquinquirá representa la principal vía de acceso al municipio y la ruta de salida hacia Tunja, capital departamental, y hacia Bogotá D.C.. En este sector se concentra la mayor dinámica comercial y de movilidad, ya que Chiquinquirá funciona como centro de abastecimiento, acopio agrícola y prestación de servicios educativos, de salud y administrativos para la población briceñita.

Al occidente limita nuevamente con el municipio de Pauna. Este límite es de gran relevancia porque facilita la comunicación con la zona cafetera del occidente boyacense, reconocida por su vocación agrícola. La conexión vial por este sector es de carácter terciario, con caminos en afirmado que requieren intervención para mejorar la transitabilidad, especialmente en épocas de lluvia.

La delimitación territorial de Briceño no solo cumple un papel político-administrativo, sino que también define la conectividad vial regional entre Boyacá y Santander, establece corredores estratégicos para el transporte de productos agrícolas hacia Chiquinquirá, Bogotá y Tunja, permite identificar las áreas críticas que requieren mejoramiento de la infraestructura vial mediante soluciones técnicas como la placa huella, y marca las zonas de influencia social y económica del municipio, donde la interacción con los vecinos es constante y vital para el comercio y el desarrollo comunitario.

4.3. Localización Descriptiva:



Ilustración 2 Localización Descriptiva

4.4. Ubicación del proyecto:

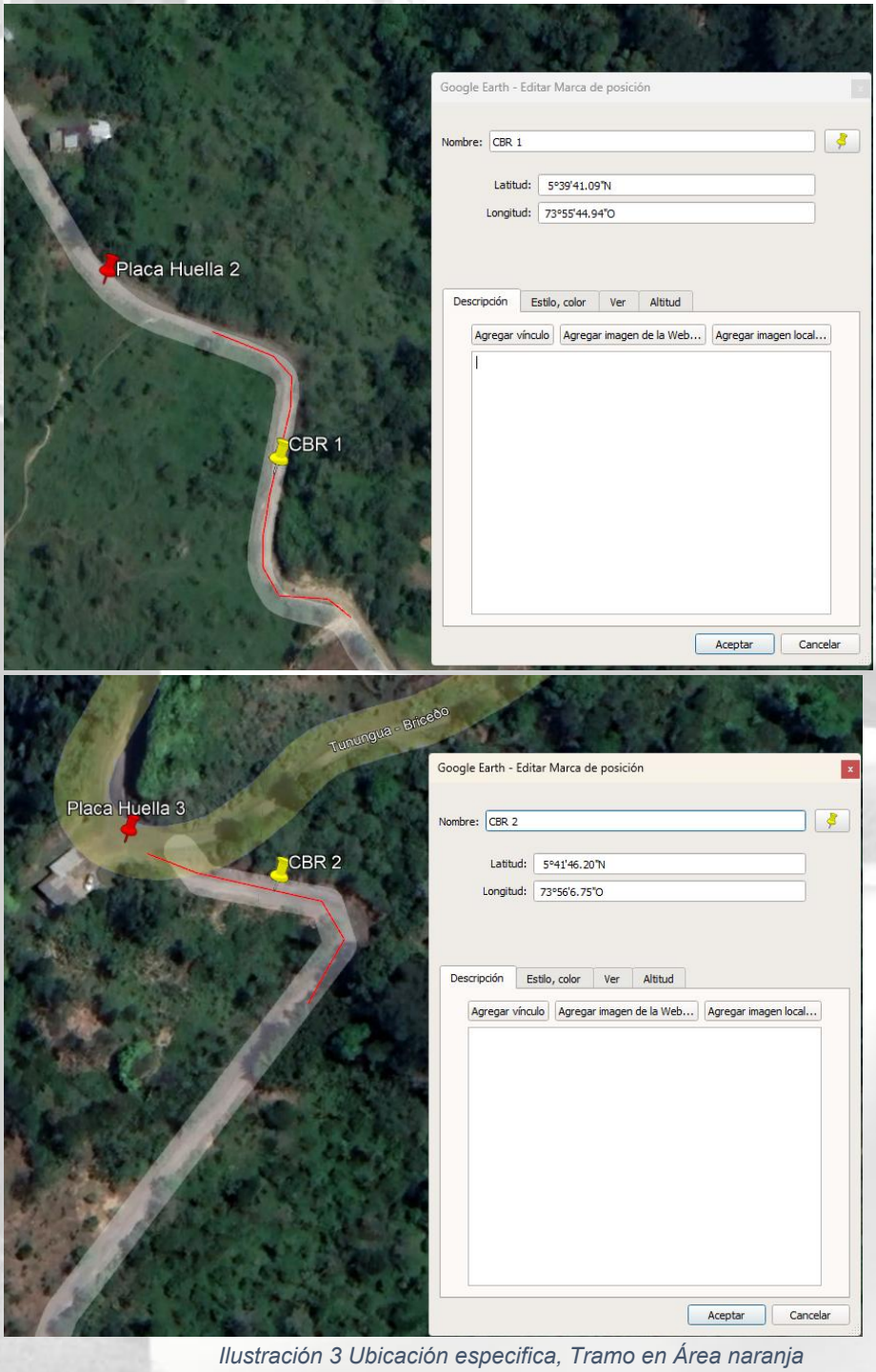


Ilustración 3 Ubicación especifica, Tramo en Área naranja



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



5. Procesamiento de Datos

5.1. Planificación de Vuelo

La fase de planificación del vuelo fotogramétrico fue esencial para garantizar la correcta adquisición de datos en los tramos de estudio, asegurando la cobertura, resolución y precisión requeridas para el diseño geométrico de la vía en placa huella en el municipio de Briceño, Boyacá.

La planificación contempló los siguientes aspectos:

Definición del área de interés

- Se delimitaron los **Tramos 2 y 3**, priorizando sectores de la vía con pendientes pronunciadas y zonas críticas para la transitabilidad.
- El área total de levantamiento correspondió a **29.920,20 m² para el Tramo 2** y **16.566,72 m² para el Tramo 3**, con porcentajes de cobertura de 28 % y 9,94 % respectivamente.

Selección del equipo

- Se utilizó un dron equipado con cámara **DJI FC3411** de 17 megapíxeles, resolución **5472x3078 px**, adecuada para capturas de alta definición.
- Este sensor fue escogido por su estabilidad, fidelidad en la reproducción de color y mínima distorsión de lente.

Parámetros de vuelo

- Se estableció una altura de vuelo diseñada para alcanzar un **Ground Sampling Distance (GSD) de 0,93 cm/píxel**, asegurando un nivel de detalle suficiente para cálculos topográficos y geométricos.
- Se programó un **traslape longitudinal y transversal superior al 70 %**, garantizando una adecuada superposición de imágenes para el procesamiento en 3D.
- Se priorizó el uso de trayectorias paralelas al eje vial, maximizando la captura de detalle en las zonas de rodadura y taludes.

Condiciones ambientales

- Los vuelos fueron programados en jornadas de **cielo despejado y buena iluminación natural**, con el fin de reducir la presencia de sombras, reflejos o distorsiones en las imágenes.
- La velocidad del viento en el momento de captura fue baja, lo que permitió estabilidad en el dron y minimizó riesgos de vibración o inclinación en la cámara.

Configuración de captura de imágenes

- Se emplearon **velocidades de obturación de 1/500 s en el Tramo 2 y de 1/180 s en el Tramo 3**, ajustadas a las condiciones de luz y dinámica de vuelo.
- En el **Tramo 2 se capturaron 279 imágenes** (96 % alineadas en el procesamiento) y en el **Tramo 3 un total de 258 imágenes** (97 % alineadas).
- Se generó una proporción de imágenes nadir relativamente baja (3 % en Tramo 2 y 2 % en Tramo 3), predominando las capturas oblicuas y horizontales, lo que aportó mayor cobertura lateral aunque con riesgo de pequeñas distorsiones en bordes.

Seguridad y control

- Previo al vuelo se realizó la **revisión técnica del dron**, verificando baterías, sistema GPS y calibración de la cámara.
- Se estableció un perímetro de seguridad para evitar interferencias durante la operación aérea.
- Se mantuvo un plan de contingencia para el aterrizaje en caso de condiciones adversas.











"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



Ilustración 4 Selección del Sistema de Georeferenciación



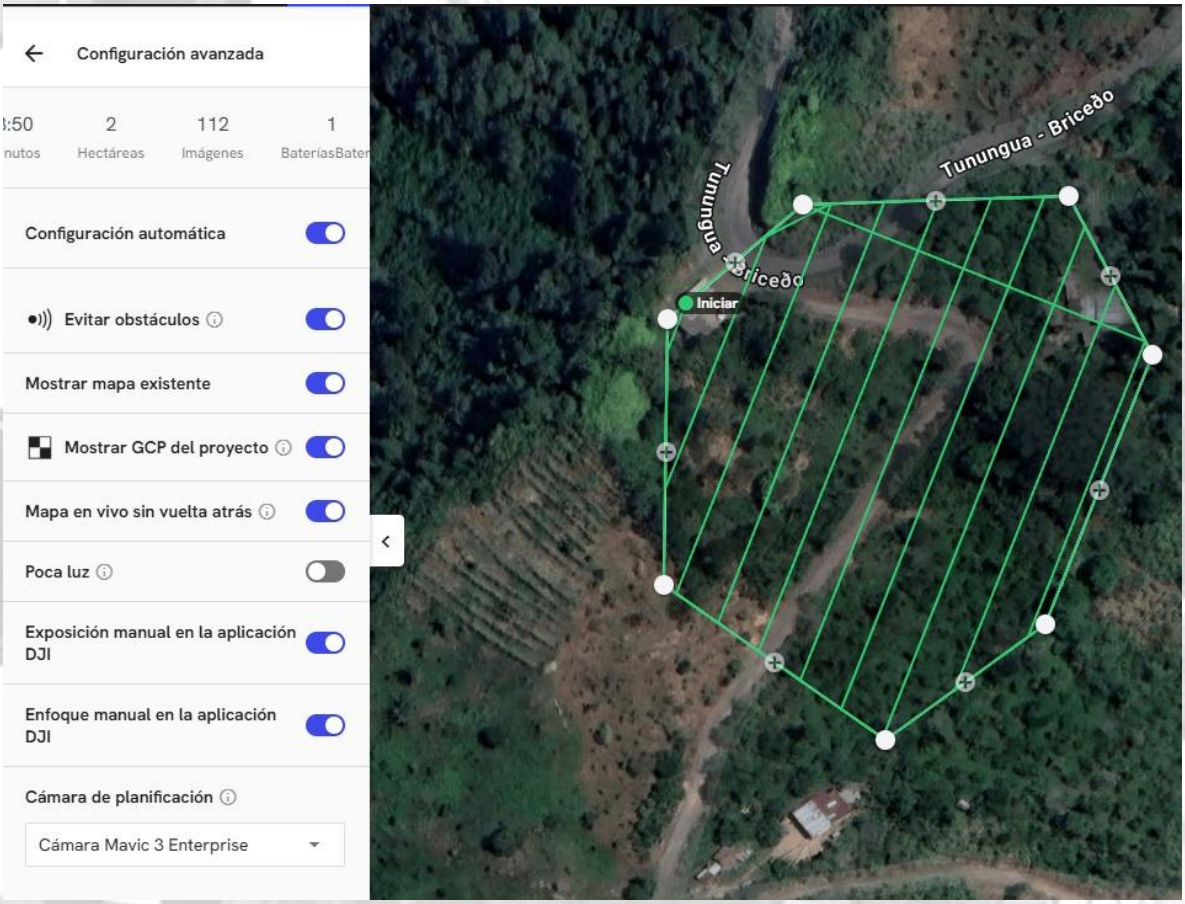


Ilustración 5 Selección de Parámetros Dependientes de Vuelo

5.1. Marcación y Georreferenciación de Puntos de Control (GCP):

En campo, se establecieron y marcaron puntos de control terrestre (GCP) en sitios estables y visibles desde el aire, los cuales fueron medidos con equipo GNSS de doble frecuencia para asegurar una georreferenciación precisa. Estos puntos sirvieron de referencia para la corrección geométrica y la ortorrectificación de los productos generados en gabinete.

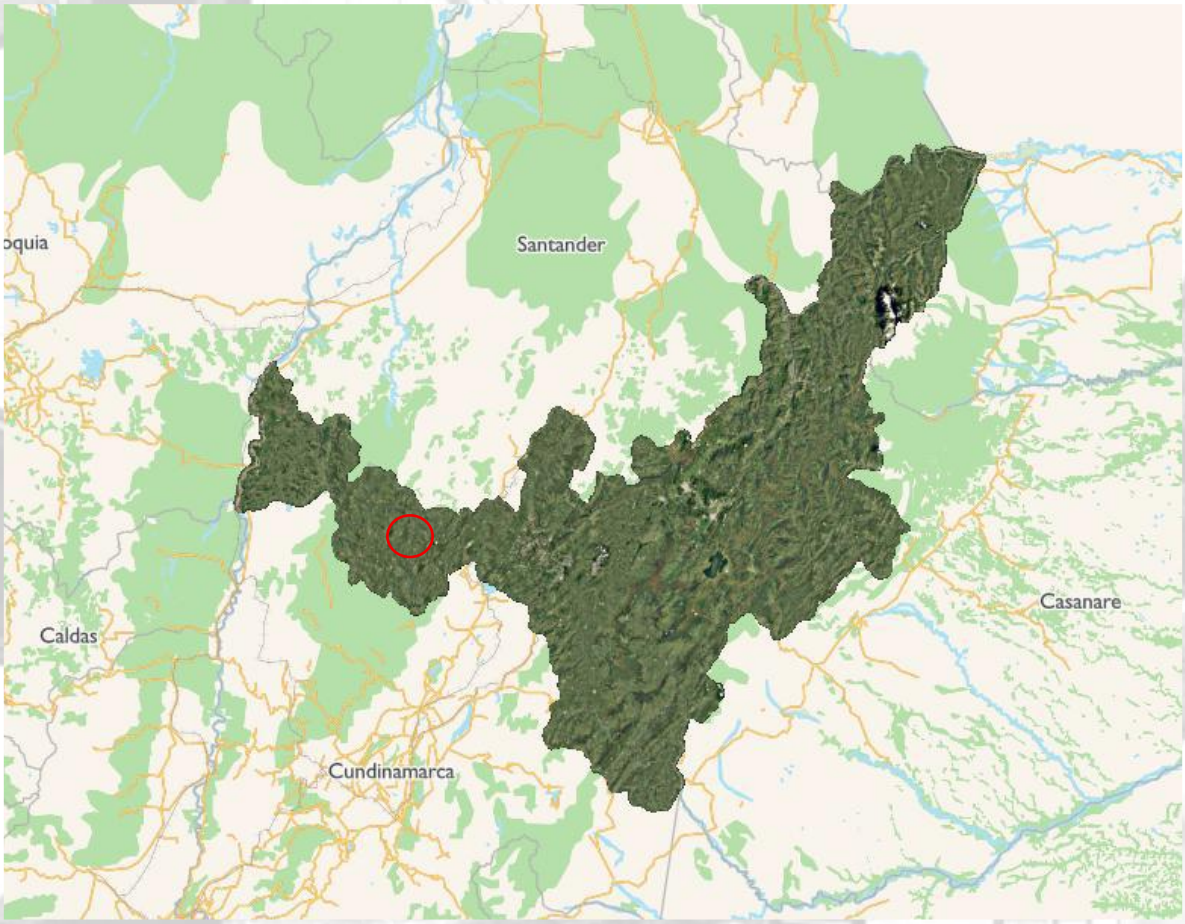


Ilustración 6 Localización Nacional

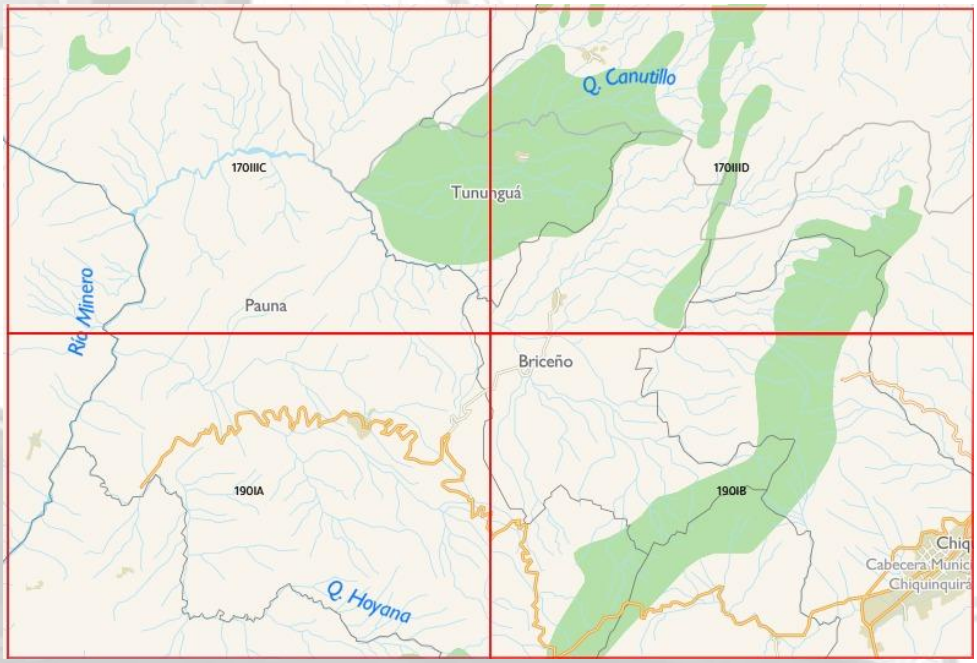


Ilustración 7 Localización Catastral IGAC. Fuente IGAC Consulta Catastral.

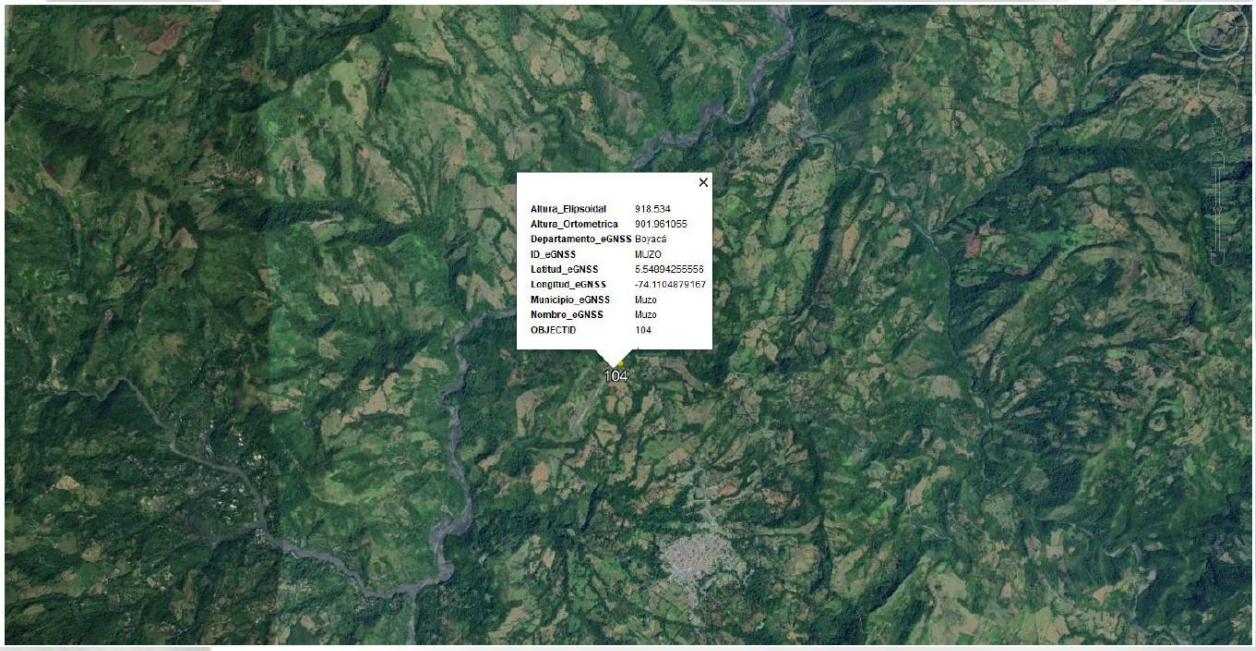


Ilustración 8 Localización Red pasiva GeoRED – IGAC Sobre Imagen Satelital Google Earth IMAGE 2025 CNES/Airbus – Image 2025 Maxar Technologies





5.2. Ejecución del Vuelo:

Para la obtención de la información planialtimétrica de los tramos en estudio se realizaron vuelos fotogramétricos con dron, procesados en la plataforma DroneDeploy. La ejecución se llevó a cabo en dos campañas, correspondientes al Tramo 2 y al Tramo 3.

Los vuelos se efectuaron con un dron equipado con cámara DJI – FC3411 de 17 megapíxeles de resolución (5472x3078 px), garantizando la captura de imágenes de alta calidad y textura suficiente para el levantamiento fotogramétrico.

En cada uno de los tramos se empleó un modo de captura estándar, con predominio de imágenes oblicuas y horizontales. La proporción de imágenes nadir fue reducida (3 % en Tramo 2 y 2 % en Tramo 3), lo que se traduce en posibles distorsiones menores en los bordes y en elementos verticales, aunque no compromete la calidad del modelo digital del terreno.

Durante la operación aérea se tomaron las siguientes medidas:

Condiciones de iluminación: vuelos realizados en horas diurnas, con buena visibilidad.

Velocidad y solape: se mantuvo un traslape longitudinal y transversal adecuado para garantizar la alineación de las imágenes y la generación de la nube de puntos.

Altura de vuelo: ajustada para obtener un GSD cercano a 0,9 cm/píxel, permitiendo un detalle suficiente para fines de diseño geométrico.





Calidad de imágenes: reportes con nitidez óptima y velocidad de obturación de 1/500 en el Tramo 2 y 1/180 en el Tramo 3, minimizando el riesgo de desenfoques por movimiento.

En total se capturaron 279 imágenes en el Tramo 2, de las cuales se alineó correctamente el 96 %, y 258 imágenes en el Tramo 3, con un 97 % de alineación. Esto permitió reconstrucciones confiables y de alta precisión.

La densidad de la nube de puntos obtenida fue de 869,94 puntos/m² en el Tramo 2 y de 4177,92 puntos/m² en el Tramo 3, siendo este último el que alcanzó mayor nivel de detalle topográfico.

La precisión de los datos GPS de cámara se evaluó con errores medios cuadráticos (RMSE), registrándose un valor de 0,54 m para el Tramo 2 y de 0,39 m para el Tramo 3, lo que refleja una mayor exactitud en el segundo levantamiento.

En conclusión, la ejecución del vuelo se desarrolló de manera exitosa, cumpliendo los parámetros técnicos requeridos para la generación de ortomosaicos, modelos digitales de elevación y nubes de puntos con detalle suficiente para el diseño geométrico de placas huella.









Ilustración 9 Vista 2D Fotos del Mapa

INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS





"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com 3204444700



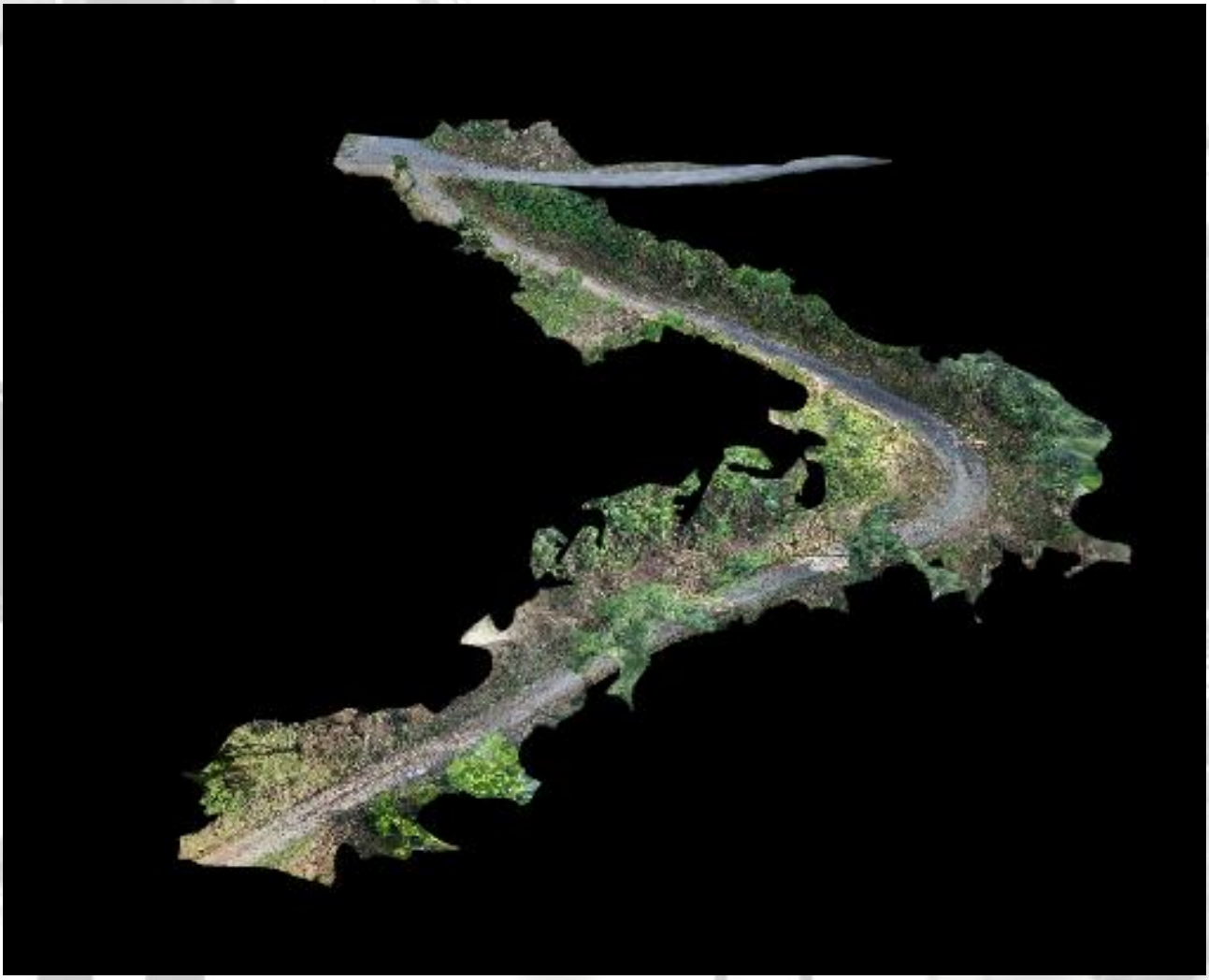


Ilustración 10 Vista 3D Fotos de Captura del Mapa





5.3. Descarga y Organización de Datos:

Las imágenes capturadas fueron descargadas de la memoria del dron y organizadas en carpetas específicas para su posterior procesamiento. Se verificó la integridad de cada archivo, comprobando la existencia de metadatos completos (coordenadas, altitud, orientación de cámara).

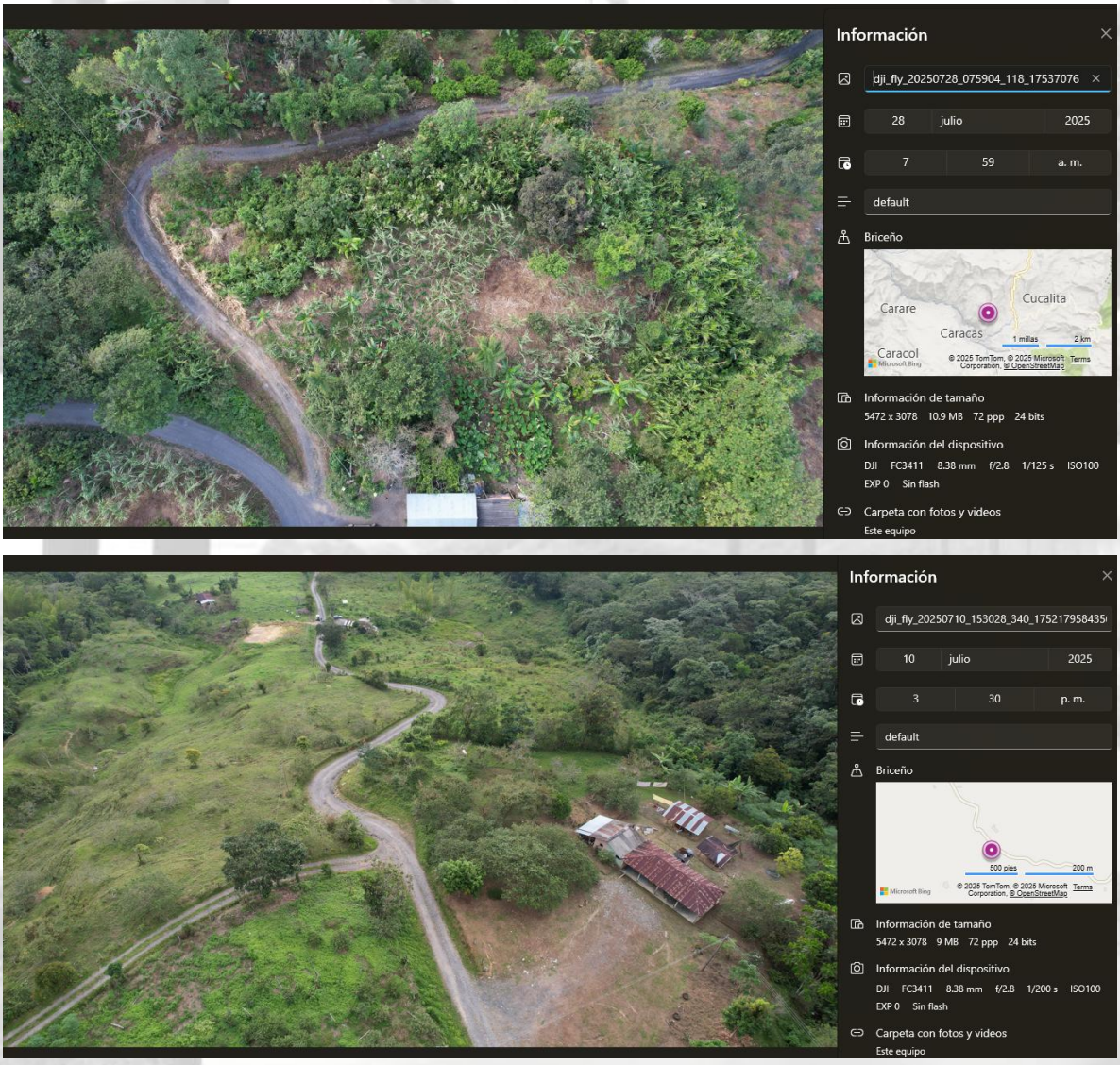
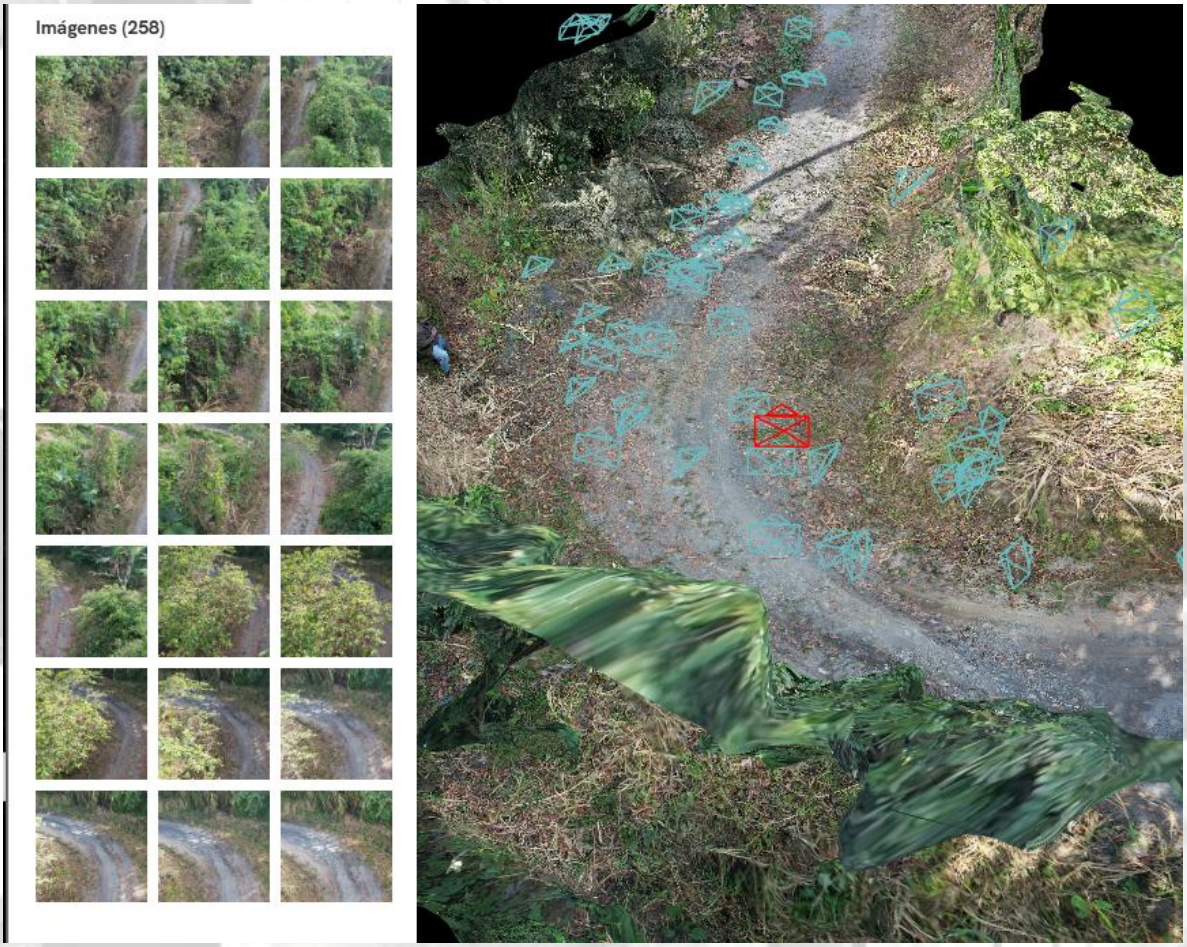


Ilustración 11 MetaData de Informacion GeoReferenciada de Imagen capturada por Dron DJI Mavic AIR 2s


Imágenes (258)

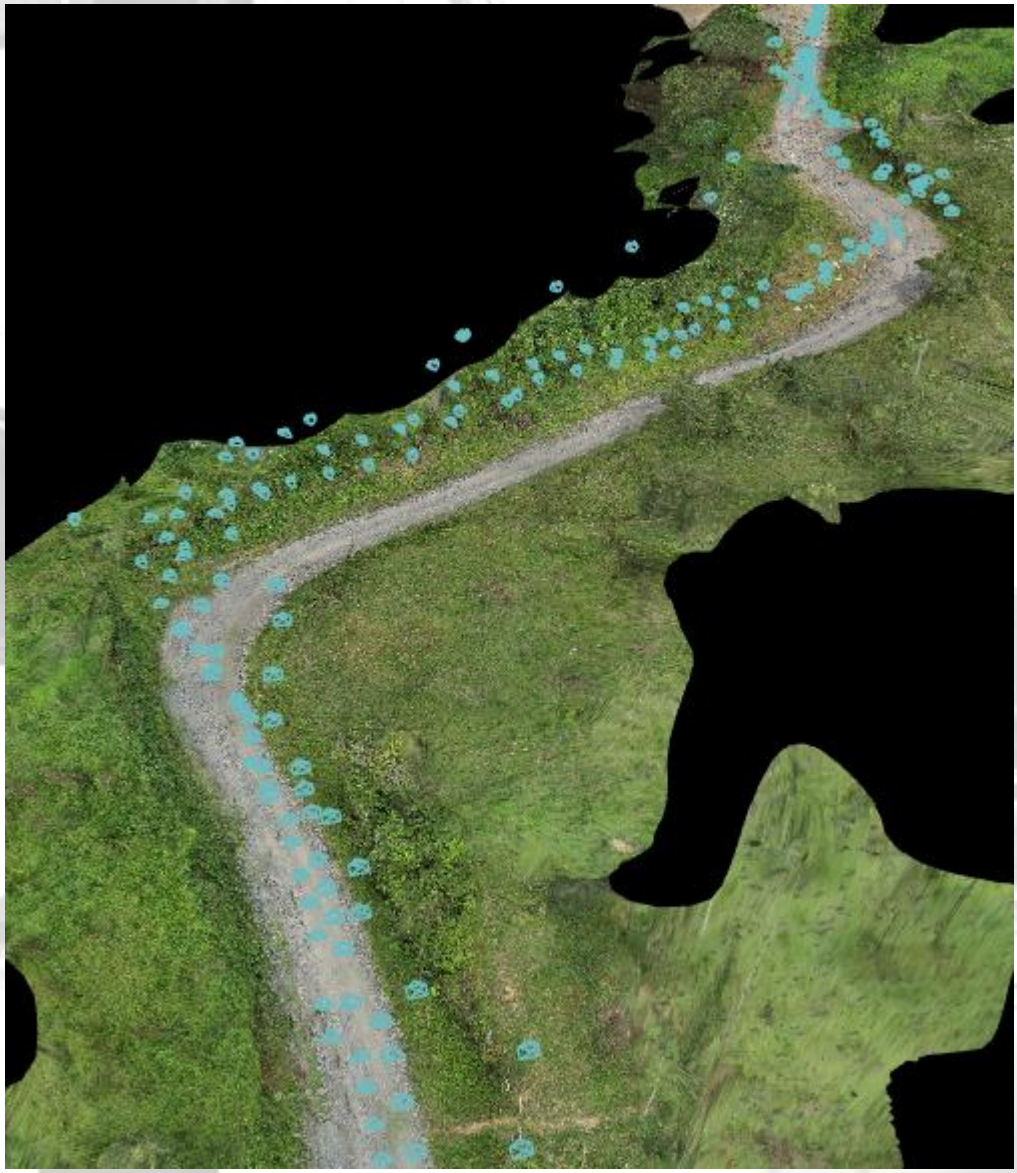


Ilustración 12 Verificacion de Ubicacion de Captura de Datos





5.4. Carga de Imágenes en Software de Procesamiento:

Las imágenes fueron cargadas en la plataforma DroneDeploy, configurando los parámetros de proyecto: sistema de referencia MAGNA-SIRGAS, altitud absoluta, escala deseada, y utilizando el motor de procesamiento estándar recomendado para ortofotomosaicos y Modelos Digitales de Elevación.





Ilustración 13 Carga de Imágenes





5.5. Alineación de Imágenes y Calibración de Cámara:

DroneDeploy ejecutó automáticamente el proceso de alineación de imágenes mediante la técnica de Estructura desde el Movimiento (SfM), logrando una tasa de alineación del 100%. La optimización de los parámetros de cámara presentó una variación mínima de 0.05% con respecto a los valores nominales del sensor DJI FC3411, garantizando así la estabilidad interna del modelo fotogramétrico.

Tramo 2 PHB - Tramo 2 PHB

Captured: Jul 10, 2025, Processed: Sep 03, 2025



Map Details Summary ⓘ

Project Name	Tramo 2 PHB - Tramo 2 PHB
Photogrammetry Engine	DroneDeploy Proprietary
Processing Mode	Standard
Date Of Capture	Jul 10, 2025
Date Processed	Sep 03, 2025
GSD Orthomosaic (GSD DEM)	0.93cm/px (**DEM** 1.37cm/px)
Area Bounds (Coverage)	29920.20m^2 (28%)
Image Sensors	DJI - FC3411
Average GPS Trust	10.00m





Tramo 3 PHB - Tramo 3 PHB



Captured: Jul 28, 2025, Processed: Sep 03, 2025

Map Details Summary

Project Name	Tramo 3 PHB - Tramo 3 PHB
Photogrammetry Engine	DroneDeploy Proprietary
Processing Mode	Standard
Date Of Capture	Jul 28, 2025
Date Processed	Sep 03, 2025
GSD Orthomosaic (GSD DEM)	0.93cm/px (**DEM** 0.83cm/px)
Area Bounds (Coverage)	16566.72m^2 (9%)
Image Sensors	DJI - FC3411
Average GPS Trust	10.00m

Ilustración 14 Mapa de Detalle

Quality & Accuracy Summary

Image Quality		High texture images
Median Shutter Speed		1/500
Images Uploaded (Aligned %)		279 (96%)
Camera Optimization		0.05% variation from reference intrinsics

Quality & Accuracy Summary

Image Quality		High texture images
Median Shutter Speed		1/180
Images Uploaded (Aligned %)		258 (97%)
Camera Optimization		0.05% variation from reference intrinsics

Ilustración 15 Alineación y optimización de Parámetros de Cámara





5.6. Generación de Nube de Puntos Densa:

La generación de la nube de puntos se llevó a cabo mediante el procesamiento de las imágenes obtenidas en los vuelos fotogramétricos, utilizando la plataforma **DroneDeploy** y aplicando técnicas de **Structure from Motion (SfM)**. Este procedimiento permitió transformar las fotografías aéreas en un modelo tridimensional con gran nivel de detalle, representando la superficie del terreno y los elementos presentes en el área de estudio. El proceso incluyó las siguientes etapas:

- **Alineación de cámaras:** en el **Tramo 2** se logró un 96 % de imágenes alineadas (269/279), mientras que en el **Tramo 3** el porcentaje fue del 97 % (251/258), garantizando una base sólida para la reconstrucción 3D.
- **Calibración de cámara:** en ambos casos se obtuvo una variación mínima de 0,05 % respecto a los parámetros intrínsecos de referencia, lo que confirma la estabilidad de la captura.
- **Reconstrucción espacial:** a partir de la correlación entre imágenes se generaron las geometrías iniciales, con un error medio cuadrático (RMSE) en la localización GPS de **0,54 m para el Tramo 2** y de **0,39 m para el Tramo 3**, indicando buena precisión.
- **Densificación:** se optimizó la nube de puntos para alcanzar una mayor resolución en el modelo digital del terreno.

Resultados obtenidos

- En el **Tramo 2** se generó una nube compuesta por **7,3 millones de puntos**, con una densidad promedio de **869,94 puntos/m²**.
- En el **Tramo 3** se obtuvo una nube de **6,9 millones de puntos**, con una densidad significativamente mayor de **4177,92 puntos/m²**.

La diferencia en densidad se debe principalmente a las condiciones de captura y a la mayor concentración de imágenes por área en el Tramo 3, lo que permitió obtener un detalle más fino del relieve.

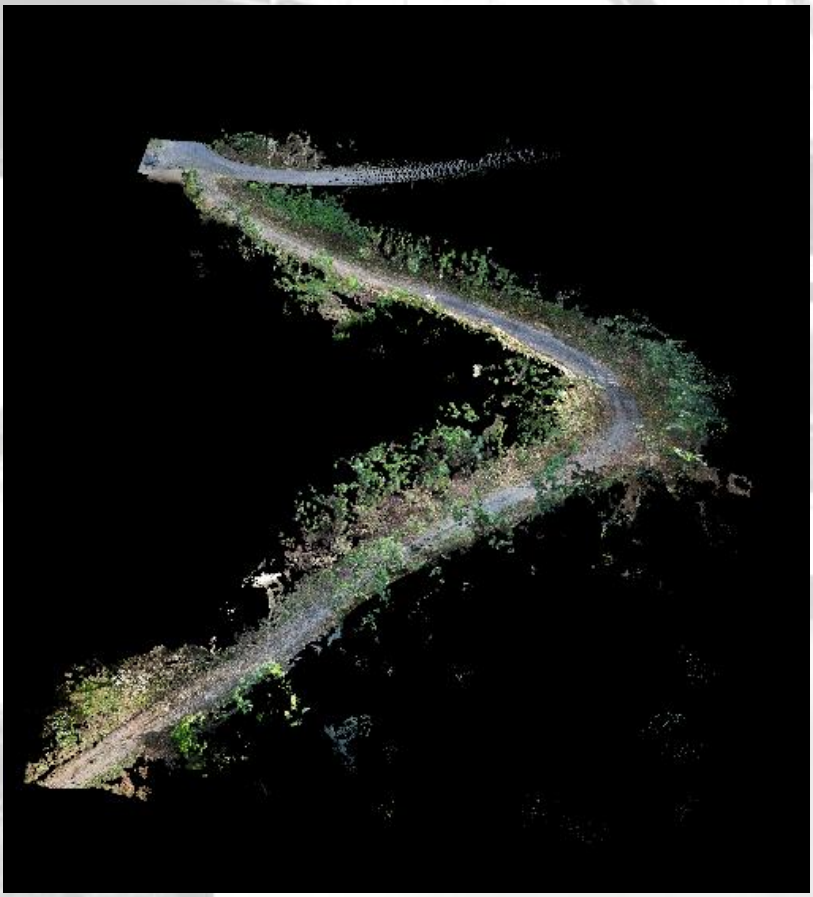




Importancia para el proyecto

La nube de puntos generada constituye la base fundamental para el desarrollo de productos cartográficos como:

- **Ortomozaicos de alta resolución**, con GSD entre 0,83 y 0,93 cm/px.
- **Modelos Digitales de Elevación (MDE)**, precisos para el análisis topográfico y el diseño geométrico de la placa huella.
- **Curvas de nivel y secciones transversales**, que permiten definir con mayor exactitud el comportamiento del terreno y el planteamiento de la solución vial.







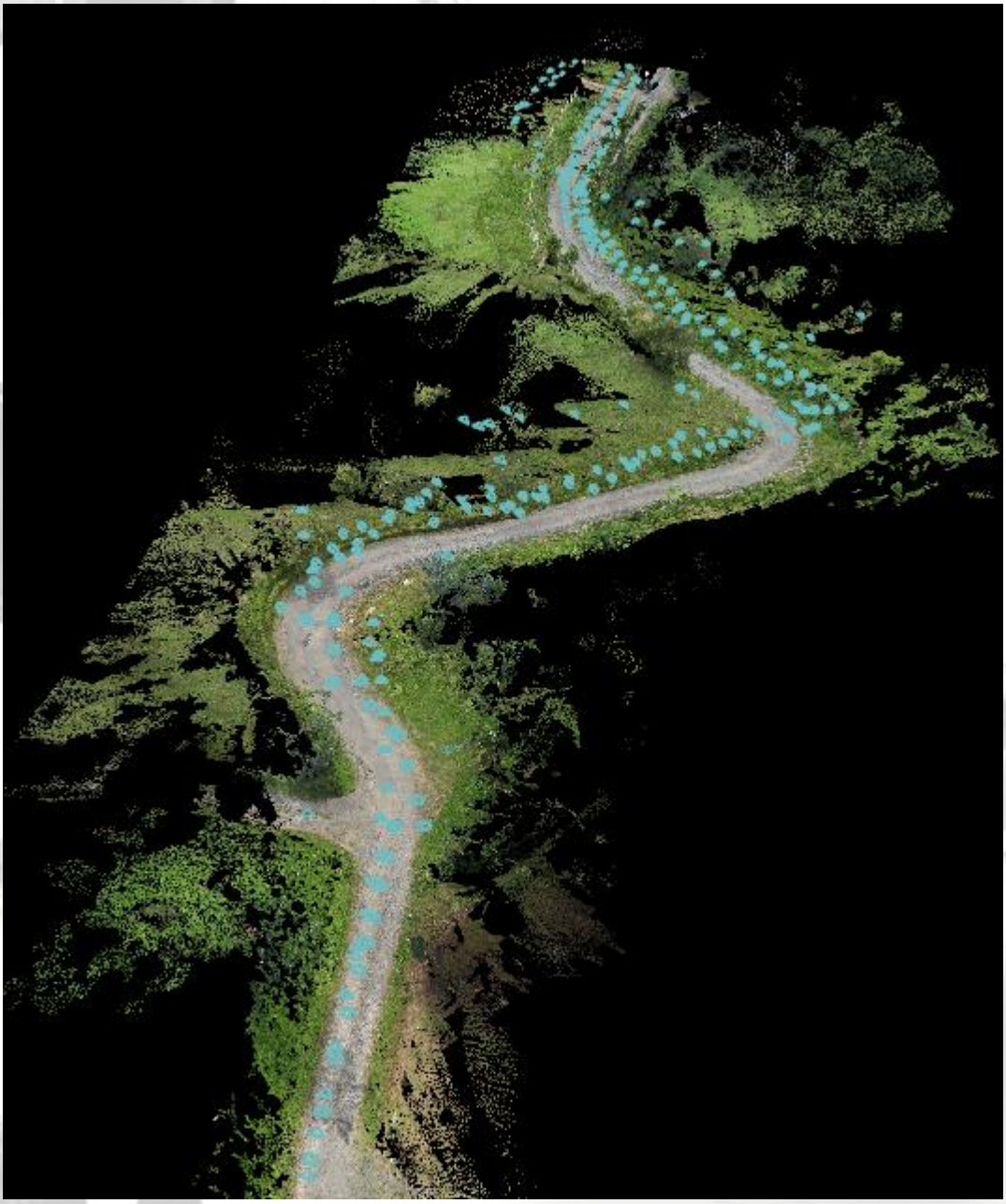


Ilustración 16 Generación de Nube de Puntos





5.7. Creación del Modelo Digital de Elevación (DEM):

A partir de la nube de puntos generada mediante técnicas de **fotogrametría digital** y procesada en la plataforma **DroneDeploy**, se construyeron los **Modelos Digitales de Elevación (MDE)** correspondientes a los tramos levantados. Estos modelos representan de forma tridimensional la superficie del terreno y constituyen una herramienta fundamental para el análisis topográfico y el diseño geométrico de la vía en placa huella. El proceso se desarrolló de la siguiente manera:

- **Entrada de datos:** se utilizaron las nubes de puntos densificadas de cada tramo, obtenidas a partir de la correlación fotogramétrica entre imágenes superpuestas.
- **Generación del modelo digital:** el software reconstruyó la superficie empleando un mallado derivado de la nube de puntos, aplicando interpolación sobre las geometrías obtenidas.
- **Tipo de modelo:** se elaboró un **Modelo Digital de Elevación absoluto (MDE)**, con referencia altimétrica real, lo que permite su uso directo en cálculos de diseño y movimiento de tierras.
- **Resolución espacial:** en el **Tramo 2** el MDE alcanzó una resolución de **1,37 cm/píxel**, mientras que en el **Tramo 3** se obtuvo un valor de **0,83 cm/píxel**, lo que evidencia un mayor nivel de detalle en este último.

Resultados

- El **Tramo 2** presentó un área modelada de **29.920,20 m²**, con un ortomosaico de 0,93 cm/píxel y un MDE de 1,37 cm/píxel.
- El **Tramo 3** cubrió **16.566,72 m²**, alcanzando un ortomosaico de 0,93 cm/píxel y un MDE de 0,83 cm/píxel.
- Ambos modelos reflejan adecuadamente la topografía local, incluyendo pendientes, cortes naturales y depresiones, lo que facilita la identificación de tramos críticos para el tránsito vehicular.

Importancia en el diseño geométrico

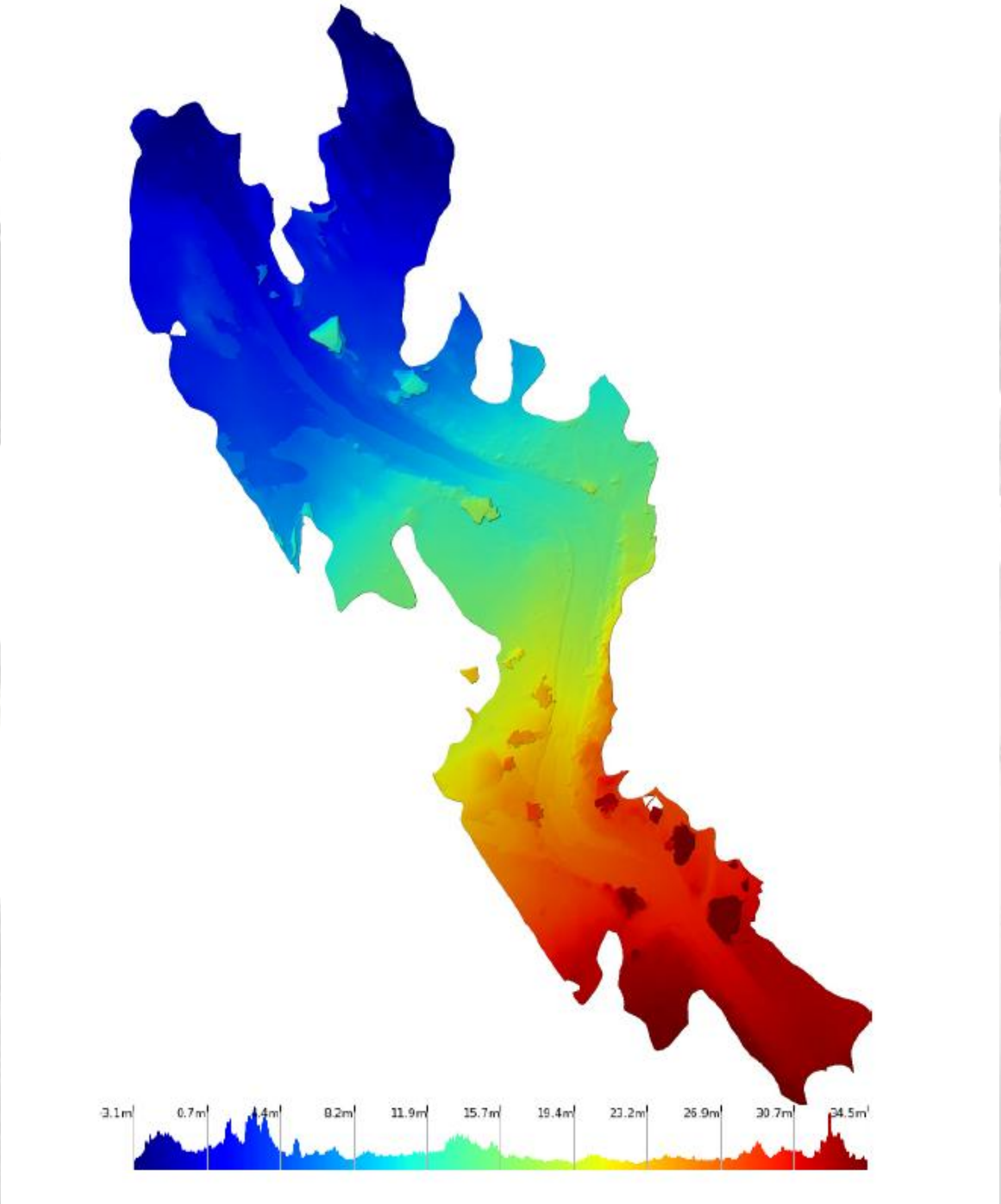




La creación de los modelos digitales permitió:

- Representar con precisión la **morfología del terreno**.
- Extraer **curvas de nivel y perfiles transversales**, insumo clave para definir la geometría del eje vial.
- Identificar zonas con pendientes críticas, susceptibles de **erosión y escorrentía**, donde la implementación de la placa huella es más prioritaria.
- Proporcionar una base cartográfica de **alta resolución**, necesaria para la planificación y ejecución de obras de infraestructura vial.

Mode	Generated from Mesh
DEM GSD	**DEM** 1.37cm/px
Relative/Absolute	Absolute Altitude



Mode	Generated from Mesh
DEM GSD	**DEM** 0.83cm/px
Relative/Absolute	Absolute Altitude

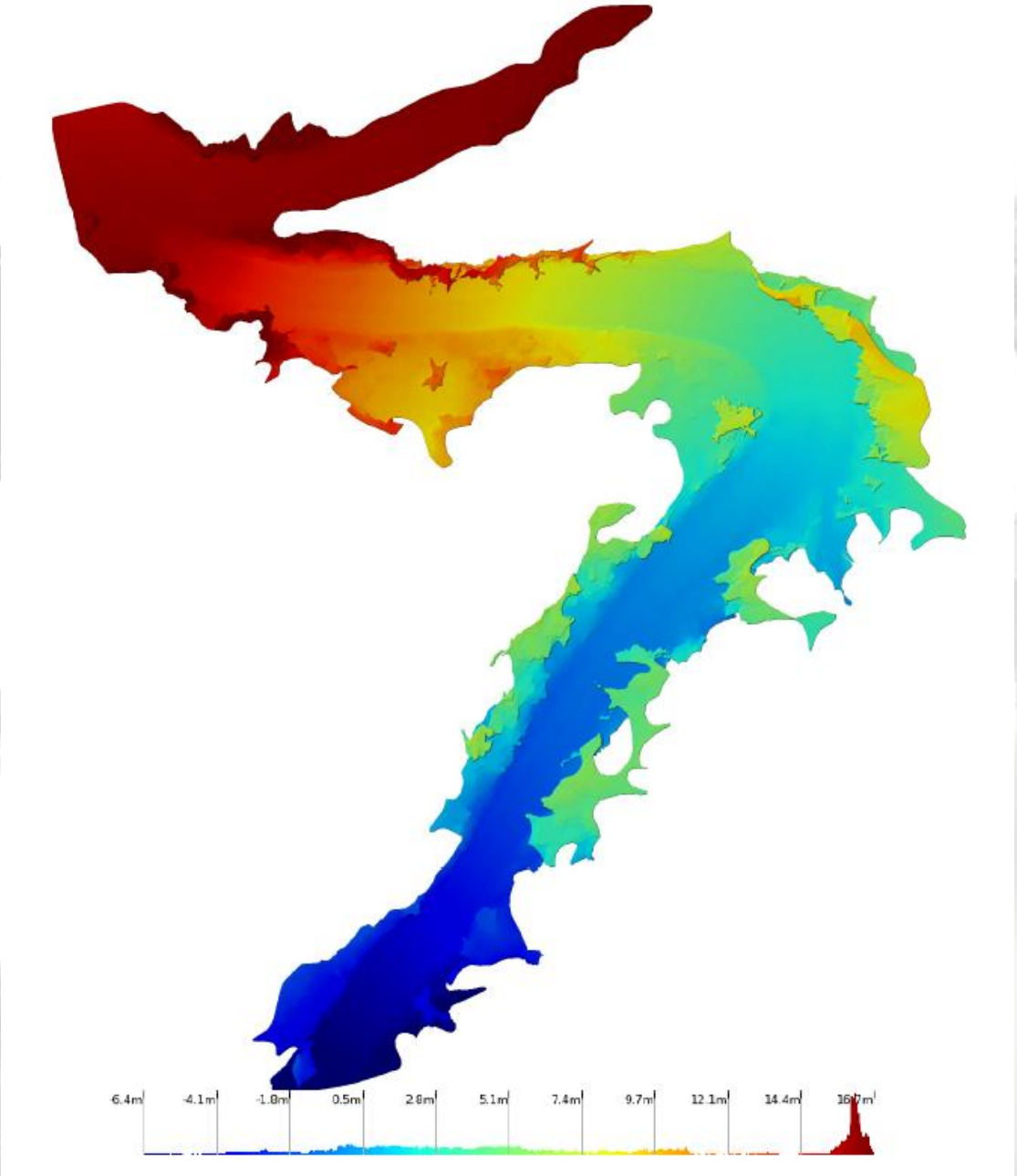


Ilustración 17 Generación de Modelo de Altitudes Absolutas





Ilustración 18 Exportación GeoReferenciada de Mapa TIFF - MAGNA SIRGAS/COLOMBIA BOGOTA ZONE





5.8. Generación del Ortofotomosaico:

La generación del ortomosaico se realizó a partir del procesamiento de las imágenes capturadas en los vuelos fotogramétricos, empleando la técnica de **fotogrametría digital** en la plataforma **DroneDeploy**. El objetivo principal fue obtener una representación cartográfica a escala, corregida geométrica y radiométricamente, que sirviera como insumo base para el análisis del terreno y el diseño geométrico de la vía en placa huella. El proceso de creación del ortomosaico incluyó:

- **Captura de imágenes:** en el Tramo 2 se emplearon 279 fotografías y en el Tramo 3 un total de 258, obtenidas con cámara **DJI FC3411** de 17 MP.
- **Alineación de imágenes:** se logró un porcentaje de alineación del **96 % en Tramo 2** y del **97 % en Tramo 3**, lo cual garantizó la adecuada superposición de fotografías para la construcción del mosaico.
- **Correcciones geométricas:** el software aplicó compensaciones de posición y orientación a cada imagen, reduciendo el error de ubicación en función del GPS de cámara (RMSE de 0,54 m en Tramo 2 y 0,39 m en Tramo 3).
- **Fusión radiométrica:** se homogenizaron los valores de brillo y color, obteniendo un producto visual continuo y uniforme, sin cortes entre imágenes.
- **Resolución espacial:** en ambos tramos se alcanzó un **Ground Sampling Distance (GSD) de 0,93 cm/píxel**, permitiendo un nivel de detalle óptimo para el análisis geométrico.

Resultados obtenidos

- En el **Tramo 2** se generó un ortomosaico que cubre **29.920,20 m²**, con una cobertura equivalente al **28 % del área de interés** y una densidad promedio de 14 imágenes por píxel.
- En el **Tramo 3** el ortomosaico abarcó **16.566,72 m²**, correspondiente al **9,94 % del área de interés**, con una densidad de 20 imágenes por píxel, lo que permitió mayor precisión en los detalles del terreno.





Importancia para el proyecto

El ortomosaico constituye un insumo clave para:

- **Identificar con exactitud la traza vial** y las condiciones actuales de la superficie.
- Facilitar la **digitalización de ejes, límites y elementos de interés** (linderos, drenajes, cultivos, edificaciones).
- Servir como base para la generación de **curvas de nivel, secciones y perfiles longitudinales**.
- Proporcionar un producto cartográfico con precisión suficiente para la planificación del **diseño geométrico de placa huella**, minimizando incertidumbres en el análisis de campo.


```
<PAMDataset>
  <SRS dataAxisToSRSAxisMapping="1,2">PROJCS["WGS 84 / Pseudo-Mercator",GEOGCS["WGS 84",DATUM["WGS_1984",SPHEROID["WGS
84",6378137,298.257223563,AUTHORITY["EPSG","7030"]],AUTHORITY["EPSG","6326"]],PRIMEM["Greenwich",0,AUTHORITY["EPSG","8901"]],UNIT["degree",0.0174532925199433,AUTHORITY["EPSG","9122"]],AUTHORITY["EPSG","4326"]],PROJECTION["Mercator_1SP"],PARAMETER["central_meridia
+a=6378137 +b=6378137 +lat_ts=0 +lon_0=0 +x_0=0 +y_0=0 +k=1 +units=m +nadgrids=@null +wktext +no_defs"],AUTHORITY["EPSG","3857"]]</SRS>
  <GeoTransform> -8.2684281797804e+06, 1.4100000000048378e-02, 0.0000000000000000e+00, 6.2415985451967642e+05, 0.0000000000000000e+00, -1.4100000000001427e-02</GeoTransform>
▼<Metadata domain="IMAGE_STRUCTURE">
    <MDI key="COMPRESSION">JPEG</MDI>
    <MDI key="INTERLEAVE">PIXEL</MDI>
    <MDI key="SOURCE_COLOR_SPACE">YCbCr</MDI>
  </Metadata>
▼<Metadata>
    <MDI key="AREA_OR_POINT">Area</MDI>
    <MDI key="TIFFTAG_RESOLUTIONUNIT">3 (pixels/cm)</MDI>
    <MDI key="TIFFTAG_SOFTWARE">3Dnovator Engine 1.0.0.0 (9ba0f184)</MDI>
    <MDI key="TIFFTAG_XRESOLUTION">0.70707798</MDI>
    <MDI key="TIFFTAG_YRESOLUTION">0.70707798</MDI>
  </Metadata>
▼<PAMRasterBand band="1">
    <NoDataValue>2.5500000000000E+02</NoDataValue>
  ▼<Metadata domain="IMAGE_STRUCTURE">
      <MDI key="COMPRESSION">JPEG</MDI>
    </Metadata>
  </PAMRasterBand>
▼<PAMRasterBand band="2">
    <NoDataValue>2.5500000000000E+02</NoDataValue>
  ▼<Metadata domain="IMAGE_STRUCTURE">
      <MDI key="COMPRESSION">JPEG</MDI>
    </Metadata>
  </PAMRasterBand>
▼<PAMRasterBand band="3">
    <NoDataValue>2.5500000000000E+02</NoDataValue>
  ▼<Metadata domain="IMAGE_STRUCTURE">
      <MDI key="COMPRESSION">JPEG</MDI>
    </Metadata>
  </PAMRasterBand>
</PAMDataset>
```


Ilustración 19 Meta Data Orto mosaico GeoReferenciada



Ilustración 20 Ortofoto Procesada de Orto mosaico



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



5.9. Control de Calidad de Productos:

El control de calidad de los productos generados (orto-mosaico, nube de puntos y modelo digital de elevación) se efectuó a partir de los reportes de procesamiento fotogramétrico obtenidos en la plataforma **DroneDeploy**. El objetivo fue verificar la **precisión, consistencia y confiabilidad** de la información, garantizando que los insumos obtenidos cumplan con los estándares técnicos requeridos para el diseño geométrico de la placa huella.

Orto-mosaico

- En ambos tramos se alcanzó una resolución espacial de **0,93 cm/píxel**, lo que asegura un nivel de detalle adecuado para la identificación de rasgos superficiales y la definición de ejes viales.
- El **Tramo 2** presentó una cobertura del **28,08 %** del área de interés, mientras que el **Tramo 3** alcanzó el **9,94 %**, con mayor densidad de imágenes por píxel (20 frente a 14 en Tramo 2).
- La fusión radiométrica mostró continuidad visual sin saltos de color o distorsiones significativas, garantizando un producto confiable para la digitalización de elementos.

Nube de puntos

- En el **Tramo 2** se generaron **7,3 millones de puntos**, con densidad de **869,94 puntos/m²**.
- En el **Tramo 3** se alcanzaron **6,9 millones de puntos**, con una densidad mucho mayor de **4177,92 puntos/m²**, lo que permitió un modelo más detallado del relieve.
- La alineación de imágenes fue del **96 % en Tramo 2** y del **97 % en Tramo 3**, lo que asegura solidez en la reconstrucción tridimensional.

Modelos Digitales de Elevación (MDE)





- El **Tramo 2** obtuvo un MDE con resolución de **1,37 cm/píxel**, mientras que el **Tramo 3** alcanzó una resolución más fina de **0,83 cm/píxel**.
- Ambos modelos se generaron como productos **de altitud absoluta**, lo que garantiza su compatibilidad con sistemas de referencia geodésicos y su aplicación en cálculos de ingeniería.
- La revisión visual permitió confirmar la adecuada representación de las pendientes, laderas y microrelieves.

Precisión y errores

- Los errores medios cuadráticos (RMSE) en las posiciones GPS de cámara fueron de **0,54 m en Tramo 2** y de **0,39 m en Tramo 3**, evidenciando una mayor precisión en este último.
- La calibración de cámara mostró una variación mínima del **0,05 %** respecto a los parámetros intrínsecos de referencia, dentro de los valores esperados para este tipo de levantamientos.
- Las imágenes presentaron alta calidad y textura, con velocidades de obturación adecuadas (1/500 en Tramo 2 y 1/180 en Tramo 3), reduciendo el riesgo de desenfoques.





5.10. Exportación de Productos Finales:

Con el fin de garantizar la utilización práctica de los resultados obtenidos en los vuelos fotogramétricos y su integración dentro de los procesos de diseño geométrico, se realizó la **exportación de los productos finales** en formatos compatibles con software de ingeniería civil, sistemas de información geográfica (SIG) y plataformas CAD.

Los principales productos exportados fueron los siguientes:

Orto-mosaico

- **Formato de entrega:** GeoTIFF (Geo-referenciado).
- **Resolución espacial:** 0,93 cm/píxel en ambos tramos.
- **Aplicaciones:** sirve como base cartográfica para la digitalización de ejes, identificación de límites, drenajes, edificaciones y demás elementos de interés.

Nube de puntos

- **Formato de entrega:** LAS/LAZ (nube de puntos georreferenciada).
- **Características:**
  - Tramo 2: 7,3 millones de puntos, con densidad de 869,94 puntos/m².
  - Tramo 3: 6,9 millones de puntos, con densidad de 4177,92 puntos/m².
- **Aplicaciones:** insumo para la generación de superficies 3D, secciones transversales, perfiles longitudinales y cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.

Modelos Digitales de Elevación (MDE)

- **Formato de entrega:** GeoTIFF y ASCII Grid.
- **Resolución:**
  - Tramo 2: 1,37 cm/píxel.
  - Tramo 3: 0,83 cm/píxel.
- **Aplicaciones:** análisis topográfico, generación de curvas de nivel, modelado de pendientes y planificación de obras de drenaje.

Modelos Digitales de Terreno (MDT) – derivados





A partir de los MDE se exportaron modelos filtrados que representan únicamente la superficie del terreno (sin vegetación ni elementos artificiales), listos para ser empleados en diseño geométrico.

- **Formato de entrega:** LandXML y DXF.
- **Aplicaciones:** importación directa en software como Civil 3D, InfraWorks o similares, para la definición de trazados y diseño de la vía en placa huella.

Curvas de nivel

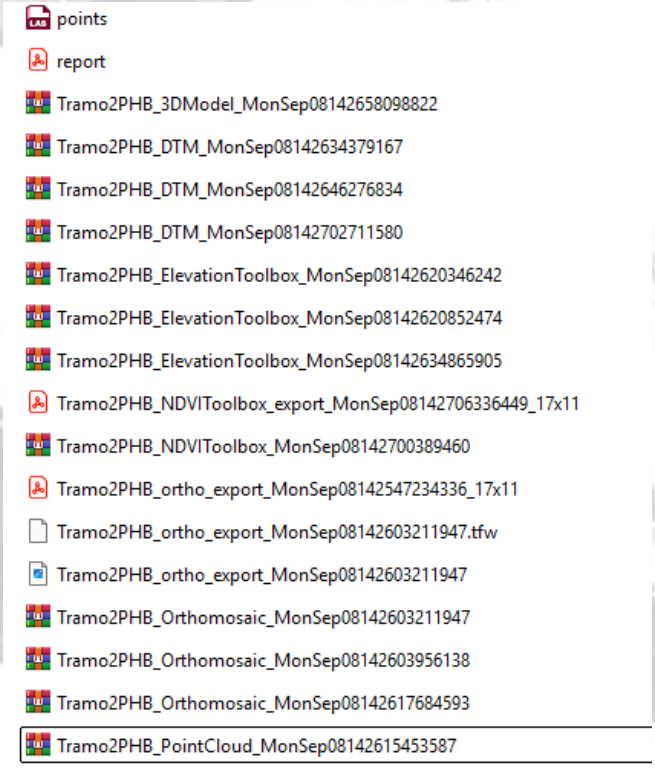
- **Intervalo de generación:** 0,25 m y 0,50 m según la necesidad del análisis.
- **Formato de entrega:** DXF y SHP.
- **Aplicaciones:** elaboración de planos topográficos, perfiles de diseño y replanteos en campo.

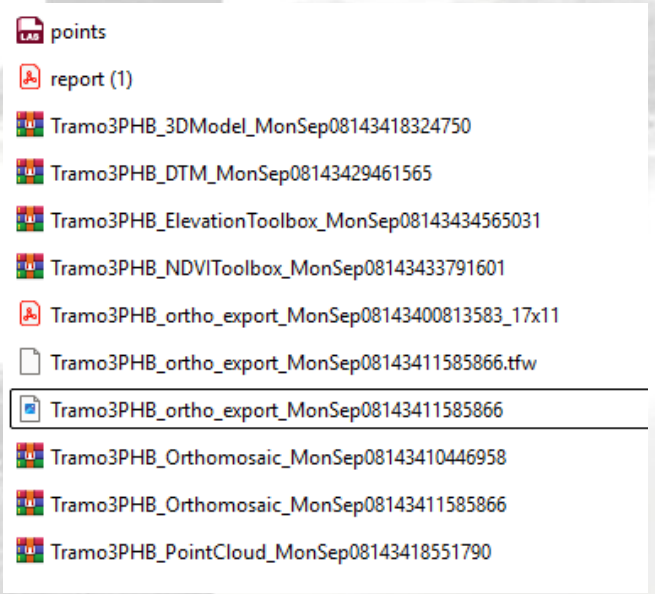
Consideraciones de compatibilidad

Todos los productos fueron georreferenciados a un sistema de coordenadas oficial (MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota), lo que asegura su integración en diferentes plataformas de ingeniería y su interoperabilidad con los planos y memorias del proyecto.









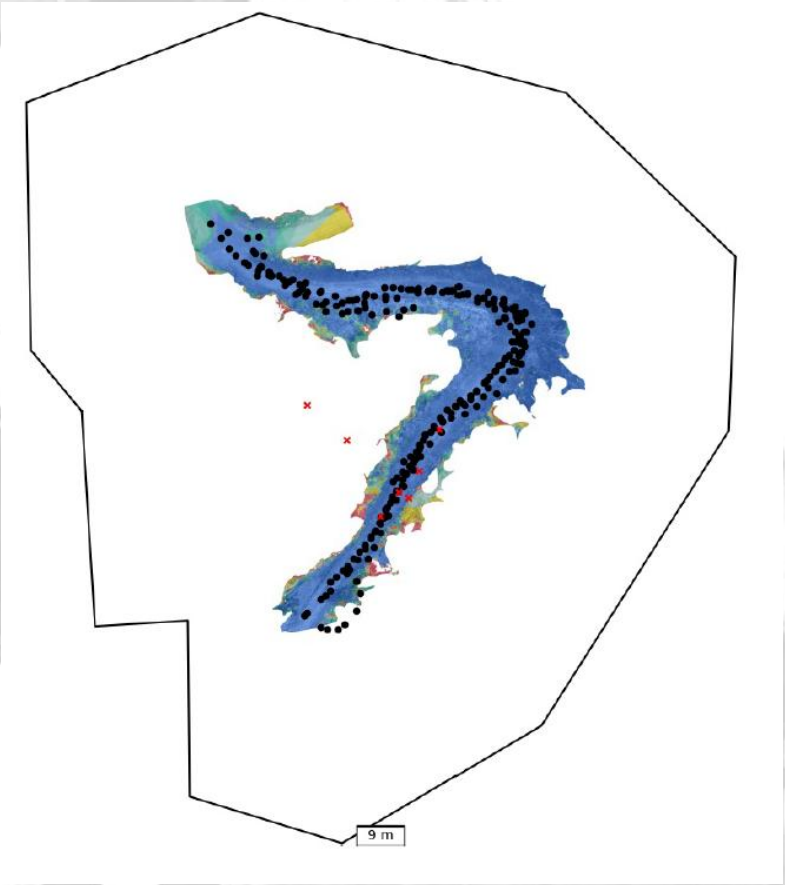


"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



INDESK
Laboratorio e ingeniería SAS



ROI
Aligned
Unaligned

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+

Insufficient coverage, expect large holes in the map, and low accuracy.

Marginal coverage, expect distortion or holes on buildings or sharp edges, and lower accuracy measurements.

Good coverage, expect a high quality reconstruction

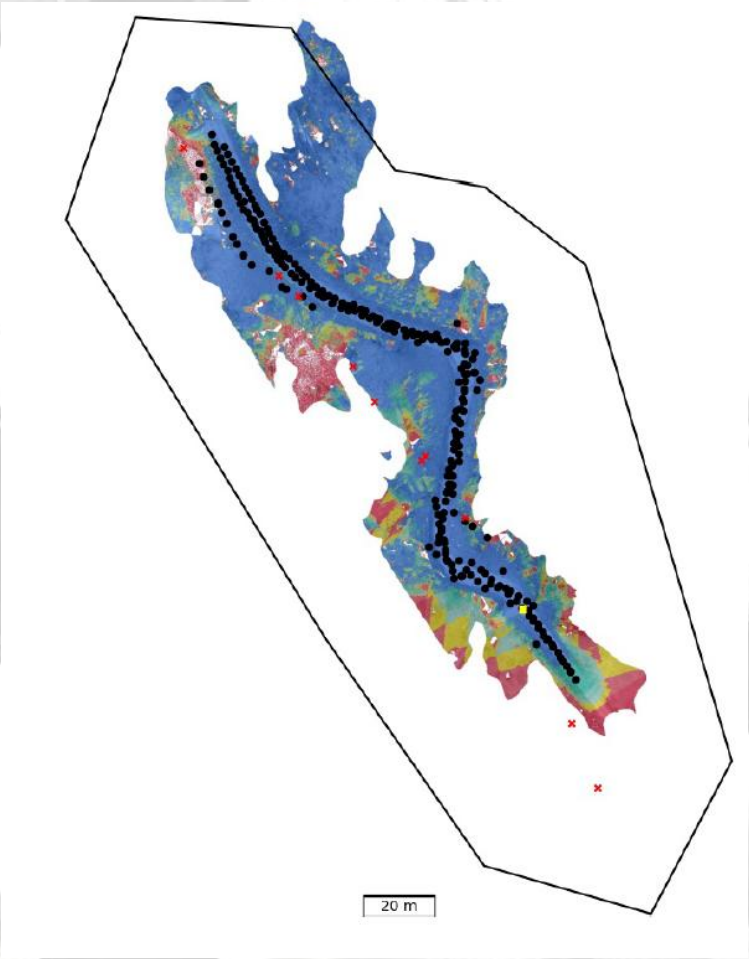
Sensor(s) Used	DJI - FC3411
Image Count (by sensor)	258
Image Resolution	5472x3078 (~17MP)
Orthomosaic coverage (% of area of interest)	9.94
Average Orthomosaic Image Density within Structured Area	20 images/pixel
Median Shutter Speed	1/180



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com 3204444700





ROI
Aligned
GPS Aligned
Unaligned

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+

Insufficient coverage, expect large holes in the map, and low accuracy.

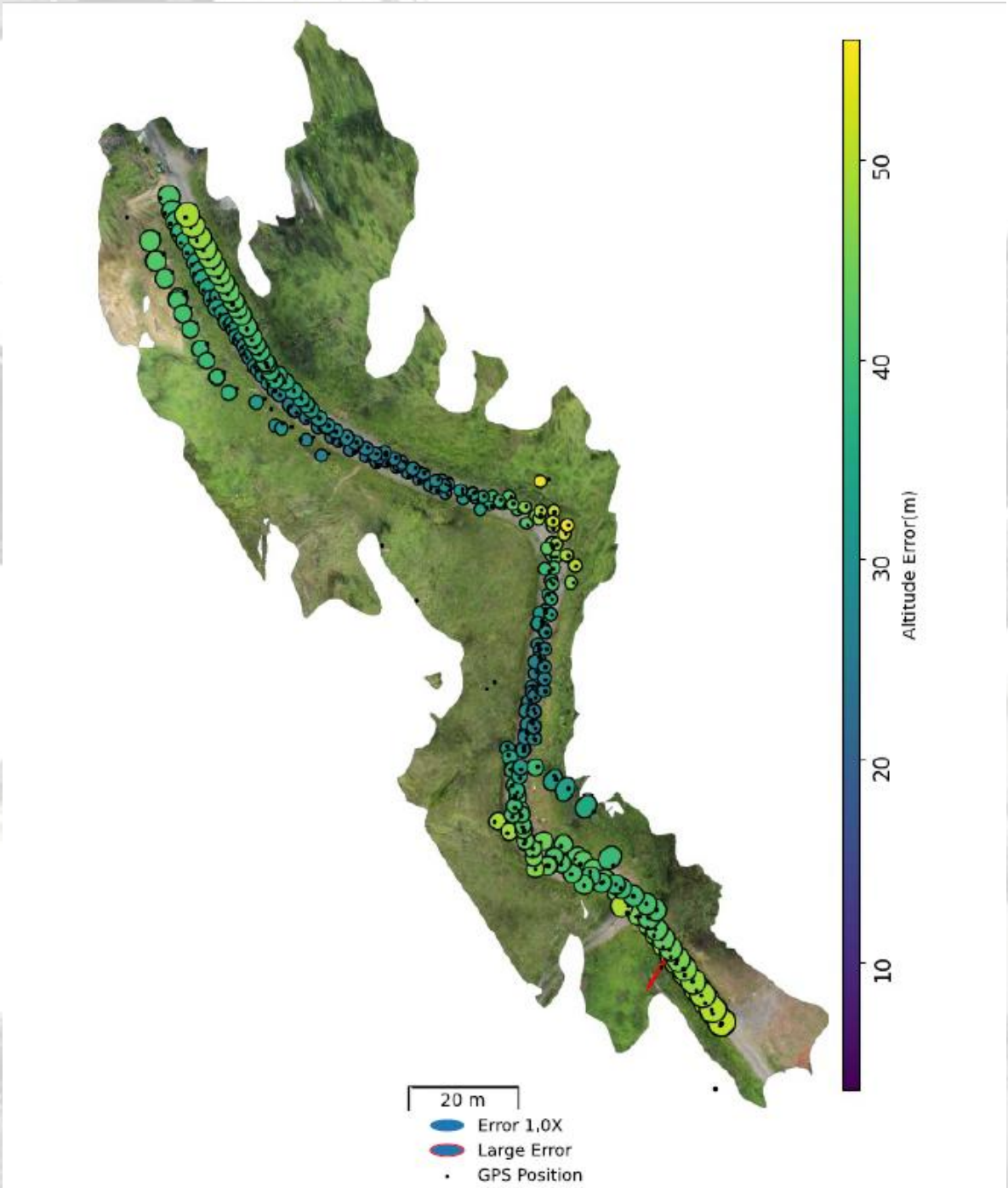
Marginal coverage, expect distortion or holes on buildings or sharp edges, and lower accuracy measurements.

Good coverage, expect a high quality reconstruction

Sensor(s) Used	DJI - FC3411
Image Count (by sensor)	279
Image Resolution	5472x3078 (~17MP)
Orthomosaic coverage (% of area of interest)	28.08
Average Orthomosaic Image Density within Structured Area	14 images/pixel
Median Shutter Speed	1/500





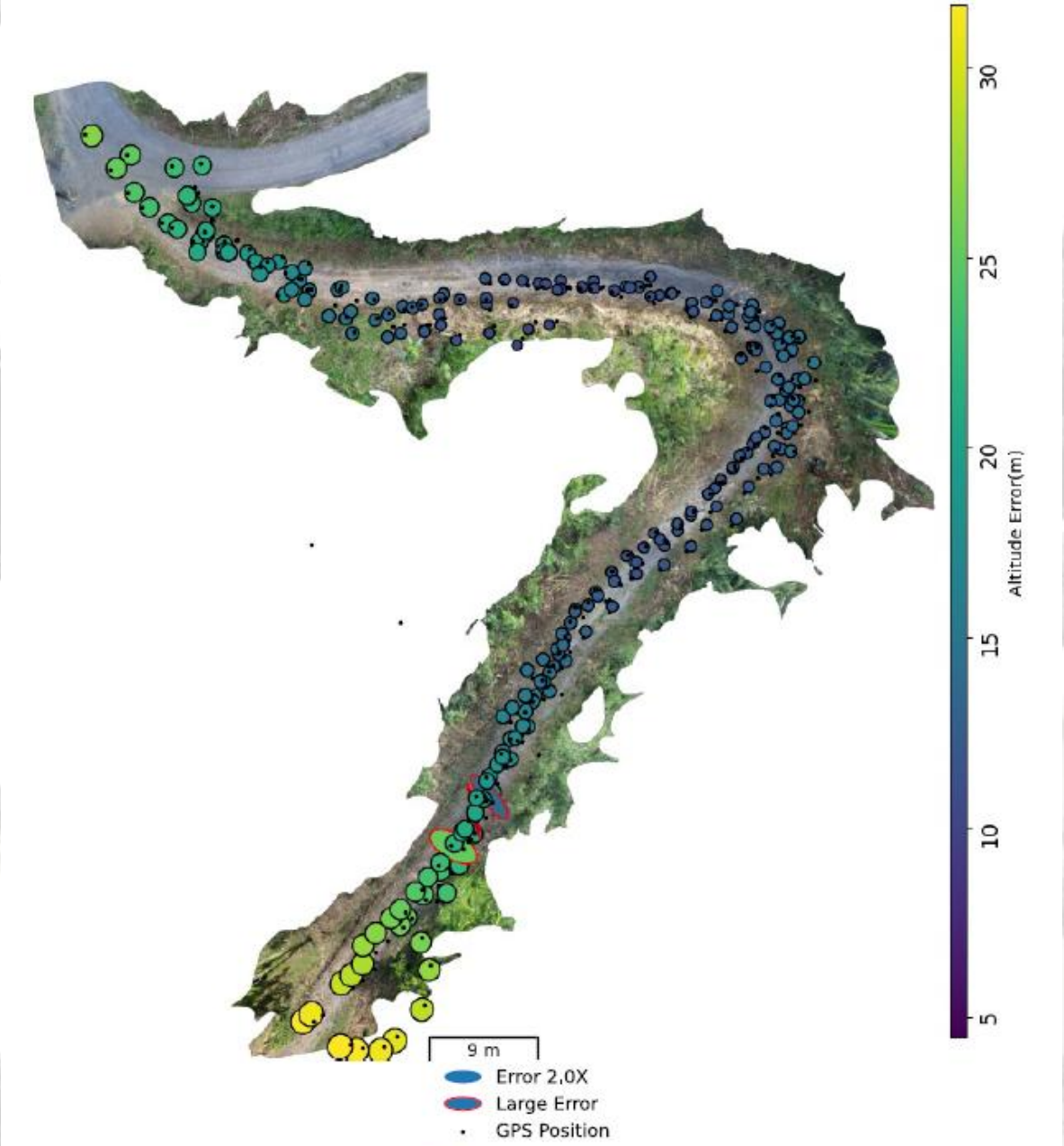


Aligned Cameras		96% 269/279
RMSE of Camera GPS Location		**X** 0.61m **Y** 0.41m **Z** 0.57m **RMSE** 0.54m
MAD of Camera GPS Location		**X** 0.24m **Y** 0.25m **Z** 0.12m **MAD** 0.20m



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

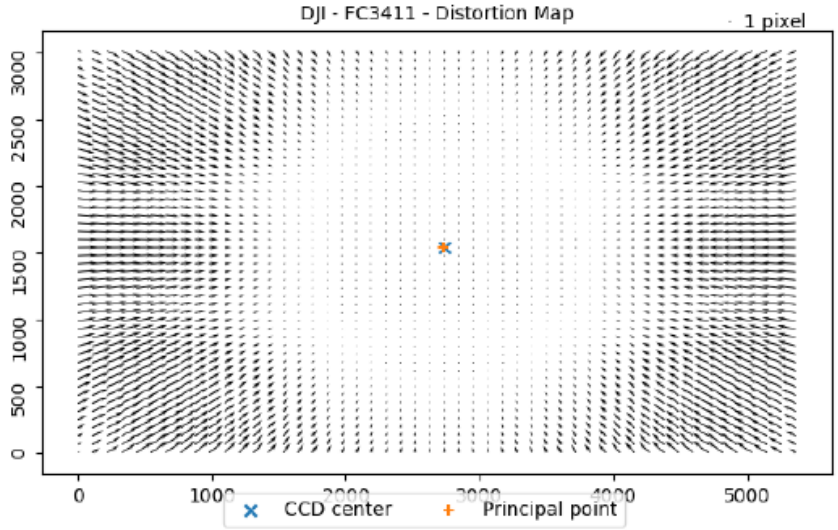




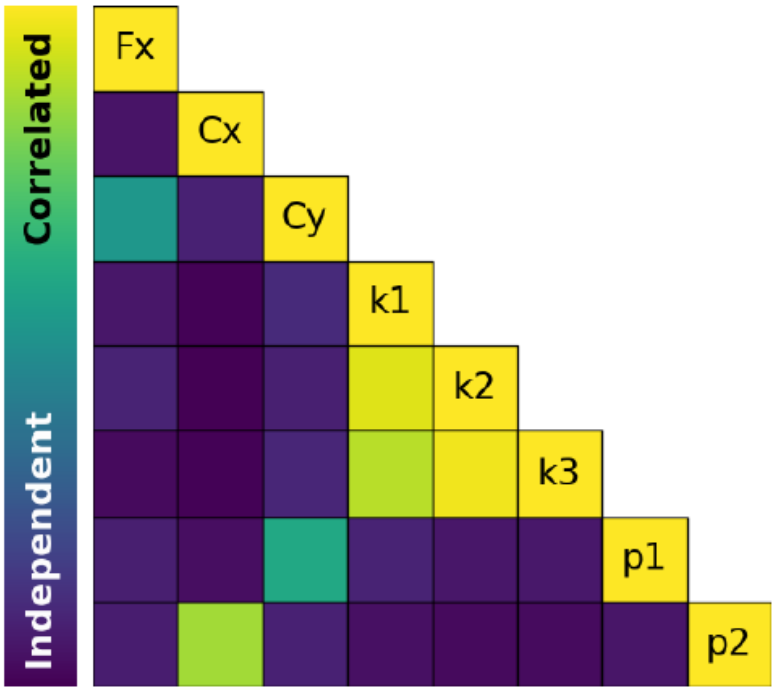
Aligned Cameras		97% 251/258
RMSE of Camera GPS Location		**X** 0.48m **Y** 0.41m **Z** 0.23m **RMSE** 0.39m
MAD of Camera GPS Location		**X** 0.42m **Y** 0.29m **Z** 0.18m **MAD** 0.30m







	Fx	Cx	Cy	k1	k2	k3	p1	p2
Value	3492.69	2731.7	1541.77	-0.0391318	-0.0790514	0.155583	0.000182723	9.65626e-05
Error	0.217991	0.213565	0.343802	0.962133	3.51852	3.86005	0.121902	0.1001



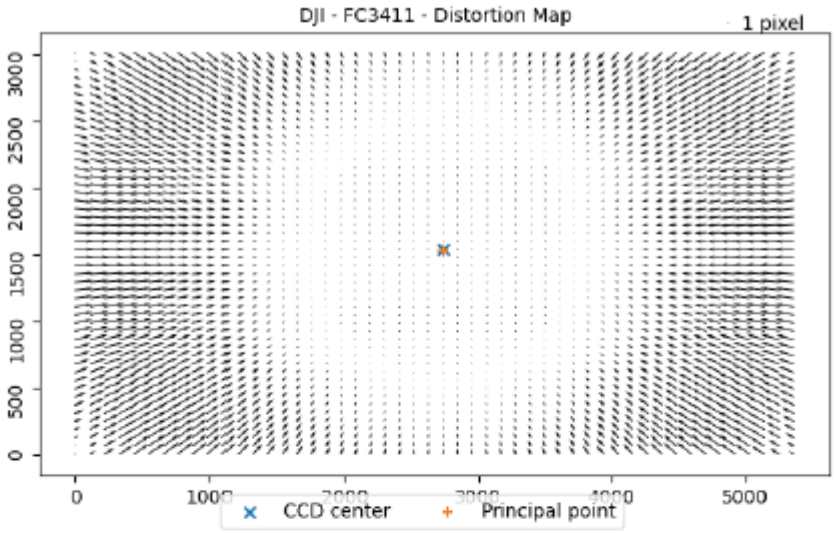


"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

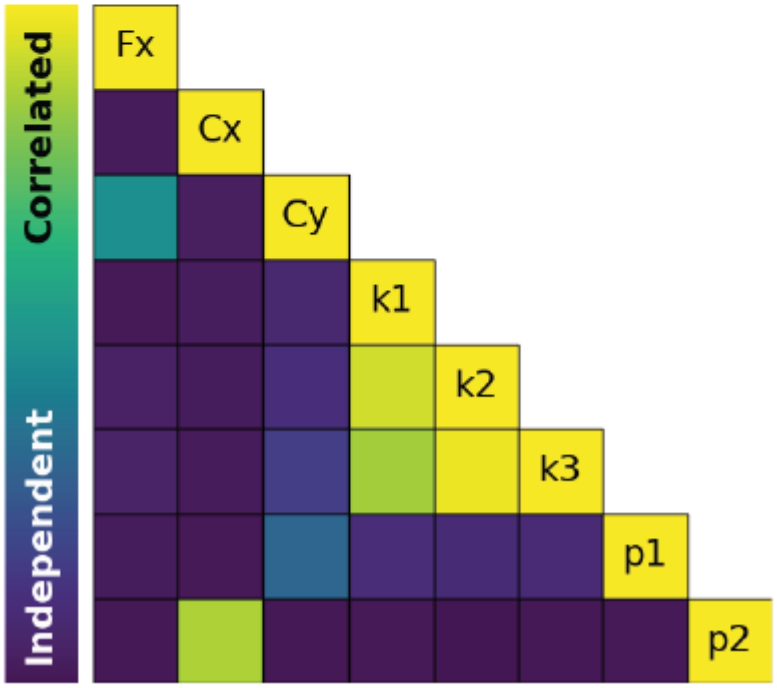
indeskingenieria@gmail.com **3204444700**



Camera Optimization	0.05% variation from reference intrinsics



	Fx	Cx	Cy	k1	k2	k3	p1	p2
Value	3500.77	2733.94	1529.4	-0.0390733	-0.0811519	0.165256	0.000330577	7.73808e-05
Error	0.386782	0.317805	0.65437	1.21037	4.43734	5.05074	0.181879	0.155756



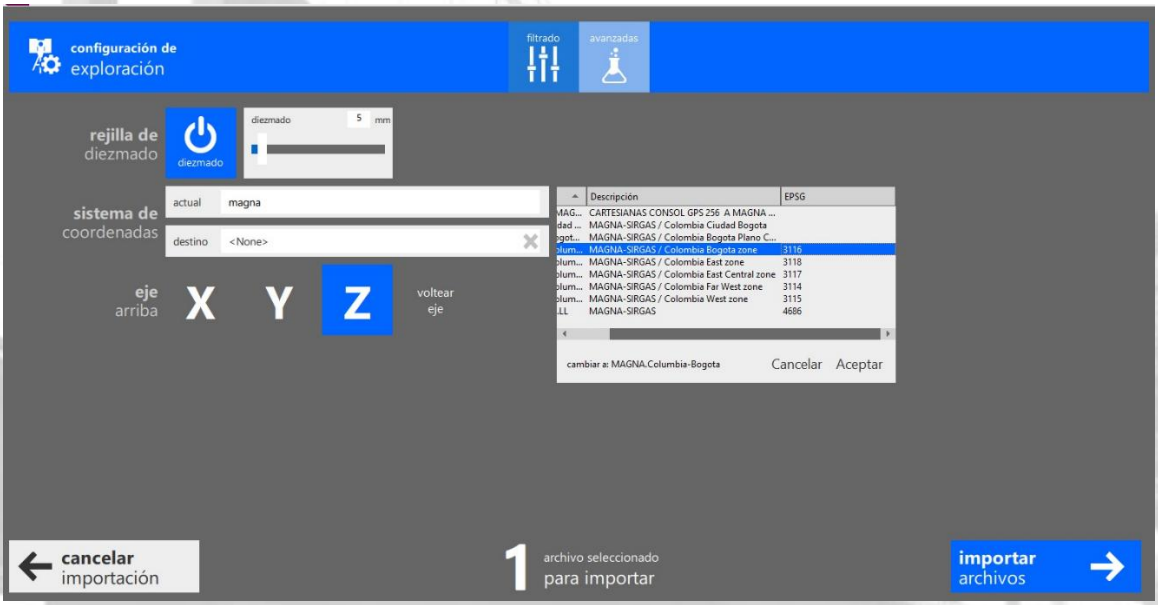


"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com 3204444700



6. *Procesamiento de Nube de Puntos Con ReCap PRO*



7. *EQUIPOS*

Para la ejecución del levantamiento topográfico, se emplearon equipos y herramientas de última tecnología, seleccionados de acuerdo con los requerimientos técnicos establecidos en la Guía GU-DP-02 de Elaboración de Estudios Topográficos y las necesidades específicas del proyecto. Los equipos garantizaron la captura precisa de datos geoespaciales, así como su posterior procesamiento y validación.

- **Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV):**
  - **Marca:** DJI
  - **Modelo:** Mavic Air 2S
  - **Sensor:** DJI FC3411
  - **Resolución de Imagen:** 20 Megapíxeles
  - **Resolución Capturada:** 2736 x 1539 píxeles (~4 MP)
  - **Sistema GNSS Integrado:** GPS/GLONASS
  - **Capacidad de Vuelo:** Hasta 30 minutos por batería





- **Velocidad de Obturación:** 1/640 promedio

Este equipo permitió la captura de imágenes aéreas con alta resolución espacial y precisión posicional, adecuadas para generar productos fotogramétricos como ortofotomosaicos y modelos digitales de elevación.



- **Receptor GNSS de Doble Frecuencia:**
  - **Uso:** Georreferenciación de puntos de control terrestre (GCP)
  - **Precisión:** Centimétrica (±1 cm horizontal, ±2 cm vertical)
  - **Aplicación:** Asegurar la exactitud de los productos generados mediante correcciones diferenciales de posición.

Este equipo es fundamental para ajustar y validar la ortorrectificación de las imágenes capturadas por el dron.

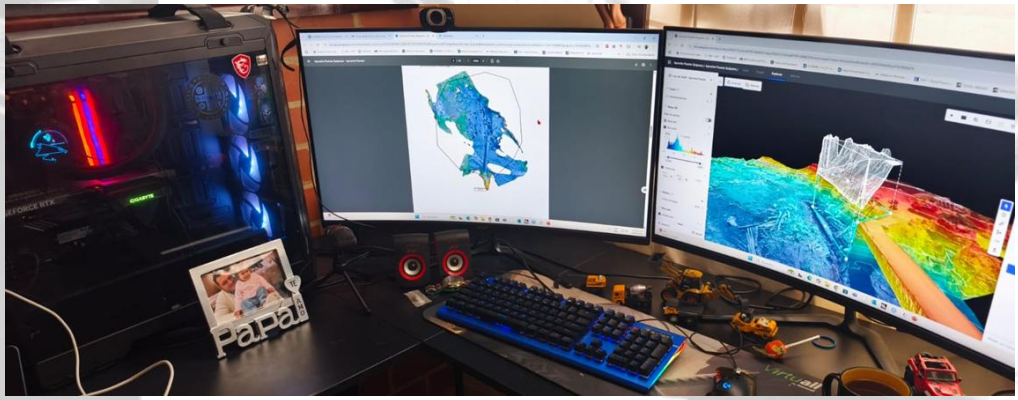
- **Software de Procesamiento Fotogramétrico:**
  - **Plataforma:** DroneDeploy
  - **Motor de Fotogrametría:** Proprietary Standard Mode
  - **Aplicaciones:** Alineación de imágenes (SfM), generación de nubes de puntos densas, modelos digitales de elevación (DEM), ortofotomosaicos, cálculo de errores (RMSE) y optimización de parámetros de cámara.

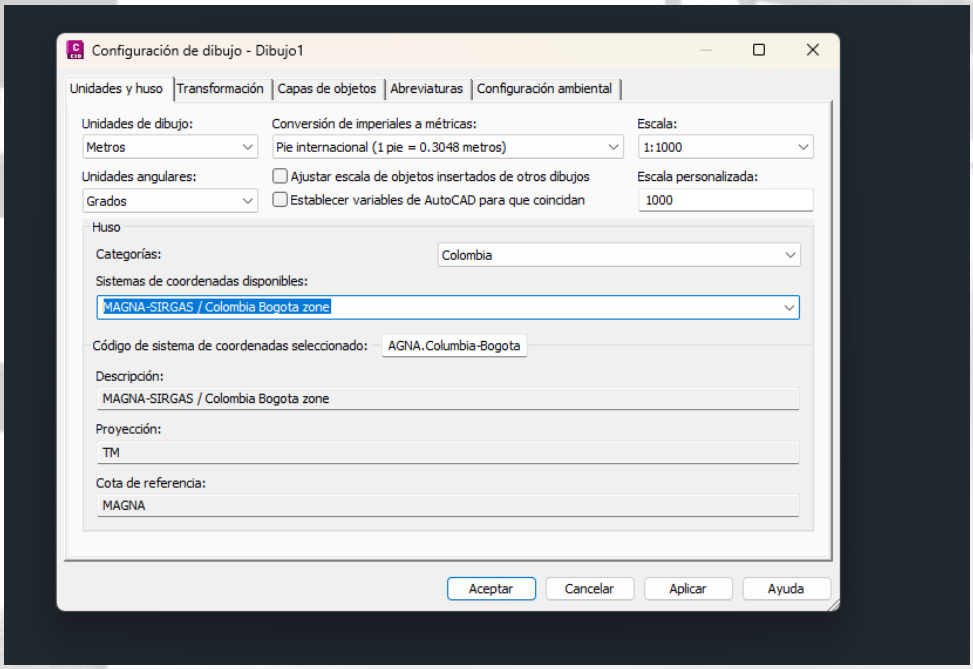
Este software garantiza un procesamiento eficiente y automatizado, generando productos de alta calidad y precisión conforme a los requisitos técnicos del proyecto.





- **Equipo de Cómputo:**
  - **Especificaciones:** Procesador Intel Core i7, 32 GB RAM, tarjeta gráfica NVIDIA RTX, almacenamiento SSD 1TB
  - **Uso:** Procesamiento de datos, análisis de resultados y edición de productos cartográficos.
    Este equipo permitió el manejo fluido de grandes volúmenes de datos generados durante la fase de procesamiento fotogramétrico.





8. *RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES*

Los vuelos fotogramétricos ejecutados en los **Tramos 2 y 3** permitieron la obtención de insumos de gran valor técnico para el desarrollo del diseño geométrico de la placa huella. A continuación, se destacan los principales resultados y apreciaciones:

- **Calidad de la captura fotogramétrica:** Las imágenes capturadas con el sensor **DJI FC3411** presentaron alta nitidez y adecuada textura, lo que permitió obtener un procesamiento confiable en DroneDeploy. La proporción de imágenes alineadas alcanzó valores de **96 % en el Tramo 2** y **97 % en el Tramo 3**, lo cual confirma que la cobertura y el traslape fueron satisfactorios para la reconstrucción tridimensional.
- **Resolución espacial alcanzada:** El **Ground Sampling Distance (GSD)** fue de **0,93 cm/píxel** en los ortomosaicos de ambos tramos, lo que garantiza un nivel de detalle idóneo para estudios geométricos a escala de proyecto vial. En cuanto al Modelo Digital de Elevación (MDE), se obtuvieron resoluciones de **1,37 cm/píxel en el Tramo 2** y **0,83 cm/píxel en el Tramo 3**, siendo este último más preciso para análisis de detalle.
- **Cobertura del área de interés:** El **Tramo 2** abarcó **29.920,20 m² (28 % del área total)**, mientras que el **Tramo 3** cubrió **16.566,72 m² (9,94 % del área total)**. Esto indica que, aunque el Tramo 3 tuvo una menor extensión, su mayor densidad de datos le otorgó un detalle superior.
- **Precisión de posicionamiento:** Los errores medios cuadráticos (RMSE) de las posiciones GPS de cámara fueron de **0,54 m en el Tramo 2** y **0,39 m en el Tramo 3**, dentro de los rangos aceptables para levantamientos fotogramétricos sin control terrestre, lo que respalda la confiabilidad de la información.
- **Generación de nubes de puntos:** El Tramo 2 generó una nube de **7,3 millones de puntos con densidad de 869,94 puntos/m²**, mientras que el Tramo 3 produjo una nube de **6,9 millones de puntos con densidad de 4177,92 puntos/m²**. Aunque el Tramo 2 tiene un mayor número total de puntos, el Tramo 3 presenta





una densidad muy superior, lo que significa un nivel de detalle topográfico más alto.

- **Ortomosaicos y continuidad visual:** Los ortomosaicos presentaron buena continuidad radiométrica y geométrica, sin cortes abruptos ni variaciones de color significativas. Esto permite su uso directo en digitalización de ejes, límites y elementos relevantes para el proyecto vial.
- **Aplicación en diseño geométrico:** Los productos obtenidos (orto-mosaico, MDE y nube de puntos) constituyen una **base cartográfica de alta calidad**, idónea para el trazado de ejes, el diseño de secciones transversales, la generación de perfiles longitudinales y la estimación de volúmenes de movimiento de tierras.

En síntesis, los resultados confirman que la información levantada en los Tramos 2 y 3 es **suficiente, confiable y precisa** para el desarrollo del diseño geométrico de la vía en placa huella, aportando insumos fundamentales para la planificación y ejecución del proyecto.





RECOMENDACIONES

- **Complementariedad de tramos:** Se recomienda utilizar de manera integrada la información de ambos tramos. El **Tramo 2**, por su mayor cobertura, ofrece una visión más amplia del corredor vial; mientras que el **Tramo 3**, gracias a su mayor densidad de nube de puntos y menor error (RMSE), aporta un detalle superior en zonas críticas de pendiente.
- **Curvas de nivel y secciones:** Generar **curvas de nivel a intervalos de 0,25 m y 0,50 m** a partir de los MDE, con el fin de analizar con mayor precisión la morfología del terreno. Estas curvas permitirán un diseño geométrico más ajustado a la topografía real, facilitando la definición de pendientes longitudinales y transversales.
- **Uso de software especializado:** Importar los productos en plataformas como **AutoCAD Civil 3D, InfraWorks o QGIS**, que permiten procesar ortomosaicos, nubes de puntos y MDE de manera integrada. Esto optimizará el trazado de la vía, la elaboración de perfiles y la simulación de obras complementarias (cunetas, drenajes y muros de contención).
- **Control de precisión adicional:** Para futuros levantamientos, implementar **puntos de control terrestre (GCPs)** con estación total o GPS diferencial, con el fin de mejorar la exactitud absoluta del modelo y reducir aún más los errores de posicionamiento.
- **Simulación hidráulica:** Utilizar los modelos digitales obtenidos para realizar simulaciones de **escorrentía superficial y drenaje pluvial**, considerando que la topografía montañosa de Briceño y las altas precipitaciones hacen necesario prever soluciones de manejo hidráulico en el diseño de placa huella.
- **Gestión de productos finales:** Mantener los archivos exportados en formatos estándar (GeoTIFF, LAS/LAZ, DXF, LandXML), debidamente organizados y respaldados, para garantizar su disponibilidad en fases posteriores del proyecto (diseño estructural, replanteo en obra y control de avances).





- **Optimización de captura futura:** Incrementar el porcentaje de **imágenes nadir** en próximas campañas de vuelo, ya que en los reportes actuales fue del 3 % en Tramo 2 y del 2 % en Tramo 3. Esto permitirá mejorar aún más la ortorrectificación y reducir posibles distorsiones en bordes o elementos verticales.
- **Documentación y trazabilidad:** Incluir los reportes de procesamiento como anexos al informe técnico, para asegurar la trazabilidad de la información y facilitar su validación en auditorías técnicas o procesos de interventoría.

ING. OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO
MP. 25202-385834 CND
ESPECIALISTA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
MASTER BIM DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIAS, CARRETERAS Y AUTOPISTAS



REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

UNIVERSIDAD
COOPERATIVA DE COLOMBIA

Personería Jurídica, Resolución 24195 del 20 de Diciembre de 1985 del Ministerio de Educación Nacional
Resolución No. 503 del 7 de Mayo de 1974 de la Superintendencia Nacional de Cooperativas
Resolución No. 1830 del 31 de Julio de 2002, emanada del Ministerio de Educación Nacional

En atención a que

OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO

con cédula de ciudadanía No. 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos
por la Universidad, le confiere el título de

INGENIERO CIVIL

En testimonio de ello le expide el presente diploma y se firma en
Villavicencio el día 23 de Marzo de 2018

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

Director(a) Sede

Rector(a)

Gloria Patricia Ruiz J
Secretario(a) General

Libro de Registros No. 0021020181 Folio No. 012 Registro No. 0115 Refrendado en Villavicencio el día 22 de Marzo de 2018

Registros y Diplomas: Sirley Yasmin Cortés Rocha

027488



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Omar Jhon Byron Ortiz Mariño

C. C. Nº 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista
en Infraestructura Vial

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 11 días del mes de diciembre de 2019

VALIDO
PARA HOJA DE VIDA

Admisiones y Control
de Registro Académico
Diploma No. 12090
Libro de Registro No. 34
Folio No. 443
Fecha 11 - 12 - 201

Rector

Secretaria General

Decano

Coordinador



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

Uptc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Omar Jhon Byron Ortiz Mariño

C. C. Nº 1.120.373.527 de Granada

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista en Estructuras

VALIDO PARA HOJA DE VIDA

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 17 días del mes de febrero de 2022

Admisiones y Control de Registro Académico
Diploma No. 136009
Libro de Registro No. 61
Folio No. 98
Fecha 17-02-2022

Rector | Secretario General | Decano | Jefe Departamento



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



eadic | Engineering, Training & Development Solutions

El Director,

en nombre de Escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción EADIC, expide el presente diploma de:

Máster BIM en Diseño y Construcción de Vías, Carreteras y Autopistas (Título propio)

con 60 créditos ECTS impartido por EADIC junto con la

UCAM Universidad Católica de Murcia

a favor de

Omar Jhon Ortiz Mariño

con Número de identidad **1120373527**,

por haber acreditado convenientemente los requisitos exigidos por la normativa correspondiente a los estudios propios de esta Escuela.

Madrid, a 30 de noviembre 2024

el Director General

Ricardo Carramiñana Alonso

Bentley Training Partner AUTODESK



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."



eadic

LINA LIZBETH SANTAMARÍA GUTIÉRREZ, Responsable del Departamento de Formación de la Escuela Abierta en Desarrollo de Ingeniería y Construcción SL (EADIC SL).

CERTIFICA

Que D./Dña. Omar Jhon Byron Ortiz Mariño , con nº documento identidad 1120373527, ha finalizado exitosamente el **Máster BIM en Diseño y Construcción de Vías, Carreteras y Autopistas (Título propio)** en su modalidad de estudio teleformación (En linea) desde el 31-07-2023 hasta el 30-08-2024, impartido por EADIC. Las notas finales de cada módulo del máster realizado son las siguientes:

Nombre de la asignatura o módulo	Notas obtenidas			Créditos ECTS*
Diseño preliminar de carreteras con InfraWorks	Total Módulo 1	Estado M 1	Baremo 1	6
	8.5	Superado	Notable	
Planificación y diseño de carreteras	Total Módulo 2	Estado M 2	Baremo 2	6
	9.0	Superado	Sobresaliente	
Túneles, puentes y viaductos	Total Módulo 3	Estado M 3	Baremo 3	6
	9.1	Superado	Sobresaliente	
Pavimentos flexibles, rígidos y reciclado de firmes	Total Módulo 4	Estado M 4	Baremo 4	6
	7.2	Superado	Notable	
Captura masiva de datos del terreno con RPAS	Total Módulo 5	Estado M 5	Baremo 5	6
	7.8	Superado	Notable	
BIM aplicado a Obra civil con Autodesk Civil 3D	Total Módulo 6	Estado M 6	Baremo 6	6
	7.7	Superado	Notable	
Diseño preliminar de carreteras con OpenRoads ConceptStation	Total Módulo 7	Estado M 7	Baremo 7	6
	8.6	Superado	Notable	
BIM aplicado a obra civil con Bentley OpenRoads	Total Módulo 8	Estado M 8	Baremo 8	6
	8.3	Superado	Notable	
Trabajo Final de Máster	Total Módulo 9	Estado M 9	Baremo 9	12
	9.5	Superado	Sobresaliente	

*Cada crédito corresponde a un total de 25 horas

Lina Santamaria
Departamento de Formación
Oficina: +34 913 930 319

eadic



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."











"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

indeskingenieria@gmail.com 3204444700



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3851857

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que OMAR JHON BYRON ORTIZ MARIÑO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1120373527, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-385894 desde el 12 de Abril de 2018, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 476.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintiuno (21) días del mes de Agosto del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co



"Comprometidos con la excelencia técnica y la innovación en modelado BIM para proyectos sostenibles."

