

Aplicación de la fotogrametría y la tecnología dron para desarrollar la interventoría en la comparación métrica de áreas y perímetros del terreno para ejecutar el proyecto turístico de cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca, Santander

Cristhian David Machuca Duarte

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la Construcción

Director

Robert Gutiérrez Ortiz

Magister en Dirección y Gestión de Proyectos

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

2025

Agradecimientos

Damos extensos agradecimientos a la Coordinación de Educación Continua de la Facultad de Arquitectura, Arq. Robert Gutiérrez Ortiz, y a la Decanatura de la División de Ingenierías y Arquitectura de la USTA, que en el año 2024 introdujeron en el Posgrado de la Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción, una nueva alternativa de grado llamada "Diplomado en Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría básica en Pix4D y ArcGIS", que fomenta en los alumnos unas nuevas habilidades Profesionales para nuestro desempeño laboral y profesionales desde la Disciplina de la Arquitectura y las Ingenierías.

Valoración a los profesores que nos brindaron todo su saber en el Espacio del Diplomado en relación con el uso de software, hardware y tecnologías relacionados con los temas de los drones y sus variados usos en las áreas de la Arquitectura, las Ingenierías y la Interventoría, conocimientos aplicables en nuestras Empresas y que nos brindan el uso de procesos de innovación que nos hacen profesionales muy competitivos.

Contenido

Introducción	15
1. Aplicación de la fotogrametría y la tecnología dron para desarrollar la interventoría en la comparación métrica de áreas y perímetros del terreno para ejecutar el proyecto turístico de cabañas glamping Copoazú II en Ruitoque Bajo del municipio de Floridablanca, Santander	17
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo general	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
2. Marco referencial	18
2.1 Marco conceptual	18
2.1.1 Fotogrametría	18
2.1.2 Teledetección	19
2.1.3 Fotointerpretación	19
2.1.4 Dron y aplicaciones	20
2.1.5 Levantamiento topográfico	21
2.1.6 Levantamiento topográfico con cinta métrica	22
2.1.7 Levantamiento de muestras fotogramétricas con dron	22
2.1.8 Planimetría	24
2.1.9 Altimetría	25
2.1.10 Pix4D Mapper	25
2.1.11 AutoCAD	26
2.1.12 Recap Pro	27
2.1.13 Concoord	28

2.1.14 Google Earth Pro.....	28
2.2 Marco teórico	29
2.3 Marco legal	30
2.4 Antecedentes y estados del arte.....	32
2.4.1 Antecedentes internacionales.....	32
2.4.2 Antecedentes nacionales	34
3. Método –Etapas de desarrollo con actividades detalladas del proyecto	38
3.1 Etapa 1. Planeación de la misión de vuelo del RPAS	38
3.2 Etapa 2. Ejecución de la misión Insitu según planificación del Flight logbook	38
3.3 Etapa 3. Recolección de información métrica (cinta métrica)	39
3.4 Etapa 4. Posproducción de muestras fotogramétricas, análisis y comparación	39
4. Aplicación de la posproducción de las muestras fotogramétricas a partir del método y las etapas.....	39
4.1 Etapa 1: Planeación de la misión de vuelo del RPAS	39
4.2 Etapa 2. Ejecución de la misión Insitu según planificación del Flight logbook	42
4.3 Etapa 3. Recolección de información métrica (cinta métrica)	42
4.4 Etapa 4. Posproducción de muestras fotogramétricas, análisis y comparación	43
4.4.1 Localización y ubicación del proyecto.....	43
4.4.2 Análisis de datos (desarrollo de fases del postproceso de fotogrametría que se utilizó para efectuar el proceso de comparación).....	45
4.5 Fase V. Análisis y comparación de dimensiones con carta catastral, cinta métrica y el levantamiento con tecnología dron.....	54
4.5.1 Información predial obtenida de la carta catastral 2024	55

4.5.2	Información obtenida con cinta métrica.....	56
4.5.3	Información levantamiento fotogramétrico con tecnología dron.....	57
4.5.4	Información de la geolocalización postproceso de las imágenes del dron y dimensiones de sus perímetros	58
4.5.5	Comparación carta catastral, método cinta métrica y método fotointerpretación en AutoCAD y tecnología dron.....	59
5.	Resultados	60
6.	Conclusiones	62
	Referencias.....	65
	Apéndices.....	71

Lista de figuras

Figura 1. <i>Levantamiento de nuestras fotogramétricas para topografía con drones</i>	24
Figura 2. <i>Levantamiento topográfico orthomosaico Alto Laran y Río Chico</i>	33
Figura 3. <i>Relación de costos topografía en diferentes métodos para Villanueva Casanare</i>	36
Figura 4. <i>Relación de comparaciones métricas según diferentes métodos de topografía.....</i>	36
Figura 5. <i>Croquis del objeto de medición cancha en Villanueva, Casanare.....</i>	37
Figura 6. <i>Imagen satelital cancha de futbol Villanueva, Casanare.....</i>	37
Figura 7. <i>Plano render en planta proyección arquitectónica de 5 cabañas tipo Glamping</i>	40
Figura 8. <i>Render 3D proyección arquitectónica de 5 cabañas tipo Glamping</i>	41
Figura 9. <i>Ficha Predial del Área Metropolitana de Bucaramanga, que contiene información cartografía del predio y las medidas de cinta métrica.</i>	43
Figura 10. <i>Localización y ubicación del proyecto</i>	44
Figura 11. <i>GPS de alta precisión con antena ubicado en el terreno.....</i>	45
Figura 12. <i>Ubicación puntos de control en el terreno</i>	45
Figura 13. <i>Procesamiento inicial.....</i>	46
Figura 14. <i>Nube de puntos geolocalizada y cámaras</i>	47
Figura 15. <i>Nube de puntos en malla con textura 3D.....</i>	47
Figura 16. <i>Ortomosaico de la nube de puntos.....</i>	48
Figura 17. <i>Quality Report del proyecto dada por pix4d mapper.....</i>	49
Figura 18. <i>Resumen del proyecto desde ortomosaico, DSM y Overlap.....</i>	49
Figura 19. <i>Reporte de posicionamiento de imágenes del ortomosaico</i>	50
Figura 20. <i>Edición de la nube de puntos en el software RECAP.....</i>	51

Figura 21. <i>Elaboración planimetría en ortomosaico con fotointerpretación en AutoCAD. Etapa I-Inserción nube de puntos y ortomosaico a plataforma digital de AutoCAD.</i>	52
Figura 22. <i>Elaboración planimetría con ortomosaico escalado fase de la fotointerpretación en AutoCAD. Parte II. Montaje de dibujo sobre ortomosaico geolocalizado con puntos de control.</i>	53
Figura 23. <i>Elaboración planimetría sin ortomosaico escalado fase de la fotointerpretación en AutoCAD. Parte III. Planimetría sin ortomosaico</i>	53
Figura 24. <i>Información predial del área metropolitana de Bucaramanga AMB, medidas del lote.</i>	55
Figura 25. <i>Información de las medidas constatadas con el método de cinta métrica en el sitio</i>	56
Figura 26. <i>Información levantamiento con ortomosaico y tecnología dron.....</i>	57
Figura 27. <i>Información levantamiento con tecnología dron sin ortomosaico.....</i>	58
Figura 28. <i>Información obtenida del postproceso a partir de puntos de control y el escalamiento del ortomosaico.....</i>	61

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Grafica relación de puntos de control con GPS de alta precisión con antena para escalar ortomosaico en AutoCAD y ejecutar la fotointerpretación.</i>	54
Tabla 2. <i>Grafica relación de georreferencia de puntos de perímetro y distancias con datos obtenidos de la fotointerpretación.</i>	54
Tabla 3. <i>Grafica relación de distancias punto a punto lote proyecto turístico de cabañas Glamping Copoazú II, con las dimensiones de la carta catastral</i>	56
Tabla 4. <i>Grafica relación de distancias punto a punto lote proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II, con las dimensiones dadas con cinta métrica en el sitio</i>	57
Tabla 5. <i>Grafica relación de coordenadas y medidas perimetrales postproceso fotogramétrico de fotointerpretación.....</i>	58
Tabla 6. <i>Relación comparativa distancias lote conjunto residencial siglo 21</i>	59

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Planimetría de la carta catastral expedida por el área metropolitana de Bucaramanga</i>	71
Apéndice B. <i>Planimetría levantamiento fotogramétrico lote con ortomosaico</i>	72
Apéndice C. <i>Planimetría levantamiento fotogramétrico lote sin ortomosaico</i>	73
Apéndice D. <i>Coordenadas X, Y, Z de puntos de control para escalamiento.....</i>	74
Apéndice E. <i>Foto aérea con puntos de control plataformas guía para escalar</i>	75

Resumen

Tecnologías como los drones han emergido para asistir en campos como la arquitectura, ingeniería, cartografía, topografía y la modelación en 3D de territorios o construcciones, transformándose en un recurso para la agrimensura y la fotogrametría. Esta, mediante un postproceso de imágenes aéreas geolocalizadas capturadas por drones, produce un ortomosaico escalado que puede ser utilizado por la supervisión de obra para medir progresos en la ejecución y control específico. La tecnología de drones aéreos y sus postprocesos mediante programas de Fotogrametría y cartografía como Pix4d, Recap, AutoCAD han transformado la cartografía y la topografía desde su desarrollo en el campo y su posterior posproceso digital.

Este reporte expone dos (2) procedimientos de comprobación: Primero, se realiza una medición manual utilizando cinta métrica conforme a la carta catastral del Área Metropolitana de Bucaramanga, en un terreno con una pendiente media que permite este procedimiento manual. El segundo método consiste en una serie de fotografías capturadas con drones y la creación de un software de fotogrametría, empleando puntos de control o de paso, que producen datos planimétrica y cartográfica del lote objeto mediante la interpretación de imágenes en el sistema AutoCAD con nube de puntos.

Las conclusiones detallan el uso de drones y fotogrametría con ortomosaico aplicado en relación a los datos levantados con cinta métrica según la planimetría de carta catastral del AMB. Esto facilita la determinación de la geolocalización precisa del perímetro, economizando tiempo y recursos gracias a la exactitud de los datos adquiridos mediante la tecnología de los drones.

Palabra clave: topografía, levantamiento con dron, levantamiento tradicional, exactitud, ortomosaico, cinta métrica

Abstract

Technologies such as drones have emerged to assist in fields such as architecture, engineering, cartography, topography, and 3D modeling of territories or buildings, becoming a resource for surveying and photogrammetry. This technology, through post-processing of geolocated aerial images captured by drones, produces a scaled orthomosaic that can be used for construction supervision and intervention to measure progress and specific control. Aerial drone technology and its post-processing using photogrammetry and cartography programs such as Pix4d, Recap, or AutoCAD, have transformed cartography and topography from their development in the field to their subsequent digital post-processing.

This report presents two verification procedures: First, a manual measurement is performed using a tape measure according to the cadastral map of the Metropolitan Area of Bucaramanga, on terrain with a medium slope that allows this manual procedure. The second method consists of a series of photographs captured with drones and the creation of photogrammetry software, using control or waypoints, which produce planimetric and cartographic data of the target lot through image interpretation in the AutoCAD system with a point cloud.

The conclusions detail the use of drones and photogrammetry with orthomosaic applied to the data collected with a tape measure according to the AMB cadastral map planimetry. This facilitates the determination of the precise geolocation of the perimeter, saving time and resources thanks to the accuracy of the data acquired using drone technology.

Keywords: topography, drone surveying, traditional surveying, accuracy, orthomosaic, tape measure

Glosario

Acta: es un documento que detalla un suceso del contrato o la descripción de lo acordado en una reunión, registrando los compromisos y tareas acordadas e identificando al encargado de cada una como signatarios de esta. (Superintendencia de notariado y registro, 2021).

Agrimensura: es la rama de la topografía que se encarga de definir perímetros, superficies, cuantificar áreas, así como de rectificar o confirmar los límites de terrenos o lotes, ya sean urbanos o rurales. (Wikipedia la enciclopedia libre, 2024).

Carta catastral urbana: es el documento de cartografía georreferenciada donde se detallan los perímetros de los terrenos que constituyen una manzana catastral, con la identificación y denominación vial y domiciliaria. (Carta Catastral Urbana, 2019)

Flight logbook: se refiere a un registro o formato redactado donde un piloto u observador de vuelo, llevará un libro o bitácora de vuelo, en la que registrará al menos la información siguiente:

- a. Calendario de las operaciones aéreas,
- b. Clase de aeronave y fuente de referencia
- c. Motor y Potencia de la aeronave o dron,
- d. Cantidad de vuelos y operaciones aéreas,
- e. Consideraciones sobre las propiedades del vuelo,
- f. Nombre y licencia del piloto, nombre y licencia del docente, estadístico o autorizado

Cada integrante tiene la obligación de mantener su bitácora personal de vuelo al día, garantizando también la autenticidad de su contenido. (Flight log books, 2021)

Fotogrametría: la fotogrametría es una técnica que permite realizar medidas 3D y obtener volúmenes a partir de fotografías. Esta técnica (la denominada fotogrametría aérea) ha

sido tradicionalmente empleada en la creación de mapas y su correspondiente levantamiento en 3D usando modelos digitales del terreno (DEM – Digital Elevation Model). (*Caro-Herrero, 2012, p. 4*)

Fotointerpretación: la American Society of Photogrammetry define la interpretación de fotografías aéreas como “el arte de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar los objetos y juzgar su importancia”. (Torres, 1967, p. 10).

Interventor: se refiere a la persona o entidad que se contrata a través de un proceso de selección, ya sea por concurso de méritos o de menor valor, con el propósito de llevar a cabo la adecuada supervisión y control de la apertura, ejecución y finalización de los contratos de obra, con el objetivo de evitar los posibles riesgos que la entidad pueda enfrentar debido a la obra contratada (Concepto 449901 de 2021 Departamento Administrativo de la Función Pública 2021).

Interventoría: seguimiento y control del cumplimiento del contrato de obra realizado por una persona natural o jurídica contratada para tal fin por el Estado. (Ejecución del contrato, s.f.)

Magna-Sirgas: sistema de referencia geodésico usado en la zona Colombia-Bogotá.

MDE: modelos de Elevación Digital.

MDT: modelo Digital de Terreno

MDS: modelo Digital de Superficie

Nubes de puntos 3D: es un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, y Z y son representaciones de la superficie externa de un objeto. (Guía rápida para quitarte el miedo a trabajar con Nube de Puntos 3D, s.f.)

Ortofoto: imagen fotográfica del terreno con proyección ortogonal y geolocalizada, esta

proyección permite que se eliminen las distorsiones planimétricas dadas por la inclinación de la cámara y por el desplazamiento que se da debido al relieve, dicha imagen da origen después de un respectivo procesamiento a mosaicos de cualquier plano seleccionado. (Cataluña, s.f.)

Ortomosaico: producto de imagen fotogramétricamente orto rectificada organizado como un mosaico a partir de una colección de imágenes, donde la distorsión geométrica se ha corregido y donde se ha realizado un balance de color de las imágenes para producir un data set de mosaico continuo. (Generar un ortomosaico usando el asistente Ortomosaico, párr.1, s.f.)

Planeación: establecimiento de lo que se busca realizar, incluyendo las estrategias que permitan lograr un objetivo específico previamente establecido. Este proceso consta de varios pasos esenciales, como el análisis del problema, la descripción de los objetivos, la definición de la metodología, los procedimientos y otras actividades que se llevan a cabo para alcanzar el objetivo propuesto. Desde la Fotogrametría utilizando tecnología Drone, la planificación se lleva a cabo mediante un Flight logbook o bitácora aérea que detalla paso a paso las condiciones, regulaciones, clima y georreferenciaciones de una misión aérea para recolectar muestras fotogramétricas para el desarrollo del postproceso o la transformación de las imágenes aéreas en modelos 3D y ortomosaico para su aplicación en la cartografía y topografía. (Global, s.f.) (Balaguer Puig, s.fl)

Introducción

Los procedimientos de fotointerpretación, que son un componente del progreso en la cartografía y topografía, al incorporar tecnologías como los drones con sensores de telemetría y posicionamiento geolocalizado, junto con la disciplina de la fotogrametría, permiten finalmente la producción de resultados exactos en la representación gráfica de modelos de terrenos y construcciones en dos y tres dimensiones.

Desde el punto de vista de la fotogrametría, podemos deducir que esta disciplina se enfoca en el estudio, análisis y definición exacta de la geometría, dimensionamiento y ubicación geolocalizada en el espacio de cualquier objeto, empleando medidas o dimensiones realizadas sobre una o varias imágenes de dicho objeto (Ibáñez, s.f.).

Desde la evolución del campo de la topografía, que es la disciplina que analiza los fundamentos y técnicas que permiten visualizar la geometría formal, los detalles y elementos de la tierra, tanto naturales como diseñados por el ser humano. Esta representación siempre se lleva a cabo en función de una zona de terreno específica, empleando un plano ficticio y un conjunto de coordenadas tridimensionales (x, y, z).

El resultado de dichos procesos es un mapa topográfico, que muestra gráficamente la configuración del terreno en la zona examinada. De esta manera, los mapas topográficos indican la altitud del terreno mediante sistemas de líneas que conectan puntos específicos con un plano de referencia, que generalmente es el nivel del mar. (Guía rápida para quitarte el miedo a trabajar con Nube de Puntos 3D, s.f.)

Es evidente que los campos de la Topografía y la Fotogrametría, junto con el postproceso de fotointerpretación, son de gran relevancia para áreas como la agrimensura, la cartografía, las investigaciones mineras, la supervisión de redes, las infraestructuras viales, entre otros que

abarcen las ingenierías. En términos concretos, resulta extremadamente beneficioso en los diversos procesos de edificación y obras civiles, ya que la topografía y la fotogrametría se encargan de detallar la realidad física y geométrica formal del lugar de estudio, ya sea en un contexto urbano, o en un campo o un valle entre montañas en el contexto rural (Concepto, 2024).

Así pues, los conceptos de topografía, fotogrametría y fotointerpretación, que se examinan en este documento, se relacionan específicamente con la implementación de un método creado por el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz, de autoría propia y que se está aplicando en el Diplomado y que ha proporcionado resultados de precisión satisfactorios según diferentes informes en varios sitios o trabajos de campo efectuado por los estudiantes de la Especialización de Interventoría de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga.

La precisión en el cálculo de perímetros y la localización de puntos convergentes para terrenos o construcciones a través de la disciplina de la fotogrametría y la utilización de sistemas RPAS o Drones, ahora son instrumentos que enriquecen la labor de la Interventoría centrada en la revisión y comprobación de progresos en las obras de un proyecto, comenzando con la comprobación de las dimensiones físicas y las condiciones topográficas del terreno a intervenir para el desarrollo de un proyecto que en este caso es un desarrollo turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca, objeto del presente informe técnico.

La elaboración del informe técnico resultado de la investigación tiene como objetivo utilizar los conocimientos adquiridos en el Diplomado para detallar conclusiones comparativas de los sistemas de medición y precisión tradicionales de la cinta métrica y la cartografía en comparación con los sistemas de medición y precisión con los entregables derivados de la utilización de la Fotogrametría y la tecnología de los drones.

1. Aplicación de la fotogrametría y la tecnología dron para desarrollar la interventoría en la comparación métrica de áreas y perímetros del terreno para ejecutar el proyecto turístico de cabañas glamping Copoazú II en Ruitoque Bajo del municipio de Floridablanca, Santander

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Aplicación de metodologías de fotogrametría con software especializado en muestras fotogramétricas tomadas con la tecnología dron para la verificación de áreas y perímetros de un terreno para el desarrollo de la segunda etapa del proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca.

1.1.2 Objetivos específicos

Realizar el levantamiento de muestras fotogramétricas utilizando un sistema RPAS de Phantom 4 Advance, organizando un flight logbook de vuelo y creando dos (2) puntos de control con GPS de alta precisión para la obtención de coordenadas. Esto facilitará la determinación de las dimensiones datos X, Y y Z, así como las condiciones físicas del terreno objeto del informe técnico.

Implementar todos los procedimientos de fotogrametría mediante el uso de programas como Pix4d Mapper y Recap Pro, para la modificación y comprobación de la nube de puntos y ortomosaicos, MDT y MDS para la creación de la fotointerpretación en sistemas digitales de dibujo de planimetría CAD.

Examinar la precisión en las medidas del terreno basándose en la geometría formal de la carta catastral, utilizando las medidas manuales realizadas con cinta métrica, adquiridas del lote a partir del trabajo de campo.

Analizar de manera comparada la Cartografía carta catastral y sus dimensiones, luego la planimetría realizada con cinta métrica a partir de la geometría formal de la carta catastral, así como la planimetría proporcionada por la tecnología drone y la fotogrametría en dimensiones perimetales y áreas, con el objetivo de obtener conclusiones que evidencien la efectividad del método para generar fiabilidad en la función de tomar medidas precisas para la supervisión de la Interventoría.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que permite realizar medidas 3D y obtener volúmenes a partir de fotografías. Esta técnica (la denominada fotogrametría aérea) ha sido tradicionalmente empleada en la creación de mapas y su correspondiente levantamiento en 3D usando modelos digitales del terreno (DEM – Digital Elevation Model). Sin embargo, hoy en día, el aumento de potencia de sistemas y la mejora en los algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes digitales ha hecho posible que esta técnica se incorpore con más fuerza para la generación de modelos tridimensionales. Esta última posibilidad es la que se conoce como fotogrametría de alcance corto (close-range photogrammetry). (Caro-Herrero, 2012, p. 4)

2.1.2 Teledetección

La teledetección es una técnica que permite obtener datos sobre objetos o superficies sin necesidad de contacto físico directo.

Consiste en la recopilación de información de la superficie terrestre a través de sensores ubicados en plataformas satelitales. Estos sensores detectan la energía electromagnética reflejada o emitida por el terreno, generando registros que, una vez procesados, ofrecen una representación interpretable de las características del entorno.

Esta tecnología comenzó a utilizarse en 1972, cuando Estados Unidos lanzó el primer satélite destinado a la observación de la Tierra. En sus primeras décadas, el uso de imágenes satelitales era limitado debido a los altos costos operativos. Actualmente, gracias al desarrollo tecnológico y la amplia disponibilidad de imágenes, tanto instituciones públicas como empresas privadas han incorporado la teledetección en distintos tipos de proyectos. Entre sus múltiples aplicaciones se destacan la detección de cambios territoriales, el monitoreo agrícola, el estudio de fenómenos volcánicos y la gestión de desastres naturales (Ibáñez, 2024).

En el caso del presente proyecto, enfocado en la construcción de cabañas tipo glamping en un lote ubicado en Ruitoque, la teledetección representa una herramienta útil para analizar las condiciones topográficas, la cobertura vegetal y la exposición solar del terreno. Esta información puede orientar la planificación espacial, priorizando áreas con mayor atractivo visual y menor intervención ambiental.

2.1.3 Fotointerpretación

La American Society of Photogrammetry define la interpretación de fotografías aéreas como ‘el arte de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar los objetos y

juzgar su importancia. (Torres, 1967, p. 10).

Entre sus principales objetivos se encuentran la identificación de elementos o zonas homogéneas, lo cual exige un reconocimiento detallado basado en las características formales, y la extracción de información específica contenida en el fotograma.

La precisión en la identificación de objetos en fotografías aéreas está influenciada por tres factores principales: a) las habilidades del intérprete, b) la calidad del material aerofotográfico y c) las particularidades de los objetos observados.

En cuanto al intérprete, se espera que posea aptitudes visuales destacadas y agudeza mental, cualidades fundamentales para el proceso. Por su parte, el material aerofotográfico debe cumplir con ciertos criterios técnicos que garantizan su calidad: imágenes recientes con escala apropiada, alta nitidez, buen contraste tonal, mínima o nula presencia de nubes, sombras cortas, ausencia de reflejos solares, solape adecuado, y que los puntos clave estén ubicados en terreno firme y libre de obstáculos como cuerpos de agua o nubes. Además, se requiere que las imágenes no presenten desplazamientos ni distorsiones.

Finalmente, los objetos representados en las fotografías deben analizarse considerando diversos atributos pictóricos, tales como: tono o color, tamaño, forma, sombra, textura, patrón, ubicación geográfica y relación con otros elementos (Avalos, 2013).

2.1.4 Dron y aplicaciones

Actualmente, existe una amplia variedad de aeronaves capaces de realizar misiones con distintos niveles de autonomía. Dado que su incorporación al ámbito civil es relativamente reciente, aún no existe un consenso claro sobre su definición, lo que genera dudas respecto a si ciertos sistemas pueden ser considerados UAV (vehículos aéreos no tripulados). Estas

denominaciones aluden a la ausencia de tripulación a bordo, aunque esto no implica necesariamente que operen de manera autónoma.

Los drones presentan diferentes configuraciones de diseño, las cuales determinan sus usos según el tipo de vuelo que ejecutan. Las dos principales categorías son los drones de ala fija y los multirrotores, como los cuadricópteros. Los multirrotores tienen la capacidad de mantenerse en una posición estática durante el vuelo, mientras que los de ala fija requieren desplazarse siguiendo trayectorias continuas. Además, el peso influye directamente en su autonomía: al ser más livianos, los drones de ala fija pueden cubrir mayores distancias, lo que mejora la cobertura en labores como la captura de imágenes aéreas.

El uso de drones también permite realizar tareas a baja altura, con grabación en tiempo real, facilitando el reconocimiento de zonas de difícil acceso o potencialmente peligrosas, y sorteando obstáculos sin comprometer la seguridad de las personas. En la actualidad, existe una gran diversidad de drones con diferentes tamaños, formas y características, adaptados a distintos fines.

En el ámbito de la ingeniería, estos dispositivos representan una herramienta eficiente para supervisar y controlar obras civiles. Su uso permite capturar y procesar imágenes que se transforman en modelos tridimensionales de alta resolución, así como realizar el seguimiento visual del avance constructivo de forma rápida, precisa y rentable (Usos y aplicaciones de los drones en Colombia: ¿cuál es su reglamentación?, s.f.; Riaño, 2018).

2.1.5 Levantamiento topográfico

Se entiende por levantamiento topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las

coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera; lo resumen como “el proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra” (Torres y Villate, 2001, como se citó en Pachas, 2009, p. 17).

2.1.6 Levantamiento topográfico con cinta métrica

El levantamiento topográfico con cinta métrica metálica es uno de los métodos más sencillos y accesibles, ya que requiere pocos recursos técnicos. Aunque presenta limitaciones en cuanto a precisión y en la extensión del área que se puede cubrir, es una opción viable para terrenos de dimensiones reducidas. Existen varias técnicas dentro de este tipo de levantamiento, entre las que se incluyen: radiación, poligonal cerrada, poligonal abierta, ordenadas y triangulación.

La base fundamental de la topografía es la medición de distancias. Sin importar las irregularidades del terreno, la distancia entre dos puntos se define como la proyección horizontal entre las líneas de plomada que atraviesan dichos puntos. El procedimiento más utilizado para obtener estas mediciones es el cadenamamiento, que consiste en una medición directa con cinta (Estudio topográfico de edificaciones, s.f.).

2.1.7 Levantamiento de muestras fotogramétricas con dron

El uso de drones en la captura de muestras fotogramétricas ha ganado relevancia en los campos de la topografía y la cartografía, gracias a su capacidad para generar imágenes aéreas mediante sensores de telemetría dirigidos hacia el suelo. Estos sensores permiten detectar

variaciones en la superficie, ya sea por la presencia de vegetación, construcciones u ondulaciones del terreno. Para ello, se emplean dispositivos como cámaras RGB, sensores multiespectrales y tecnología LIDAR. Durante el proceso, el área de estudio es fotografiada múltiples veces desde distintos ángulos, registrando las coordenadas de cada imagen para asegurar su georreferenciación.

Las técnicas fotogramétricas ofrecen una manera eficiente y precisa de localizar variables espaciales sobre las imágenes captadas, combinando velocidad, cobertura detallada y un costo razonable. Estas fotografías permiten observar con claridad tanto los elementos naturales como las intervenciones humanas presentes en el área registrada.

En contextos ambientales y forestales, donde se manejan numerosas variables espaciales, el uso adecuado de imágenes aéreas se ha vuelto fundamental, especialmente en países en desarrollo. Por esta razón, es esencial que los profesionales involucrados comprendan los principios básicos de la formación de fotografías aéreas verticales, su interpretación temática, así como los distintos tipos de mediciones —como alturas, pendientes o superficies— que pueden derivarse de ellas. Este conocimiento es clave para la elaboración de mapas base y temáticos (Pacheco, 2006).

A partir de la información capturada por el dron, un software de fotogrametría es capaz de elaborar modelos georreferenciados como ortomosaicos, representaciones en 2D del relieve o reconstrucciones tridimensionales del área estudiada. Estos mapas permiten calcular con precisión distancias y volúmenes.

Figura 1. Levantamiento de nuestras fotogramétricas para topografía con drones



Tomado de Usa Drone Academy, 2019

A diferencia de los sistemas tradicionales como los aviones tripulados o las imágenes satelitales, esta tecnología opera a altitudes significativamente más bajas, lo que favorece la obtención de datos con mayor resolución y exactitud, optimizando tiempos, reduciendo costos y minimizando las limitaciones asociadas a factores atmosféricos como la presencia de nubes.

2.1.8 Planimetría

La planimetría es una rama de la topografía que se ocupa de la representación precisa de una porción de la superficie terrestre sobre un plano, ignorando las variaciones de altura. Su objetivo es obtener una proyección horizontal del terreno, utilizando métodos que permiten ilustrar con detalle puntos, líneas, curvas, superficies, contornos y cuerpos (Usha, 2022).

Desde esta perspectiva, la planimetría se entiende como el conjunto de técnicas destinadas a representar a escala los elementos del terreno en un plano, prescindiendo de la altimetría o el relieve (Arcux, 2020). Su aplicación es fundamental tanto en proyectos de infraestructura como en arquitectura.

En este último campo, la planimetría adquiere relevancia al posibilitar la elaboración de

planos como plantas, cortes y fachadas. Estos documentos son esenciales para definir la disposición espacial, la circulación y las características funcionales del diseño. Además, pueden incluir especificaciones técnicas, detalles estructurales y propuestas de instalaciones interiores, contribuyendo así a la innovación en la creación de espacios más eficientes y adecuados a las necesidades del usuario (Arcux, 2020).

2.1.9 Altimetría

La altimetría se define como la topografía especializada en la medición de la altura. Considerando que la topografía es la disciplina que se encarga de la descripción detallada de las superficies. También conocida como hipsometría, la altimetría abarca diferentes procesos, metodologías, técnicas para la determinación y representación de la altura de un punto, teniendo en cuenta un cierto plano de referencia. De esta manera la altimetría posibilita la representación del relieve” (Del Río, et ál., 2020, p. 2).

2.1.10 Pix4D Mapper

Pix4D es un software especializado en el procesamiento de imágenes obtenidas a través de drones y dispositivos móviles. Utiliza algoritmos avanzados y técnicas fotogramétricas para producir nubes de puntos, modelos digitales de superficie y ortomosaicos con alto nivel de detalle, aplicados en la fotogrametría. Además, dispone de equipos de captura de datos, como cámaras y sensores, que complementan sus funciones, lo que lo convierte en una herramienta versátil y precisa para múltiples sectores que requieren información detallada. (UAV Latam, 2023).

Según la UAV Latam, (2023), Pix4D tiene aplicaciones en distintos campos especializados, como el levantamiento fotogramétrico y la cartografía de alta precisión. Mediante el uso de inspección aérea y fotogrametría con drones, el software permite crear modelos y mapas tridimensionales que mejoran la comprensión de un área, optimizan los procesos y ayudan a incrementar la productividad, al mismo tiempo que disminuyen los costos operativos.

La UAV Latam, (2023) explica que una de las ventajas más destacadas de Pix4D es su capacidad para generar “gemelos digitales”, es decir, representaciones virtuales de objetos o infraestructuras físicas a partir de imágenes captadas por drones u otros dispositivos. Esta funcionalidad facilita el análisis, la supervisión y la predicción del estado de un producto o proceso. En el ámbito de la construcción, por ejemplo, permite obtener modelos digitales precisos de un terreno o zona de obra, lo que resulta útil cuando las condiciones reales difieren de los planos iniciales, optimizando así el tiempo y la exactitud en la planificación.

2.1.11 AutoCAD

AutoCAD es considerado el estándar en cuanto a programas de diseño asistido por computadora (CAD), siendo ampliamente reconocido por su versatilidad y funcionalidad. Desarrollado por la empresa Autodesk, fue lanzado por primera vez en 1982 y, desde entonces, ha consolidado su posición como uno de los softwares más utilizados en el ámbito del diseño digital.

Este programa es empleado de forma habitual por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros profesionales del sector, ya que permite la creación de dibujos, planos, estructuras y piezas que responden a especificaciones técnicas precisas. Su capacidad para operar tanto en dos dimensiones (2D) como en tres dimensiones (3D) lo convierte en una herramienta

indispensable en proyectos arquitectónicos, mecánicos, industriales, de diseño gráfico y de ingeniería.

El nombre AutoCAD surge de la combinación de “Auto”, en referencia a Autodesk, y “CAD”, sigla en inglés de Computer-Aided Design (Diseño Asistido por Computadora). Entre sus ventajas destaca la amplia capacidad de edición, que permite representar de manera digital planos de edificios, componentes mecánicos y otros elementos constructivos con un alto grado de precisión.

Además, AutoCAD ofrece interfaces de programación de aplicaciones (API), mediante las cuales es posible personalizar y automatizar procesos, gestionar bases de datos y optimizar flujos de trabajo dentro del entorno de diseño. Esta capacidad de integración y extensión tecnológica ha contribuido a su uso masivo en diversos campos profesionales, consolidándolo como una herramienta clave para el desarrollo de proyectos en la actualidad (Arcux.net; Arkinetia, 2006).

2.1.12 Recap Pro

ReCap Pro es una herramienta clave para procesar datos obtenidos mediante escaneos y facilitar su validación e integración con nuevos diseños. Este software transforma las nubes de puntos en modelos tridimensionales texturizados que pueden ser aprovechados por otras plataformas de diseño. Entre sus funciones más destacadas se encuentran las herramientas de medición, anotación y orientación espacial, que permiten revisar los datos capturados y ajustar el sistema de coordenadas al marco geográfico correspondiente, como WGS84 o MAGNA SIRGAS.

De acuerdo con Autodesk (2024), esta aplicación permite a diseñadores e ingenieros

generar representaciones digitales detalladas de condiciones reales, facilitando la verificación del estado actual de una obra para tomar decisiones más informadas. También permite producir nubes de puntos y mallas tridimensionales que pueden ser integradas en flujos de trabajo basados en BIM (Building Information Modeling), lo cual favorece la colaboración entre equipos en entornos digitales compartidos. Asimismo, es útil en tareas de levantamiento topográfico, planificación urbana, construcción y renovación de edificaciones e infraestructuras.

2.1.13 Concoord

El software Concoord fue desarrollado íntegramente en el lenguaje de programación Java y se encuentra bajo la Licencia Pública General (GPL) emitida por la Free Software Foundation. Esto implica que cualquier usuario interesado puede solicitar el acceso al código fuente con el propósito de estudiarlo, modificarlo y mejorarlo. Concoord es un programa de tipo shareware, clasificado dentro de la categoría de herramientas misceláneas, creado por el Acueducto de Bogotá.

Esta aplicación está especialmente diseñada para facilitar procesos de conversión y transformación de coordenadas, permitiendo realizar la transición del sistema de referencia antiguo, denominado “Internacional de Bogotá”, al sistema actual “Magna-SIRGAS”, adoptado oficialmente por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Concoord, s.f.).

2.1.14 Google Earth Pro

Google Earth ha dejado de ser únicamente una herramienta de exploración visual, convirtiéndose progresivamente en una plataforma de referencia dentro del ámbito de la georreferenciación. Su evolución ha incorporado funciones que permiten no solo visualizar

imágenes satelitales precisas del globo terráqueo, sino también navegar hacia ubicaciones específicas mediante la introducción de nombres o direcciones, obtener coordenadas exactas, dibujar sobre zonas determinadas, personalizar vistas y compartir áreas con otros usuarios.

Entre sus funcionalidades más destacadas se encuentran la representación tridimensional de montañas, valles o edificaciones, el cálculo de distancias entre puntos, la medición de altitudes y la visualización detallada de fenómenos geográficos como fallas tectónicas o volcanes. Además, Google Earth permite la creación de entidades vectoriales (puntos, líneas y polígonos), facilitando la elaboración de mapas personalizados. Estos mapas se generan mediante la superposición de imágenes satelitales, fotografías aéreas, datos provenientes de sistemas de información geográfica (SIG) y modelos computacionales. El programa cuenta con diversas licencias, siendo su versión gratuita ampliamente utilizada en computadoras personales, tabletas y dispositivos móviles (Google Earth, 2024).

2.2 Marco teórico

El presente informe técnico-investigativo desarrolla una comparación entre los métodos de dimensionamiento de los perímetros de un terreno, tomando como base la planimetría obtenida mediante tres fuentes: un levantamiento cartográfico realizado con cinta métrica, la geometría de una carta catastral suministrada por el Área Metropolitana de Bucaramanga, y la planimetría generada a partir de un levantamiento fotogramétrico realizado mediante un sistema aéreo no tripulado (RPAS o dron), con su respectivo postproceso mediante software especializado en fotogrametría. El terreno objeto de estudio corresponde al lote donde se proyecta la ejecución del complejo turístico “Cabañas Glamping Copoazú II”, ubicado en Ruitoque Bajo, municipio de Floridablanca (Santander), y cuya interventoría requiere verificar

con precisión las dimensiones perimetrales para el adecuado desarrollo de los diseños arquitectónicos y civiles conforme a la realidad del área y topografía del predio.

Como marco referencial, se adopta el “Análisis comparativo de levantamiento cartográfico y topográfico tradicional hecho con cinta métrica y el levantamiento fotogramétrico con la tecnología de dron y su desarrollo en planimetría aplicando el método de fotointerpretación en AutoCAD”, elaborado por el arquitecto Robert Gutiérrez Ortiz, actualmente en fase experimental en el Departamento de Fotogrametría del Banco Inmobiliario de Floridablanca (BIF). En líneas generales, este estudio emplea dos métodos de levantamiento para compararlos entre sí, con el propósito de identificar cuál proporciona mayor precisión en la medición de un terreno.

Como conclusión, la investigación demuestra que las tecnologías emergentes, como el uso de drones, ofrecen ventajas significativas frente a los métodos topográficos convencionales, especialmente en terrenos extensos o de difícil acceso por sus características naturales.

Estas misiones requieren únicamente un equipo mínimo compuesto por un piloto y observador, y un especialista en fotogrametría encargado del procesamiento de los datos para generar los productos planimétricos necesarios para la cartografía y la topografía.

2.3 Marco legal

Ley 1341 de 2009, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones (Congreso de la República de Colombia, 2009).

Circular Reglamentaria 002 del 27 de julio de 2015, requisitos generales de

aeronavegabilidad y operaciones para RPAS (Numeral 4.25.8.2).

Ley 1476 de 2011, por la cual se expide el régimen de responsabilidad administrativa por pérdida o daño de bienes de propiedad o al servicio del Ministerio de Defensa Nacional, sus entidades adscritas o vinculadas o la Fuerza Pública. (Congreso de la República de Colombia, 2011).

Resolución 01594 de 2018, por la cual se adopta e incorpora a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia la norma "RAC 91 - Reglas Generales de Vuelo y de Operación" (Aerocivil - Unidad Administrativa Especial, 2018.).

Decreto 1064 de 2020, por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Resolución 04201 de 2018, por la cual se incorporan a la norma RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia unas disposiciones sobre operación de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), y se numeran como Apéndice 13, y se adoptan otras disposiciones (Ministerio de Transporte, 2018).

Decreto 1065 de 2020, por el cual se modifica la planta de personal del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Resolución 01983 del 27 de septiembre de 2023, publicada en el Diario Oficial No. 52.531, incorpora al RAC 100 una norma que reglamenta los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) en Colombia, considerando los avances tecnológicos, las necesidades de la industria y las funciones de la Aeronáutica Civil (Aerocivil - Unidad Administrativa Especial, 2023).

2.4 Antecedentes y estados del arte

2.4.1 *Antecedentes internacionales*

2.4.1.1 Caso 1 “Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones GPS de alto laran y rio chico, Perú”. El Instituto Geofísico del Perú (IGP) desarrolló estudios geodinámicos y geotécnicos en los distritos de San Pedro de Huacarpana, Chavín, Alto Larán y San Juan de Yanac, en la provincia de Chincha, con el propósito de generar información que permita identificar zonas vulnerables a deslizamientos, desbordes fluviales, derrumbes, entre otros fenómenos. Para ello, se llevó a cabo un levantamiento topográfico planimétrico de alta resolución en las localidades de Alto Larán y Río Chico, abarcando áreas de 746.20 ha y 1942.46 ha respectivamente, mediante el uso de drones (vehículos aéreos no tripulados) e instrumentos GNSS.

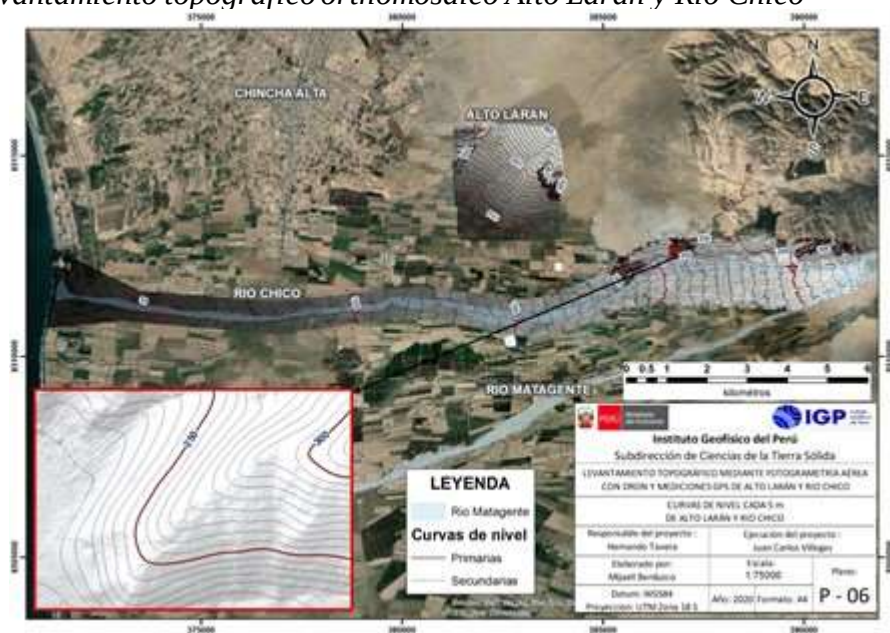
Durante el proceso, se capturaron 5217 fotografías y se midieron 11 puntos de fotocontrol en Alto Larán, mientras que en el cauce del Río Chico se recolectaron 6360 fotografías y se ubicaron 20 puntos de fotocontrol. Estos datos se procesaron utilizando técnicas de fotogrametría, que integran imágenes aéreas con coordenadas precisas para generar información detallada y georreferenciada del relieve. Los resultados incluyen modelos digitales del terreno, ortofotos y mapas de curvas de nivel de alta precisión, útiles para análisis de inundaciones, planificación del territorio y diseño de sistemas de drenaje. Para Alto Larán se generó un MDT con resolución de 3.6 cm/píxel, un ortomosaico con igual resolución y un mapa de curvas de nivel con intervalo de 5 m, todos georreferenciados con los 11 puntos de control. Las elevaciones van desde 125.6 m en la zona suroeste hasta 311 m al noreste, lo que indica un relieve de

moderado a elevado.

En el caso de Río Chico, los productos obtenidos fueron un MDT con resolución de 34.3 cm/píxel, un ortomosaico de 8.58 cm/píxel y un mapa de curvas de nivel cada 5 m, también georreferenciados mediante 20 puntos de fotocontrol. Se identificó un cauce claramente definido y un predominio de relieve plano, con elevaciones que oscilan entre 24.5 m y 390.7 m, siendo las más altas hacia el este.

Finalmente, se destaca que la resolución alcanzada con esta metodología supera ampliamente a la del satélite PERU-SAT (70 cm/píxel en modo pancromático y 280 cm/píxel en multiespectral), representando mejoras del 76 % y 95 % respectivamente. Esto permite identificar con mayor detalle los elementos del terreno y realizar análisis más precisos.

Figura 2. Levantamiento topográfico orthomosaico Alto Laran y Río Chico



Tomado de Instituto Geofísico del Perú, (2020)

2.4.2 Antecedentes nacionales

2.4.2.1 Caso 2. “El dron método de levantamiento topográfico más eficaz para el Municipio de Villanueva departamento del Casanare Colombia”. El presente problema se localiza en el municipio de Villanueva, en el departamento del Casanare, donde se han identificado pérdidas continuas de metros cuadrados en predios rurales. Además, se reportan demoras significativas en la entrega de planos y un aumento en los costos asociados a los levantamientos topográficos, lo cual depende en gran medida del método empleado. Esta situación afecta directamente la posibilidad de realizar parcelaciones aptas para la venta. Según encuestas aplicadas a propietarios de fincas del sector, surge la necesidad de determinar cuál de los métodos de levantamiento topográfico —cinta métrica, estación total, nivel o dron— resulta más viable técnica y económicamente. Para ello, se realizó un levantamiento experimental en una cancha de fútbol utilizando los cuatro métodos mencionados. Los resultados obtenidos fueron bastante similares entre sí, aunque se evidenció que el uso del nivel fue el más demorado y presentó mayor margen de error. Por el contrario, el dron fue el método más rápido en la recolección de datos, con menor tasa de errores y mayor confiabilidad, lo que permite concluir que este sistema es el más adecuado y eficiente para los fines de esta investigación. La recolección de información se apoyó en un muestreo no probabilístico por conveniencia, que consiste en seleccionar participantes accesibles para el investigador, ya sea por cercanía geográfica o vínculo directo con el problema. Se encuestaron cinco propietarios de fincas cercanas al casco urbano de Villanueva para identificar las posibles causas de los retrasos en los levantamientos topográficos. El 80% de ellos coincidió en que las demoras se deben a los métodos empleados, las grandes extensiones de terreno y las dificultades de acceso,

especialmente en zonas con vegetación densa que dificultan tanto la movilidad como la instalación y operación de los equipos.

Actualmente, los métodos más utilizados en topografía incluyen la cinta métrica para medir distancias cortas, el nivel para calcular diferencias de altura y la estación total, que mide ángulos, distancias y desniveles de forma digital. Sin embargo, los avances tecnológicos han permitido incorporar drones, los cuales facilitan el trabajo al permitir modelar directamente el área sin necesidad de definir puntos específicos de medición, reduciendo así significativamente el tiempo invertido y mejorando la comodidad del proceso.

El estudio permitió comparar con claridad los diferentes métodos. La cinta métrica requiere al menos dos personas para operar, lo que, aunque implica tiempos breves de ejecución, incrementa el margen de error llevando consigo pérdidas de terreno. Por su parte, tanto el nivel como la estación topográfica también necesitan dos operarios que llevan consigo equipos costosos, delicados y pesados, y aunque ofrecen mayor precisión que la cinta, implican una inversión considerable de tiempo, desde la instalación de los instrumentos hasta la elaboración de los planos.

En cambio, a diferencia de los instrumentos tradicionales, el uso del dron se destaca por su eficiencia: puede estar operativo en solo cinco minutos y necesita únicamente un operador. Esto no solo reduce el personal requerido, sino también los tiempos de ejecución. Si bien todos los métodos presentan cierto nivel de error humano, al comparar tiempo, costo y precisión, el dron resulta ser el más eficiente y confiable para levantamientos topográficos.

En términos de inversión, aunque los drones puedan representar un costo más elevado en comparación con otros equipos como la estación total, su desempeño en tiempo y exactitud los convierte en una opción con mejor relación costo-beneficio. Por tanto, para abordar los

problemas actuales en Villanueva —como la demora en la entrega de planos y la inexactitud en los levantamientos— se concluye que el uso de drones es una alternativa viable y altamente recomendable. Esto permitiría realizar parcelamientos más claros y precisos, agilizar la comercialización de terrenos y brindar a los propietarios resultados más rápidos y confiables.

Figura 3. Relación de costos topografía en diferentes métodos para Villanueva Casanare

COSTOS POR METRO CUADRADO DE LEVANTAMIENTO		
LEVANTAMIENTO CON CINTA METRICA	M2	\$ 1.050
LEVANTAMIENTO CON ESTACION	M2	\$ 2.850
LEVANTAMIENTO CON NIVEL	M2	\$ 1.550
LEVANTAMIENTO CON DRON	M2	\$ 3.250
Nota: los precios aquí establecidos no son precios estándar lo cual pueden variar de acuerdo a estado del terreno, cantidad de vegetación, etc., y pueden variar de acuerdo al profesional que realizara el levantamiento y al tiempo de ejecución.		

Figura 4. Relación de comparaciones métricas según diferentes métodos de topografía

TABLA 2 DIFERENCIA MÉTRICAS EN CADA MÉTODO DE LEVANTAMIENTO

DATOS DE CADA METODO EN METROS LINEALES					
LONGITUD DE LA CANCHA		CINTA	ESTACION	NIVEL	DRON
LADO A	64	64,75	64,25	64	64,44
LADO B	99	98,65	99,85	100	98,83
LADO A'	64	63,82	63,84	63	64,15
LADO B'	99	99,60	99,95	99	98,77
SUMATORIA DE METROS	326	326,82	327,89	326	326,19
ERRORES DE TOMA DE DATOS					
LONGITUD DE LA CANCHA		CINTA	ESTACION	NIVEL	DRON
LADO A	64	0,75	0,25	0	0,44
LADO B	99	0,35	0,85	1	0,17
LADO A'	64	0,18	0,16	1	0,15
LADO B'	99	0,60	0,95	0	0,23
SUMATORIA DE METROS		1,88	1,51	2,00	0,99

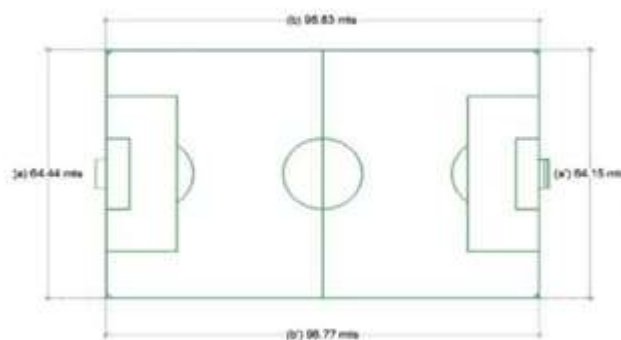
Nota: Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones Disponible en: <https://cut.ly/9EUKTgme> 01-10-2021

De acuerdo con lo expuesto, es posible identificar diferencias en los resultados obtenidos a partir de los diversos métodos de levantamiento topográfico, las cuales se deben principalmente a errores humanos o a problemas de calibración de los equipos. Aunque todos los métodos presentan algún grado de inexactitud, es a través del análisis de la sumatoria de errores que se

puede determinar cuál de ellos resulta más preciso. En este caso, el levantamiento con cinta métrica arrojó un error total de 1.88 metros, el realizado con estación topográfica presentó 1.51 metros, con nivel de 2 metros de error, y el levantamiento con dron obtuvo el menor margen de error, con 0.99 metros. Por tanto, el uso de la cinta métrica fue el menos preciso, mientras que el dron resultó ser el más eficiente en términos de precisión.

Figura 5. *Croquis del objeto de medición cancha en Villanueva, Casanare*

Figura 5 CROQUIS O PLANO DE LA CANCHA CON DRON



Tomado de Carrillo, 2021

Figura 6. *Imagen satelital cancha de futbol Villanueva, Casanare*



Tomado de Google Earth, (sf)

3. Método – Etapas de desarrollo con actividades detalladas del proyecto

Se implementó una metodología estructurada por etapas de desarrollo, en la cual se definieron actividades específicas correspondientes al proyecto de medición, con el fin de orientar de manera organizada el proceso de investigación.

3.1 Etapa 1. Planeación de la misión de vuelo del RPAS

En el predio en donde se implantará el proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca se desarrollará la construcción, será efectuada la misión de Vuelo con el sistema RPAS (Remotly Pilot Aircraft System), estableciendo un punto de inicio de vuelos y dos (2) puntos de control de apoyo georreferenciado. Dicha planificación de la misión tendrá en cuenta la elaboración de un formato y planificador denominado Flight Logbook o bitácora de Vuelo con datos característicos meteorológicos, geolocalización, extensión y tipo de ruta que ejecutará el Drone para la toma de muestras fotogramétricas para su posterior posproducción. Igualmente, como parte de la planeación de la misión deberá hacerse una descripción del contexto en cuanto al uso de la verificación de áreas y perímetros que, para este caso, es el desarrollo de una construcción de 5 unidades de cabañas tipo Glamping, que con el diseño de su urbanismo deberán ser implantadas en la topografía teniendo como base el levantamiento topográfico con drones y su ajuste, comparación y corrección de las medidas dadas por la carta catastral.

3.2 Etapa 2. Ejecución de la misión Insitu según planificación del Flight logbook

En esta etapa se lleva a cabo el trabajo de campo insitu o lugar en donde se desarrollará el proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de

Floridablanca y se ejecuta tal cual todo lo planeado en el Flight logbook desde el punto de inicio de vuelo, el return home geolocalizado, la toma de las muestras fotogramétricas, el barrido de área a fin de corroborar la altura de vuelo seguro y la ejecución de las rutas programadas desde los aplicativos de navegación del Dron que en este caso fue desarrollada a través de la plataforma pix4d capture.

3.3 Etapa 3. Recolección de información métrica (cinta métrica)

En esta etapa se toman las dimensiones del perímetro del lote a intervenir con el sistema manual de cinta métrica y se consigna la información en la planimetría base de la carta catastral. Igualmente se identifica

3.4 Etapa 4. Posproducción de muestras fotogramétricas, análisis y comparación

En esta etapa utilizando los resultados obtenidos de la medición por cinta métrica forma tradicional de tomar datos para topografía y cartografía y el levantamiento fotogramétrico desarrollada por el Dron, se efectúa la comparación de dimensiones a fin de determinar la precisión de los dos métodos y así generar las conclusiones del informe técnico.

4. Aplicación de la posproducción de las muestras fotogramétricas a partir del método y las etapas

4.1 Etapa 1: Planeación de la misión de vuelo del RPAS

En la etapa de Planeación de la misión se tuvo en cuenta la descripción del contexto como primera fase. Se hizo la revisión de lo proyectado por el propietario del lote en cuanto a la

implantación del proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca y según el proyectista, el lote tendrá un desarrollo de una zona o bolsa de parqueo con acceso vehicular en rampa que parte desde el nivel de la vía externa hacia un nivel N-2,50 lo que podría denominarse primera terraza. Luego se ejecutarán de acuerdo con la topografía del lote 3 terrazas más cada una con implantación de 2 cabañas aproximadamente por terraza como esta esquemáticamente en la siguiente figura 7:

Figura 7. *Plano render en planta proyección arquitectónica de 5 cabañas tipo Glamping*



Según lo aportado por el propietario la planimetría de la figura 7 se realizó con las medidas de la carta catastral y se requiere hacer el levantamiento topográfico con drones para verificar si dichas dimensiones de la carta catastral fusionadas con las medidas de cinta métrica son reales y así hacer los ajustes del proyecto a las dimensiones en área y perímetros para hacer la planimetría definitiva y real.

Figura 8. *Render 3D proyección arquitectónica de 5 cabañas tipo Glamping*



Como fase 2 de planificación de la misión y teniendo en cuenta el contexto se planifico el vuelo del presente informe técnico utilizando un Dron Phantom 4 Pro, con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, equipado con una cámara de sensor de 20 Megapíxeles de 1 pulgada, tipo CMOS, permitiendo capturar fotos aéreas de buena definición y color. El Dron cuenta con velocidad máxima de 72 km/h, peso de despegue de 2,95 Kilogramos, cardán de 2 ejes para disparos constantes, y tiempo de vuelo máximo de 25 minutos. Dicho Dron utilizo para su navegación la plataforma pix4d capture y para su programación interna DJI go 4.

Una vez descrito las características técnicas de la aeronave se procedió a desarrollar el Flight logbook en donde se consignaron los datos de altura de vuelo, que en el caso de la misión se emplazó en 80 metros de altura desde el punto de inicio y se programó limites operacionales de 750 metros distancia horizontal, extensión de ruta 100mx60m, tipo de ruta zigzag doble grilla, tiempo estimado de vuelo 5 minutos. Igualmente se agregaron datos de las condiciones meteorológicas predictivas. Se registraron todos los datos pertinentes de un Flight logbook según

lo aprendido en el Diplomado de piloto de operaciones RPAS y Fotogrametría (Apéndice 4 Formato Flight logbook).

4.2 Etapa 2. Ejecución de la misión Insitu según planificación del Flight logbook

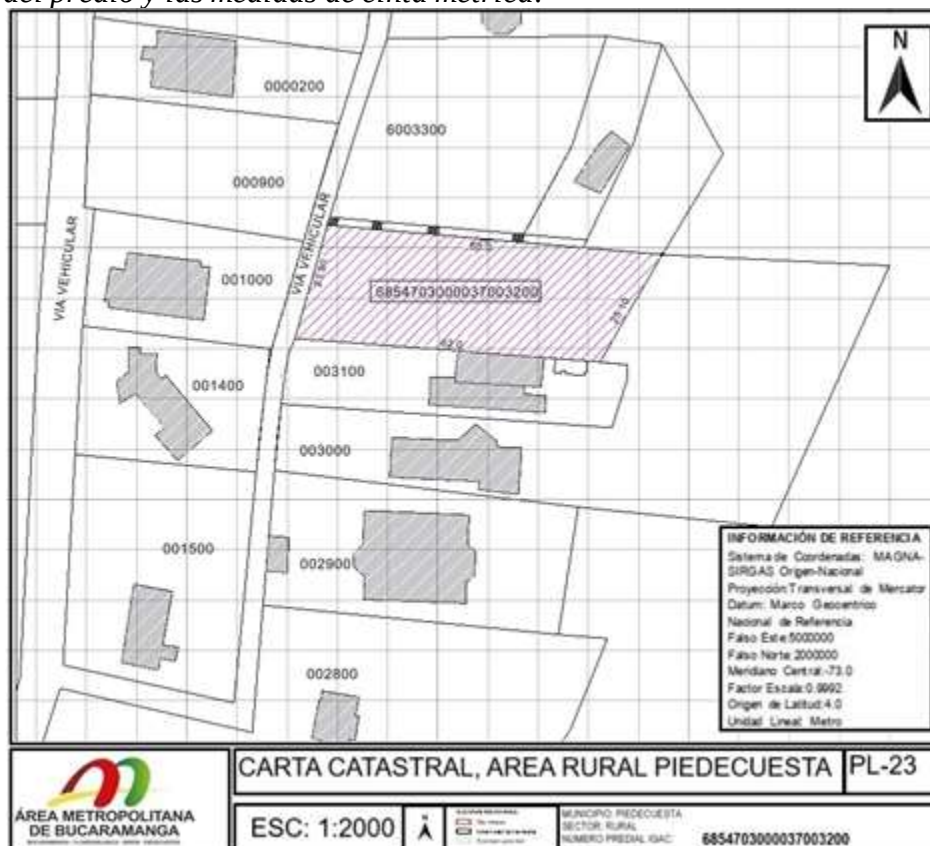
Consignada la información de la misión de vuelo en el flight logbook y desarrollada su planificación se procedió a ejecutar el vuelo en el lote del proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca de la Urbanización, estableciéndose dos puntos de control georreferenciado con GPS de alta precisión con antena.

En el mismo punto de la estación GPS se montaron dos plataformas plásticas de color rojo con anillos circulares pintados que delimitan el centro para así centrar la estación GPS de precisión. Estas plataformas deben quedar consignadas en las fotos aéreas para su posterior posproducción y geolocalización de precisión. La Misión de vuelo desarrollada con la aeronave en ruta zigzag doble grilla fue exitosa y se tomaron las muestras fotogramétricas planificadas desde el flight logbook para posteriormente hacer la posproducción. (Apéndice 5 imagen Plataformas de puntos de control).

4.3 Etapa 3. Recolección de información métrica (cinta métrica)

El predio contiene la matrícula inmobiliaria N.º 314-16101, con numero predial 6854703000037003200 del círculo del Municipio de Piedecuesta, según su carta catastral posee un área de *Mil cuatrocientos setenta y cinco metros cuadrados (1475 m²)*, cuyo uso o destinación es Área privada Rural con uso vivienda. Se llevo a cabo el método de cinta métrica a fin de contrastar medidas y forma geométrica con la carta catastral que expide el Área Metropolitana de Bucaramanga AMB.

Figura 9. Ficha Predial del Área Metropolitana de Bucaramanga, que contiene información cartografía del predio y las medidas de cinta métrica.



4.4 Etapa 4. Posproducción de muestras fotogramétricas, análisis y comparación

4.4.1 Localización y ubicación del proyecto

El Lote o terreno del presente informe técnico se localiza en el Municipio de Piedecuesta del departamento de Santander sobre la vía rural 3ª de la parcelación Paraíso Cruz Blanco, por el occidente, por el Norte con propiedades de la Iglesia pentecostal y vía peatonal, por el oriente con propiedades de Casa Santo Domingo y por el sur con propiedades igualmente de Casa Santo Domingo

Figura 10. Localización y ubicación del proyecto

Tomado de Google Earth Pro, (sf)

Para su geolocalización se efectuaron en el sitio dos puntos de control o de paso tomados con GPS de alta precisión de antena a fin de establecer con exactitud las coordenadas magna sirgas así:

Para el punto Ptc1 se reconocieron las siguientes coordenadas:

X: 1108457.75; Y: 1267179.32; Z: 1370,21

Para el Punto Ptc2 se reconocieron las siguientes coordenadas:

X: 1108460,0081; Y: 1267186,8689; Z: 1370,6

Figura 11. *GPS de alta precisión con antena ubicado en el terreno*



Figura 12. *Ubicación puntos de control en el terreno*



4.4.2 Análisis de datos (desarrollo de fases del postproceso de fotogrametría que se utilizó para efectuar el proceso de comparación)

Se llevo a cabo la posproducción de las muestras fotogramétricas tomadas por la cámara gimbal del Drone desde el lugar objeto de investigación. Dicha posproducción utilizo el software PIX4D Mapper que una vez ingreso la base de datos de las imágenes geolocalizadas al sistema

genero la detección automática de millares de puntos coincidentes de las imágenes que fueron superpuestas y en donde cada punto reconocido de la imagen se convierte en punto de paso.

El inicio del proceso con el software pix4d mapper arranca con la denominación del nombre del proyecto y el cargue de las imágenes al sistema para la identificación de coordenadas y puntos geolocalizados según el proceso inicial conocido como fase 1. Luego se pasa a la fase 2 denominado Nube de puntos y mallas que desarrolla la primera nube de puntos 3D del terreno o edificación y por último se pasa a la fase 3 denominada MDS ortomosaico en donde se desarrolla el ortomosaico en formatos TIF y KML.

Figura 13. *Procesamiento inicial*

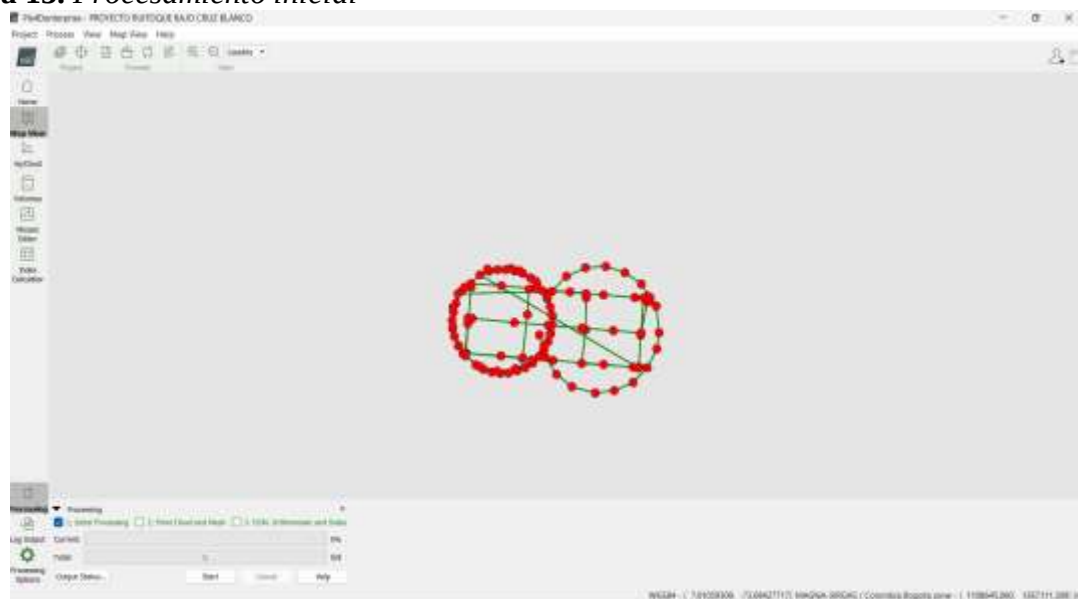
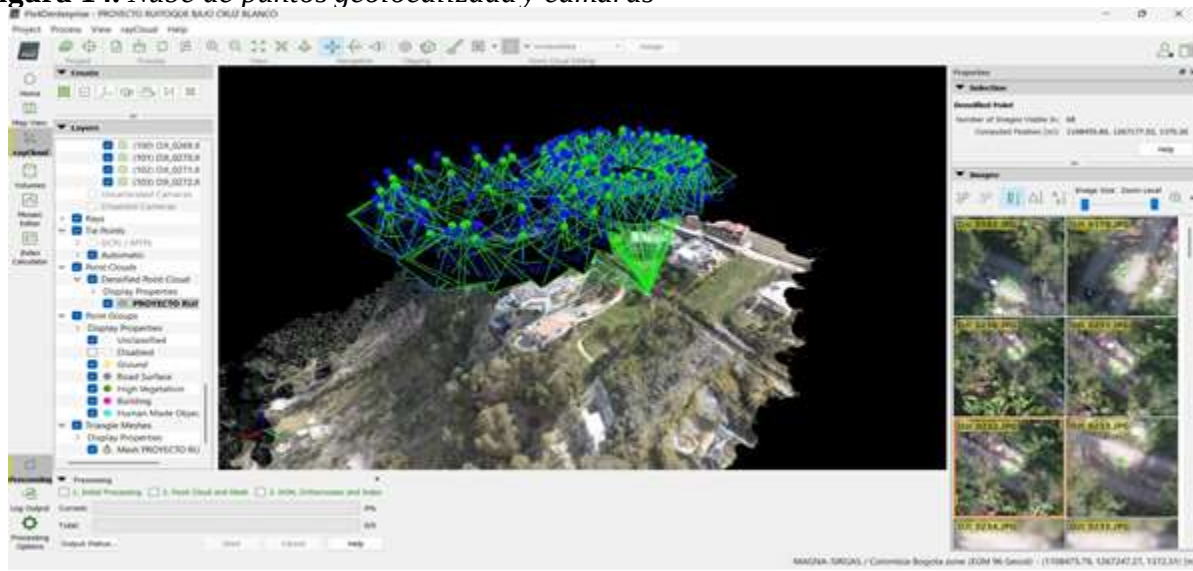


Figura 14. Nube de puntos geolocalizada y cámaras



Las dos últimas fases de la posproducción con pix4d mapper entrega una nube de puntos geolocalizada y texturizada con los colores bien definidos en forma digital.

Figura 15. Nube de puntos en malla con textura 3D



En la fase 3 del proceso con el software Pix4d mapper dicho programa genera un

ortomosaico u ortofoto geolocalizada en formato KML para que el archivo pueda insertar la imagen en la plataforma Google Earth pro y actualizar el mapa con la ortofoto. Igualmente, en la misma etapa se produce un ortomosaico y en formato geotiff que permite insertar la imagen en otros softwares de imágenes por ejemplo en AutoCAD.

Figura 16. *Ortomosaico de la nube de puntos*



Igualmente el software pix4d mapper desarrolla durante las tres etapas del proceso el Quality Report, este reporte de calidad entrega información de todos los detalles del proyecto posproducido que genero la nube de puntos entre ellos el ortomosaico base, el ortomosaico DSM que permite conocer de antemano la viabilidad de la información de la imagen y sus niveles o alturas a través de coloración RGB en donde las muestras rojas son las zonas más altas y las muestras verde claro son las muestras más bajas teniendo en cuenta los niveles de la topografía

simulada en la nube de puntos y del mismo ortomosaico.

Figura 17. *Quality Report del proyecto dada por pix4d mapper*

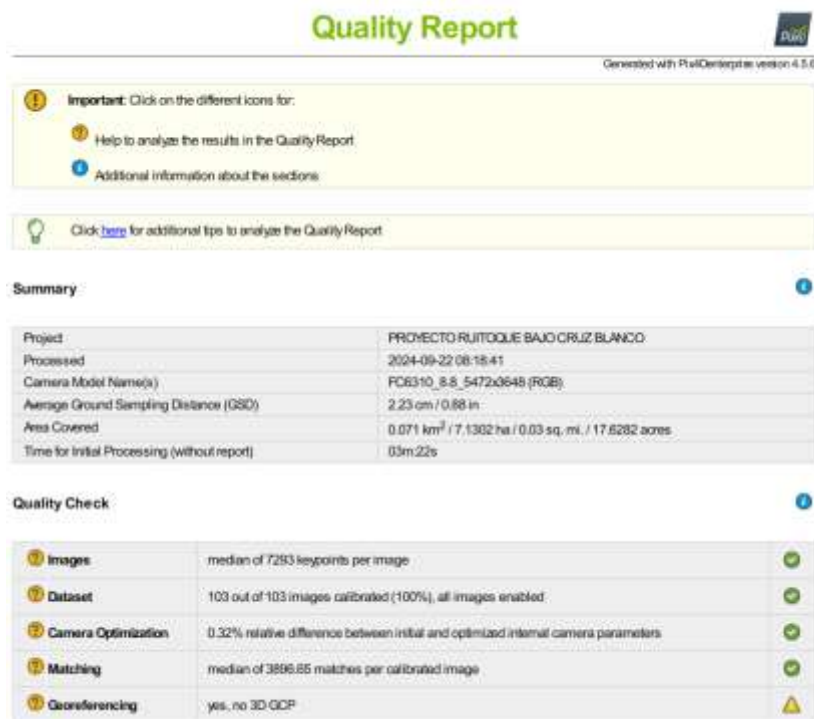


Figura 18. *Resumen del proyecto desde ortomosaico, DSM y Overlap.*

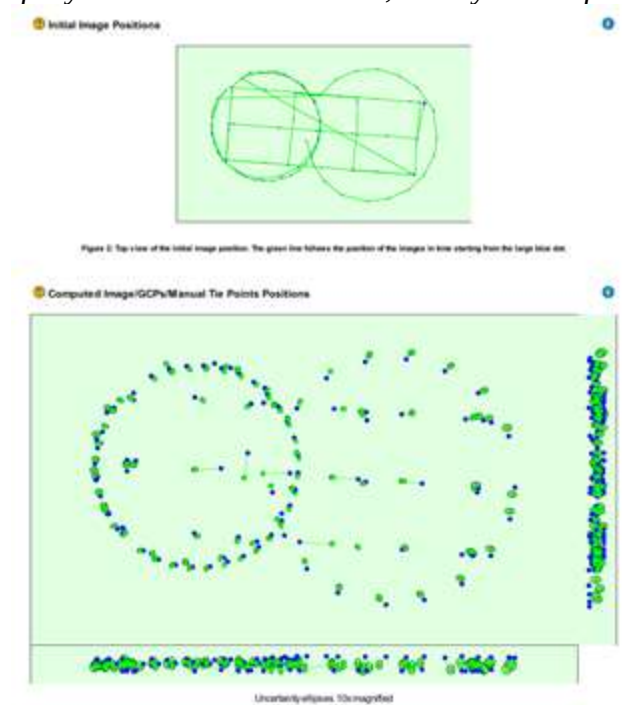
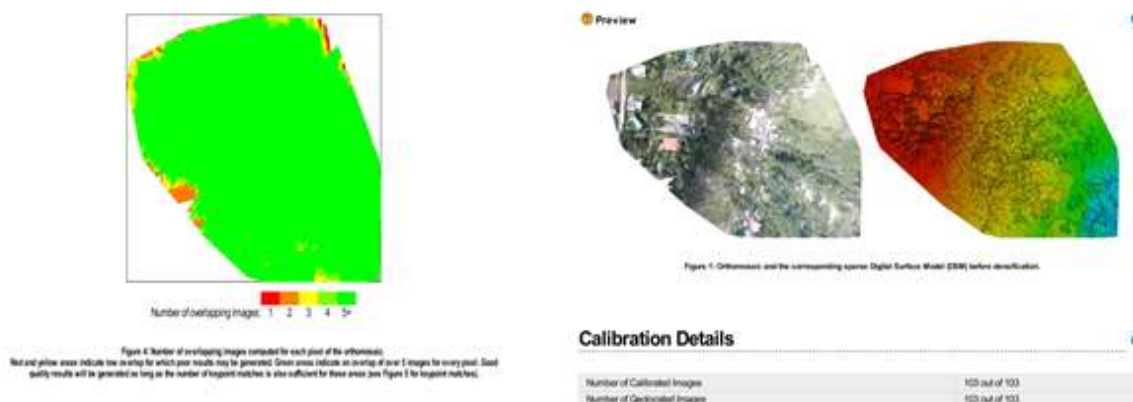


Figura 19. Reporte de posicionamiento de imágenes del ortomosaico

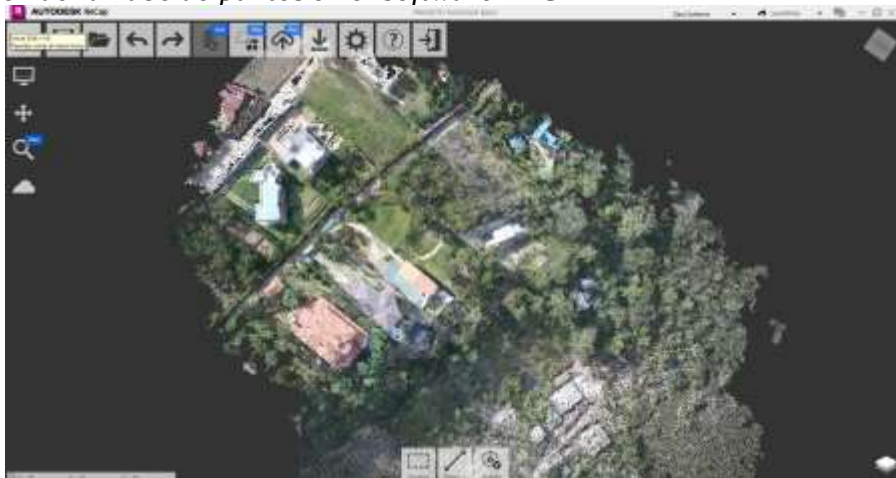
Terminado las tres fases de posproducción en Pix4d mapper y obtenido el modelo de terreno en 3D nube de puntos y el ortomosaico 2D con los desarrollos de los formatos LAS, se procede a generar el escaneo del archivo LAS o XYZ a través del software de autodesk denominado Recap Pro. Dicho software convierte el archivo formato LAS en archivo RCP o DNG compatible para ser insertado en AutoCAD como imagen de dibujo tanto la nube de puntos como el ortomosaico. En el software RECAP igualmente se puede editar la nube de puntos para eliminar ruido dado por imágenes descalibradas, y también permite aumentar de tamaño los puntos o densificar la nube de puntos del modelo de terreno o edificio para que la nube 3D pueda ser observada con perfiles y contornos de sus objetos más definidos. Una vez editada la nube de puntos en RECAP y mejorada su definición de imagen podemos insertar dicho modelo en AutoCAD.

En el Módulo 5 del diplomado de Piloto de operaciones RPAS y Fotogrametría de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga se aprendió un método de enlazamiento de nube de puntos y ortofoto escalada denominada “Fotointerpretación en AutoCAD con georreferenciación y puntos de control GPS de alta precisión de nube de puntos y ortomosaico para desarrollo de

planimetría cartográfica y topográfica”. Dicho método utiliza los softwares Pix4d Mapper, RECAP y AutoCAD, como programas de posproducción y edición de muestras fotogramétricas para desarrollar mapas y planimetría de cartografía y topografía de muy buena precisión. El método fue creado por el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz en investigaciones de autoría propia y profesional y con algunos productos dados por el *Semillero de Investigación SIMO 3D, grupo GINVEARQUI de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga*. Según dicha investigación y método en diferentes fases de su desarrollo los muestreos u ejercicios de levantamientos apor- to una precisión del 98.8% en las planimetrías de cartografía y topografía.

El método de precisión del Arq. Robert Gutiérrez Ortiz, como elemento de fotointerpretación genera dimensiones de buena precisión convirtiéndose en una excelente herramienta para toma de medidas métricas para la supervisión e interventoría de los proyectos y de las obras civiles y máximo si se trata de verificar perímetros o límites de terrenos que serían intervenidos por obras civiles o arquitectónicas.

Figura 20. Edición de la nube de puntos en el software RECAP



La nube de puntos desarrollada y editada a través del software Recap Pro se enlaza luego

en el software AutoCAD. La ventaja del archivo RCP consiste en, que al insertarse en la base digital del AutoCAD esta nube de puntos llega a escala 1:1, ósea en dimensiones reales que pueden ser medidas o acotadas con excelente precisión. Dicha nube de puntos que llega escalada se convierte en un complemento para comprobar la escala de la inserción del ortomosaico de formato TIFF que al enlazar en AutoCAD llega sin escala o dimensiones reales.

La escala precisa del ortomosaico en 1:1, se logra con la geolocalización de los puntos de control tomados en el sitio de la misión con GPS de antena de alta precisión e insertados en el plano cartesiano del software AutoCAD.

Figura 21. *Elaboración planimetría en ortomosaico con fotointerpretación en AutoCAD. Etapa I-Inserción nube de puntos y ortomosaico a plataforma digital de AutoCAD.*

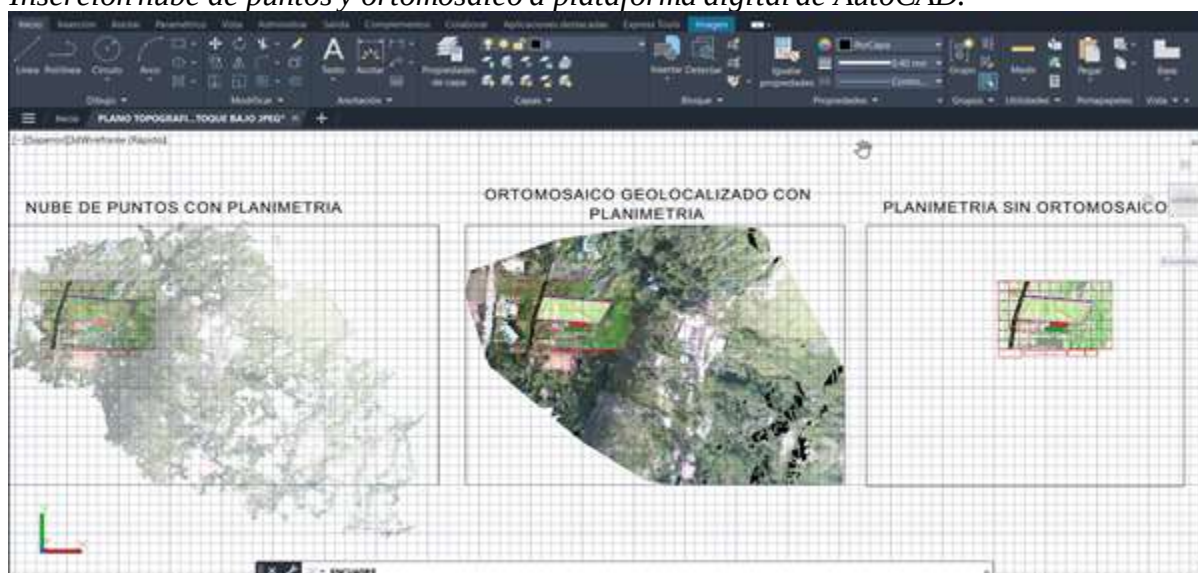


Figura 22. Elaboración planimetría con ortomosaico escalado fase de la fotointerpretación en AutoCAD. Parte II. Montaje de dibujo sobre ortomosaico geolocalizado con puntos de control.

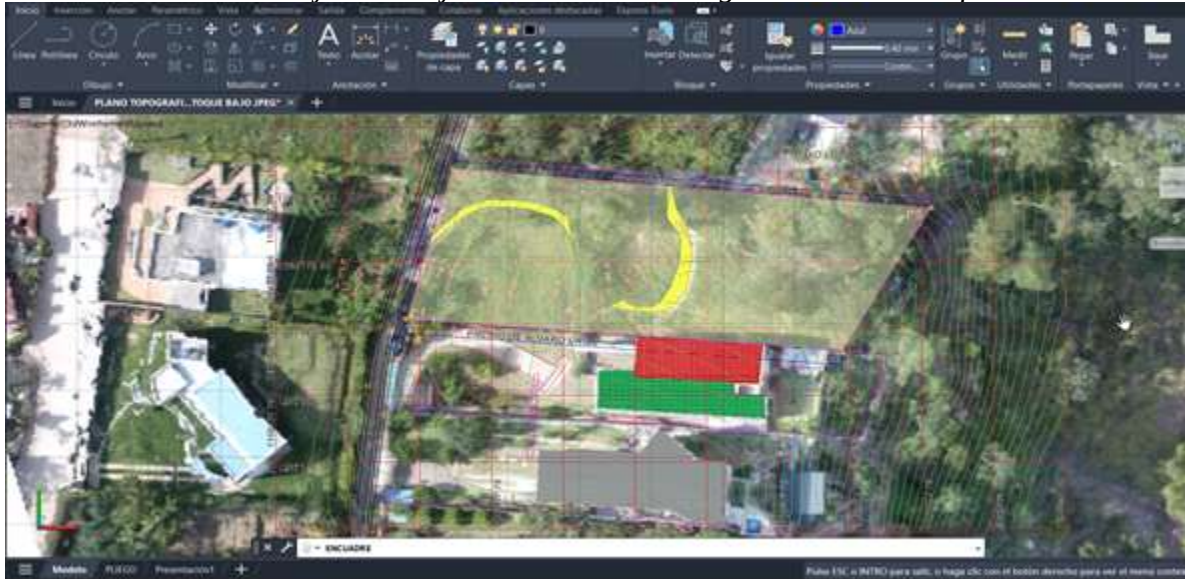


Figura 23. Elaboración planimetría sin ortomosaico escalado fase de la fotointerpretación en AutoCAD. Parte III. Planimetría sin ortomosaico

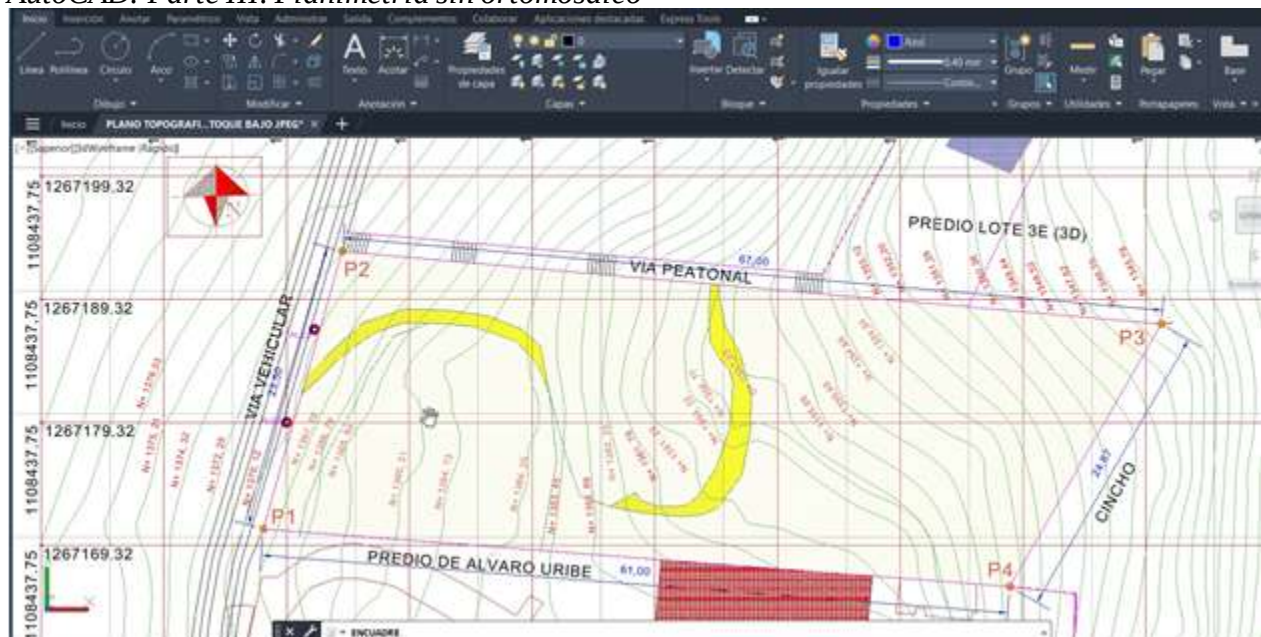


Tabla 1. *Grafica relación de puntos de control con GPS de alta precisión con antena para escalar ortomosaico en AutoCAD y ejecutar la fotointerpretación.*

Coordenadas puntos de control de geolocalización									
Coordenadas Pt. C1					Coordenadas Pt. C2				
Norte (datos Y)	Este (datos X)	(datos)	Datos M.S.N.M)	Z (altura A)	Norte (datos Y)	Este (datos X)	(datos)	datos (Altura M.S.N.M)	Z
1267179,32	1108457,75		1370,21		126186,8689	1108460,008		1370,60	

Tabla 2. *Grafica relación de georreferencia de puntos de perímetro y distancias con datos obtenidos de la fotointerpretación.*

Coordenadas punto a punto perímetro del lote									
Coordenadas punto P1			Hacia	Coordenadas punto P2			Distancia (Metros)	Orientación	
Norte (datos Y)	Este (datos X)			Norte (datos Y)	Este (datos X)			Por	el
1267170,6543	1108455,8380		A	1267193,2092	1108462,2679		23,50	occidente	
P2				P3					
Norte (datos Y)	Este (datos X)		A	Norte (datos Y)	Este (datos X)			Por el norte	
1267193,2092	1108462,2679			1267187,3220	1108529,0087		67,00		
P3				P4					
Norte (datos Y)	Este (datos X)		A	Norte (datos Y)	Este (datos X)			Por el	oriente
1267187,3220	1108529,0087			1267165,9749	1108516,6491		24,50		
P4				P1					
Norte (datos Y)	Este (datos X)		A	Norte (datos Y)	Este (datos X)			Por el sur	
1267165,9749	1108516,6491			1267193,2092	1108462,2679		61,00		

4.5 Fase V. Análisis y comparación de dimensiones con carta catastral, cinta métrica y el levantamiento con tecnología dron

De los polígonos perimetrales del lote objeto de la investigación el cual se verifico desde las dimensiones de la carta catastral, luego se ejecutó en el sitio la toma de medidas con cinta métrica fusionado con la geometría de carta catastral expedida por la AMB y el levantamiento fotogramétrico con Drones procesado a través del método de fotointerpretación en AutoCAD se comenzó con la etapa de análisis y comparación en dimensiones y puntos geolocalizados perimetrales.

4.5.1 Información predial obtenida de la carta catastral 2024

Se hizo el análisis de la carta catastral expedida por el Área metropolitana de Bucaramanga a fin de conocer las dimensiones del lote según la entidad y a partir de dicha información comenzar el análisis de comparación de precisiones en las medidas perimetrales del lote objeto del presente trabajo:

Figura 24. Información predial del área metropolitana de Bucaramanga AMB, medidas del lote



Con las dimensiones de la carta catastral el lote ofrece un área de 1.475m².

Tabla 3. *Grafica relación de distancias punto a punto lote proyecto turístico de cabañas Glamping Copoazú II, con las dimensiones de la carta catastral*

Medidas de la carta catastral			
Punto inicial	A	Punto final	Distancia(M)
P1	A	P2	23,90
P2	A	P3	68,00
P3	A	P4	25,10
P4	A	P1	62,00

4.5.2 Información obtenida con cinta métrica

Se tomaron las medidas que entrega la carta catastral como punto de comparación de dimensiones oficiales dadas por la entidad competente (AMB). Igualmente se tomaron las medidas en el sitio con la cinta métrica, no se tuvieron en cuenta las pendientes del terreno. La toma de dichas dimensiones se desarrolló tal cual estaba el cerramiento del lote con cercas de postes de madera y alambre de púas, cuyo cerramiento estaba despejado en los laterales perimetrales, Norte, sur y occidente.

En el lado oriente se presentaron algunas dificultades por la maleza y cobertura vegetal densa, sin embargo, se logró tomar las medidas métricas de dicho perímetro lateral. Datos constatados con la cinta métrica se relacionan las dimensiones en las figuras siguientes:

Figura 25. *Información de las medidas constatadas con el método de cinta métrica en el sitio*



Con las dimensiones de cinta métrica el lote da como resultado un área de 1.460m².

Tabla 4. Grafica relación de distancias punto a punto lote proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II, con las dimensiones dadas con cinta métrica en el sitio

Medidas con método cinta métrica			
Punto inicial	A	Punto final	Distancia(M)
P1	A	P2	23,55
P2	A	P3	67,60
P3	A	P4	24,75
P4	A	P1	61,60

4.5.3 Información levantamiento fotogramétrico con tecnología dron

Figura 26. Información levantamiento con ortomosaico y tecnología dron

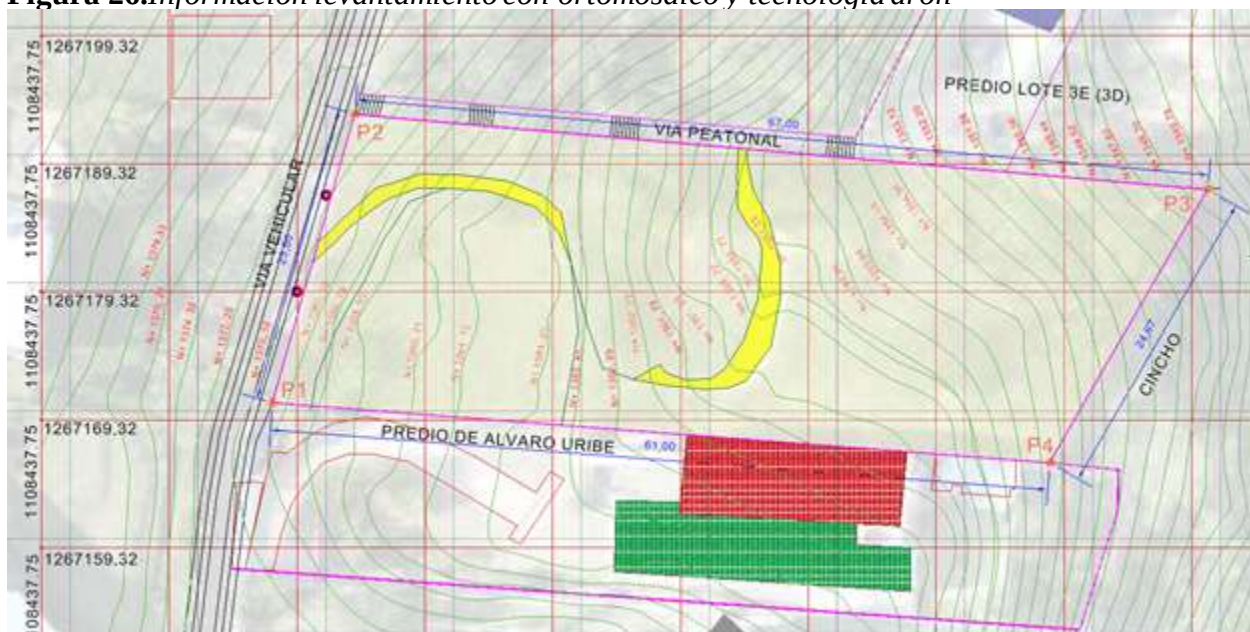
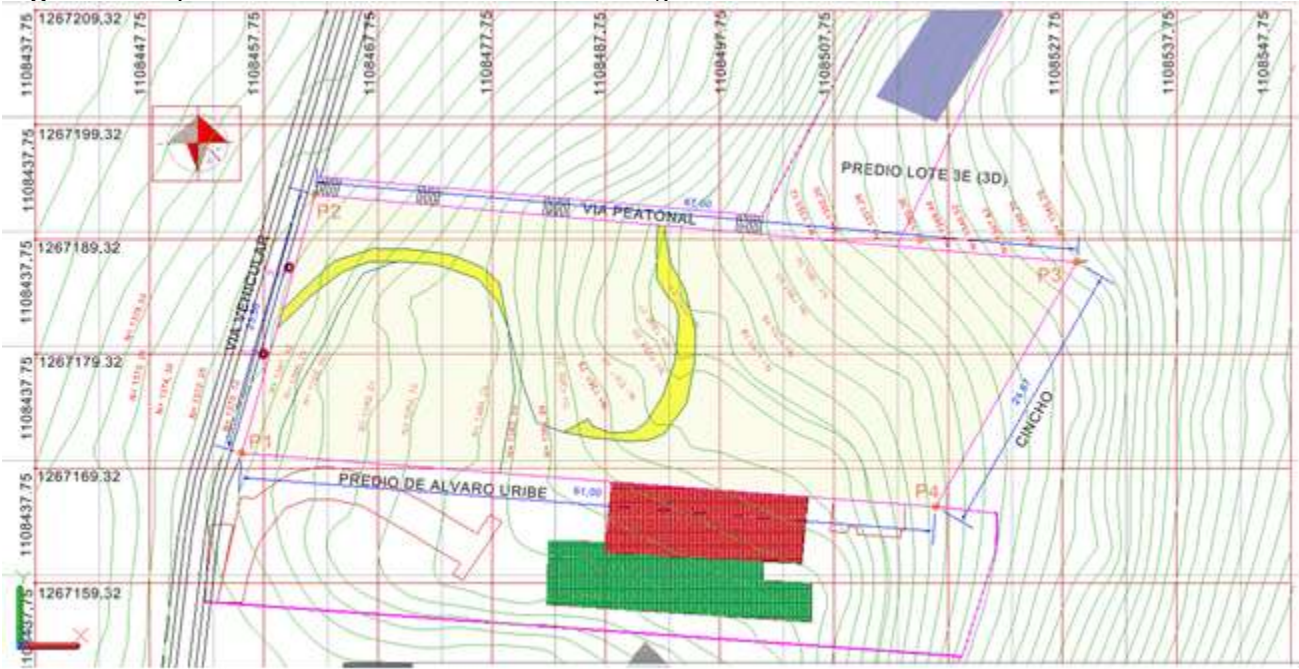


Figura 27. Información levantamiento con tecnología dron sin ortomosaico



4.5.4 Información de la geolocalización postproceso de las imágenes del dron y dimensiones de sus perímetros

Tabla 5. Grafica relación de coordenadas y medidas perimetrales postproceso fotogramétrico de fotointerpretación

Coordenadas punto a punto perímetro del lote					
Coordenadas punto		Hacia	Coordenadas punto		Distancia (Metros)
P1			P2		
Norte (datos Y)	Este (datos X)		Norte (datos Y)	Este (datos X)	
1267170,6543	1108455,8380	A	1267193,2092	1108462,2679	23,50
P2			P3		
Norte (datos Y)	Este (datos X)	A	Norte (datos Y)	Este (datos X)	
1267193,2092	1108462,2679		1267187,3220	1108529,0087	67,00
P3			P4		
Norte (datos Y)	Este (datos X)	A	Norte (datos Y)	Este (datos X)	
1267187,3220	1108529,0087		1267165,9749	1108516,6491	24,50
P4			P1		
Norte (datos Y)	Este (datos X)	A	Norte (datos Y)	Este (datos X)	
1267165,9749	1108516,6491		1267193,2092	1108462,2679	61,00

4.5.5 Comparación carta catastral, método cinta métrica y método fotointerpretación en AutoCAD y tecnología dron

Tabla 6. Relación comparativa distancias lote conjunto residencial siglo 21

Medidas de la carta catastral				Medidas con método cinta métrica				Medidas con método fotogrametría y dron				Diferencia perímetro carta y cinta métrica	Diferencia perímetro dron y cinta métrica
Punto	A	Punto	Distancia (M)	Punto	A	Punto	Distancia (M)	Punto	A	Punto	Distancia (M)		
P1	A	P2	23,90	P1	A	P2	23,55	P1	A	P2	23,50	0,35	0,05
P2	A	P3	68,00	P2	A	P3	67,60	P2	A	P3	67,00	0,40	0,60
P3	A	P4	25,10	P3	A	P4	24,75	P3	A	P4	24,50	0,35	0,25
P4	A	P1	62,00	P4	A	P1	61,60	P4	A	P1	61,00	0,40	0,60
Total Perímetro			179,00	Total Perímetro			177,50	Total Perímetro			176,00	1,50	1,50
Total Área			1.475,00	Total Área			1.460,00	Total Área			1.449,60	15,00	10,40

En la figura anterior podemos ver que existe una diferencia algo amplia en perímetros y áreas en las dimensiones dadas por la carta catastral y las tomadas con cinta métrica en el sitio, equivalente a 1,5 metros de perímetros aproximadamente y 15m² en área. Sin embargo, hay mayor precisión y mínima diferencia de perímetros entre el método de cinta métrica constatado en el terreno y la desarrollada con drones, fotogrametría y el método de fotointerpretación en AutoCAD. Perímetros 1,50mt y Área 10m². Se presume que hay mayor precisión en las dimensiones dadas por la tecnología dron y constatada por las medidas de cinta métrica tomadas en el sitio.

5. Resultados

Los resultados obtenidos a través del uso de los dos (2) métodos de levantamiento cinta métrica y levantamiento con drones comparado con las dimensiones dadas por la carta catastral nos otorga unos resultados de datos para analizar a fin de establecer la precisión eficiente para desarrollar el proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca; el primero con cinta métrica y la geometría de la carta catastral expedida por el Área metropolitana de Bucaramanga y el segundo método a través de la fotointerpretación con AutoCAD y la nube de puntos RCP y el ortomosaico geotiff producto del uso de tecnología drone y la disciplina de la fotogrametría nos entrega lecturas métricas muy similares con diferencias de centímetros y con cierta disparidad con las medidas dadas por la carta catastral oficial dada por el Área Metropolitana de Bucaramanga AMB, sin embargo las tres diferencias entre carta catastral, cinta métrica y la tecnología drone están dentro del rango de tolerancia de precisión que exigen las autoridades reguladoras.

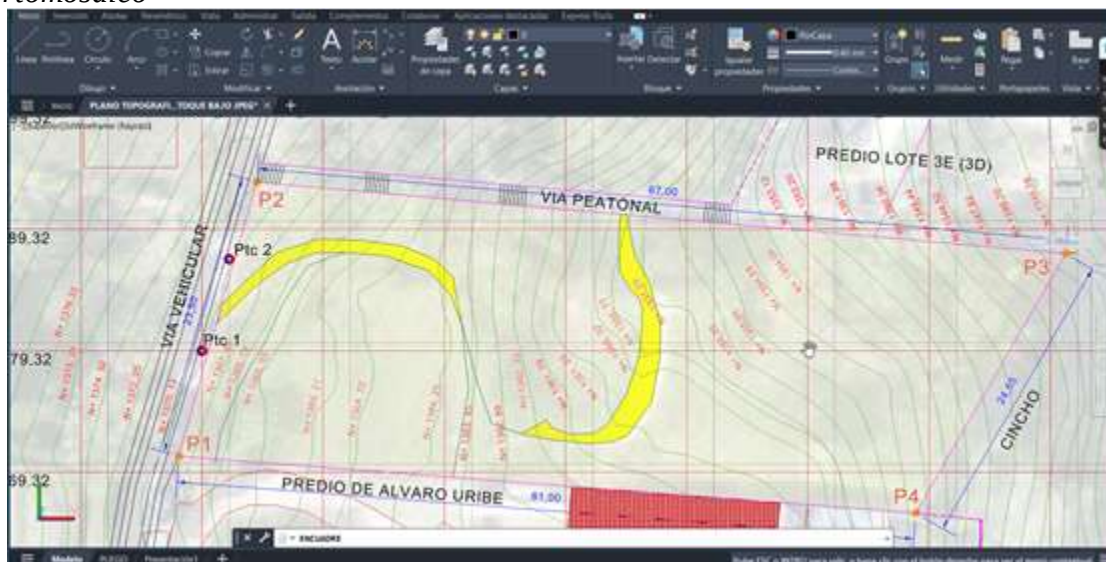
Cada uno de los puntos georreferenciados que forman parte de la geometría de los perímetros del lote y que fueron acotados para establecer las magnitudes longitudinales entre cada uno de los puntos, nos muestra según el cuadro de comparación que existe una exactitud aproximada al 98%.

En cuanto al establecimiento del área del lote o terreno se dedujo que según la carta catastral el área es de 1.475 m², sin embargo, según las áreas desarrolladas con el método de fotointerpretación en AutoCAD con ortomosaico escalado, se constata que el lote realmente contiene 1.449,60 m², y que según lo constatado en el sitio con cinta métrica el lote tendría un total de 1.460m². Hay que tener en cuenta que en el método de cinta métrico no se tuvo en cuenta la pendiente del terreno lo cual puede dar alguna clase imprecisión. Sin embargo, entre las

áreas del método cinta métrica y levantamiento con drones la diferencia apenas fue de 10m² menos, que lo establecido en la carta catastral. Esta diferencia está dentro de los límites de tolerancia que permite el Área metropolitana de Bucaramanga y las normas técnicas de cartografía de Colombia IGAC.

La fotointerpretación con el método de AutoCAD con nube de puntos RCP y ortomosaico escalado nos muestra las características físicas del predio, sus objetos construidos, la cobertura vegetal y las características de margen de la quebrada, tales elementos se convierten en una gran ventaja para hacer el análisis de perímetros y áreas que ofrece la tecnología DRONE y la disciplina de la fotogrametría.

Figura 28. Información obtenida del postproceso a partir de puntos de control y el escalamiento del ortomosaico



Los círculos rellenos de rojo denominados Ptc 1 y Ptc 2 de la Figura anterior, son los dos (2) puntos de control que permiten escalar el ortomosaico, dichos puntos de control fueron tomados a partir de un GPS de alta precisión con antena utilizando 5400 segundos de precisión

terrestre y estática. Al insertar los dos puntos de control y geolocalizarlos en el espacio digital de AutoCAD permite generar en el ortomosaico una escala precisa 1:1 para que la fotointerpretación sea realizada en medidas reales, precisas y confiables.

Igualmente, el método de tecnología dron y fotointerpretación en AutoCAD nos permite establecer geolocalización de todos los puntos de los perímetros y el armado de la verdadera geometría del predio desde la imagen del ortomosaico y la nube de puntos RCP. También entrega la visualización de todos los elementos construidos, zonas verdes, espejos de aguas áreas urbanas, vías, antejardines en forma escalada y precisa, convirtiéndose tales características en otra importante ventaja que entrega el postproceso de las imágenes desde varios softwares de fotogrametría y sus ortofotos u orthomosaicos.

6. Conclusiones

Los dos (2) métodos de levantamiento tanto el de cinta métrica como el de fotointerpretación en AutoCAD con nube de puntos, ortomosaico escalado y tecnología dron, ofrecen cierto grado de exactitud en sus longitudes desde los puntos geolocalizados y la geometría de sus perímetros. En la presente investigación y de acuerdo con un análisis comparativo de los dos métodos usando un terreno que se desarrollara el proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca, se pudo constatar que las lecturas métricas son muy similares con diferencias de solo centímetros.

Cada uno de los puntos georreferenciados que forman parte de la geometría de los perímetros del lote y que fueron acotados para establecer las magnitudes longitudinales entre cada uno de los puntos, nos muestra según el cuadro de comparación que existe una exactitud aproximada al 98%. Igualmente se logra deducir que la carta catastral en sus dimensiones genera

una inexactitud del 2% generando diferencias amplias pero que aún se encuentran dentro del rango de tolerancia dada por las entidades reguladoras. Por lo anterior la carta catastral oficial no es fiable para que con el uso de las dimensiones allí establecidas podamos desarrollar e implantar un proyecto en forma segura.

En cuanto al establecimiento del área del lote o terreno se dedujo que según la carta catastral el área es de 1475 m², sin embargo, según las áreas desarrolladas con el método de fotointerpretación en AutoCAD con ortomosaico escalado, se constata que el lote realmente contiene 1.449,60m², encontrándose una diferencia de 25m² aproximadamente, un área menor a lo establecido en la carta catastral. Esta diferencia está dentro de los límites de tolerancia que permite el Área metropolitana de Bucaramanga y las normas técnicas de cartografía de Colombia IGAC.

La fotointerpretación con el método de AutoCAD con nube de puntos RCP y ortomosaico escalado nos muestra las características físicas del predio, sus objetos construidos, la cobertura vegetal y las características de margen con lotes circunvecinos, tales elementos se convierten en una gran ventaja para hacer el análisis de perímetros y áreas que ofrece la tecnología DRONE y la disciplina de la fotogrametría.

En el análisis de la información de magnitudes dada por los dos (2) métodos en cuanto a las variaciones frente a la información base de cinta métrica hecha en sitio, es posible determinar y concluir que la información dada por el segundo método de fotointerpretación en AutoCAD con un ortomosaico escalado es muy preciso ya que las diferencias referidas fueron de centímetros. El primer método con cinta métrica fue viable desarrollarlo, teniendo en cuenta que las características morfológicas y topográficas del terreno con pendientes del 10% al 15%, en una zona Rural con baja cobertura vegetal, limpieza y cerramiento bien definido de los

perímetros permitían inicialmente desarrollar sin ningún problema el método de cinta métrica de acuerdo a geometría perimetral del lote declarada en la carta catastral, siempre teniendo en cuenta que la pendiente del terreno genera un grado de imprecisión, que el método de tecnología dron y fotogrametría mejora generando una precisión de hasta el 98%.

Se puede entonces establecer, que los métodos analizados presentan una eficacia del 98% en cuanto a los resultados obtenidos por la precisión de las magnitudes. Sin embargo, el método con la tecnología Dron genera más eficiencia tanto en el ahorro de tiempo como en la precisión de coordenadas de los puntos perimetrales, tales hechos generan alta confiabilidad para los procesos de Supervisión e Interventoría en cuanto a la verificación de perímetros y longitudes para poder hacer la intervención de un lote o terreno para cualquier tipo de obra civil, en este caso en el proyecto turístico de Cabañas Glamping Copoazú II en Ruitoque bajo del Municipio de Floridablanca.

Se logra concluir que el método desarrollado por el Arquitecto Robert Gutierrez Ortiz en el Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga, denominado “Fotointerpretación en AutoCAD con nube de puntos RCP y ortomosaico Geotiff escalado con puntos de control terrestre” es muy eficiente en cuanto a toma de magnitudes longitudinales 2D entre puntos georreferenciados, razón por la cual permite que un interventor pueda tomar medidas precisa para implantación del proyectos, elaboración de actas de avance de obra desde el ortomosaico o el modelo de elevación en nube de puntos 3D, enlazado con la especificación física digital desde el software AutoCAD.

Referencias

- Aerocivil-Unidad Administrativa Especial.* (s.f.). Obtenido de <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/transporte-aereo>
- Italo Q. (2020). *Que es la planimetria*. Obtenido de <https://arcux.net/blog/que-es-planimetria/#:~:text=La%20Planimetr%C3%ADa%20es%20un%20%C3%A9rmino,la%20Tierra%20sobre%20un%20plano>.
- Arkinetia-Arquitectura Arkinetia blog. (23 de octubre de 2006). *Historia de autocad*. Obtenido de <https://arkinetia.blogspot.com/2006/10/la-historia-de-la-historia-de-autocad.html>
- Autodesk. (2024). *Graintec*. Obtenido de <https://graitec.com/es/products/recap-pro/>
- Avalos, A. (30 de septiembre de 2013). *Prezzi*. Recuperado el 2024, de <https://prezi.com/i062max0lsro/fotogrametria-aerea/>
- Balaguer Puig, M. (s.f.). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de [https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103838/Balaguer%20-%20Fotogrametr%C3%ADa%20de%20Objeto%20Cercano%3A%20Planificaci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20del%20proyecto.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20planificaci%C3%B3n%20de%20un%20proyecto,dise%](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103838/Balaguer%20-%20Fotogrametr%C3%ADa%20de%20Objeto%20Cercano%3A%20Planificaci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20del%20proyecto.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20planificaci%C3%B3n%20de%20un%20proyecto,dise%20)
- Brainly.lat. (s.f.). *Barinly*. Obtenido de <https://brainly.lat/tarea/24660617>
- BIMdn*. (s.f.). *Trabajar con nubes de puntos*. Recuperado el 2024, de <https://www.bimnd.es/trabajar-con-nubes-de-puntos-miedo-fuera/>
- Cataluña, I. C. (s.f.). *GENCAT*. Obtenido de <https://www.icgc.cat/es/Web/Diferencias-entre-fotografia-aerea-y-ortofoto>
- CIENTEC. (s.f.). *Levantamiento topografico*. Obtenido de <https://cientecinstrumentos.cl/que-es-un-levantamiento-topografico/>

Colombia compra eficiente. (s.f.). Recuperado el febrero de 2024, de [https://colombiacompra.gov.co/ciudadanos/preguntas-](https://colombiacompra.gov.co/ciudadanos/preguntas-frecuentes/ejecucion?page=1#:~:text=La%20interventoría%20es%20el%20seguimiento,e)

[frecuentes/ejecucion?page=1#:~:text=La%20interventoría%20es%20el%20seguimiento,e](https://colombiacompra.gov.co/ciudadanos/preguntas-frecuentes/ejecucion?page=1#:~:text=La%20interventoría%20es%20el%20seguimiento,e)
[n%20determinados%20contratos%2C%20\(ii\)](https://colombiacompra.gov.co/ciudadanos/preguntas-frecuentes/ejecucion?page=1#:~:text=La%20interventoría%20es%20el%20seguimiento,e)

Sposob, Gustavo (10 de septiembre de 2025). *Topografía. Enciclopedia Concepto*. Recuperado el 23 de octubre de 2025 de <https://concepto.de/topografia/>

Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá (s.f.). *Concord*. Obtenido de <https://concoord.updatestar.com/es>

Congreso de la República de Colombia. (s.f.). *Alcaldia de Bogotá*, Ley 1341 de 2009 y Ley 1476 de 2011. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=43388&dt=S>

Ecomexico (s.f.). *Equipo Topográfico*. Obtenido de [ecomexico.net: https://www.ecomexico.net/proyectos/soporte/Varios/Generalidades%20de%20topografia.pdf](https://www.ecomexico.net/proyectos/soporte/Varios/Generalidades%20de%20topografia.pdf)

ESRI. (s.f.). Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/data/imagery/generate-an-orthomosaics-using-the-orthomosaic-wizard.htm#:~:text=Un%20ortomosaico%20es%20un%20producto,un%20dataset%20de%20mosaico%20continuo>.

FUNCION PUBLICA. (2021). Recuperado el marzo de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=184607>

Global, G. (s.f.). *GCF Global creating opportunities for a better life*. Obtenido de <https://edu.gcfglobal.org/es/planeacion-y-cumplimiento-de-metas/que-es-la-planeacion-y-para-que-sirve/1/>

Gobierno del Ecuador, Secretaría de Educación Superior. (s.f.). *Estudio topografico de edificaciones.* Obtenido de Instituto Superior Luis Rogerio González:
https://evirtual401.insteclrg.edu.ec/pluginfile.php/12928/mod_resource/content/1/ESTUDIO_TOPOGRAFICO_DE_EDIFICACIONES.pdf#:~:text=Levantamiento%20planim%C3%A9trico%20con%20cinta,%C3%A1reas%20es%20factible%20su%20aplicaci%C3%B3n.

IAEROCOL.CO. (s.f.). *Usos y Aplicaciones de los Drones Colombia.* Recuperado el 2024, de <https://iaerocol.co/blog/usos-y-aplicaciones-de-los-drones-en-colombia/>

Ibáñez, G. (2024). *Instituto Geográfico Nacional de ESpaña.* (E. Ibero 3. 28003 Madrid, Editor) Recuperado el 2024, de <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Fotogrametria.pdf>

IBM Documentation. (5 de marzo de 2021). Recuperado el abril de 2024, de <https://www.ibm.com/docs/en/maximo-for-aviation/7.6.8?topic=books-flight-log>

Monferrer, C. B. (s.f.). Obtenido de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASH78af.dir/doc>

Pacheco, C. E. (2006). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/269038666_Manual_de_Ejercicios_de_Laboratorio_Fotogrametria_y_Fotointerpretacion

Perfil Topografía. (s.f.). Recuperado el 2024, de <https://perfiltopografia.es/altimetria-topografia/>

Pix 4D. (2024). Obtenido de <https://www.pix4d.com/es/guia-de-las-soluciones-de-pix4d/>

Riaño, R. (2018). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.* Recuperado el 2024, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13097/Ria?sequence=1>

- Superintendencia de notariado y registro*. (2021). Recuperado el 2024, de <https://www.supernotariado.gov.co/>
- Torres Esquivel, C. A. (2023). *Fundación Universitaria Los Libertadores*. Obtenido de <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/8b0a47ee-d035-48dd-921e-0ea1ce7cd50b/content>
- UAECD *Catastro Bogotá*. (2019). Recuperado el abril de 2024, de <https://www.catastrobogota.gov.co/glosario-catastral/carta-catastral-urbana>
- Ucha, F. (Julio 2022). Definición de Planimetría. Significado.com. Desde <https://significado.com/planimetria/>
- Wikipedia*. (11 de marzo de 2024). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth#:~:text=Google%20Earth%20es%20un%20sistema,la%20posibilidad%20de%20crear%20mapas.
- wikipedia la enciclopedia libre*. (07 de abril de 2024). Recuperado el abril de 2024, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Agrimensura>
- Caro-Herrero, J. L. (2012). Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística
- Torres, C. (1967). Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.
- del Río Santana, O., Córdova, F. D. J. G., Carrillo, N. V. L., Esqueda, J. A. S., & Fraire, A. T. E. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de arquitectura e ingeniería*, 14(2), 1-10.
- Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. *Academia*, 8(16), 29-45.

Pix4D: What is it and what is it for? (2023, marzo 7). UAV Latam - Aeronaves No Tripuladas.

<https://uavlatam.com/en/pix4d-que-es-para-que-sirve-ejemplos/>

Congreso de la República de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009. Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones* (Ley 1341 de 2009). Diario Oficial No. 47.581.

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2015). *Circular Reglamentaria 002 del 27 de julio de 2015. Requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS* (Numeral 4.25.8.2). Diario Oficial.

Congreso de la República de Colombia. (2011). *Ley 1476 de 2011. Por la cual se expide el régimen de responsabilidad administrativa por pérdida o daño de bienes de propiedad o al servicio del Ministerio de Defensa Nacional, sus entidades adscritas o vinculadas o la Fuerza Pública* (Ley 1476 de 2011). Diario Oficial No. 48.276.

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2018). *Resolución 01594 de 2018. Por la cual se adopta e incorpora a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia la norma "RAC 91 - Reglas Generales de Vuelo y de Operación"* (Resolución 01594 de 2018). Diario Oficial No. 50.964.

Presidencia de la República de Colombia. (2020). *Decreto 1064 de 2020. Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones* (Decreto 1064 de 2020). Diario Oficial No. 51.776.

Ministerio de Transporte. (2018). *Resolución 04201 de 2018. Por la cual se incorporan a la norma RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia unas disposiciones sobre*

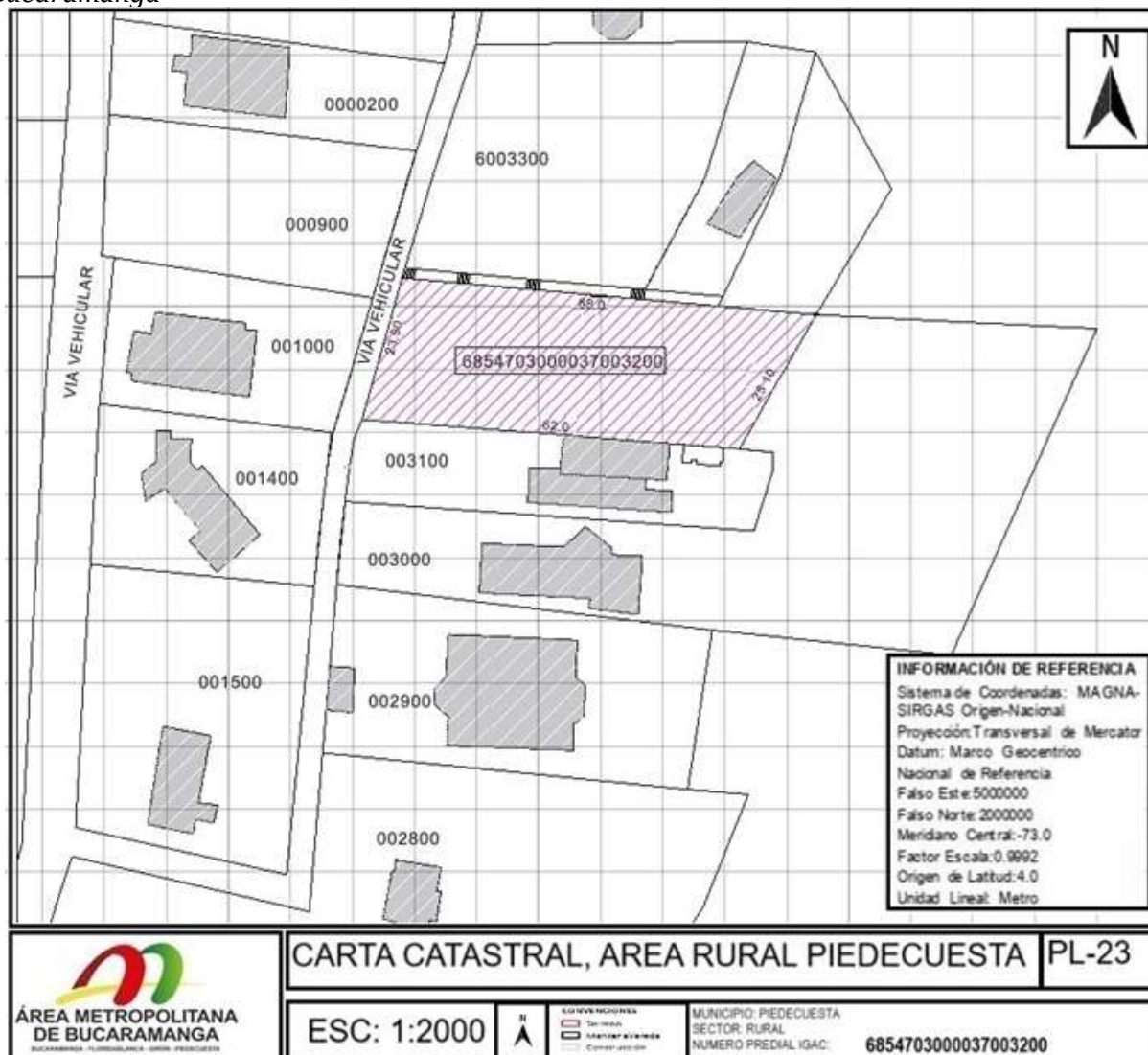
operación de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), y se numeran como Apéndice 13, y se adoptan otras disposiciones (Resolución 04201 de 2018). Diario Oficial No. 51.130.

Presidencia de la República de Colombia. (2020). *Decreto 1065 de 2020. Por el cual se modifica la planta de personal del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones* (Decreto 1065 de 2020). Diario Oficial No. 51.778.

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2023). *Resolución 01983 de 2023. Por la cual se incorpora al RAC 100 una norma que reglamenta los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) en Colombia, considerando los avances tecnológicos, las necesidades de la industria y las funciones de la Aeronáutica Civil* (Resolución 01983 de 2023). Diario Oficial No. 52.531.

Apéndices

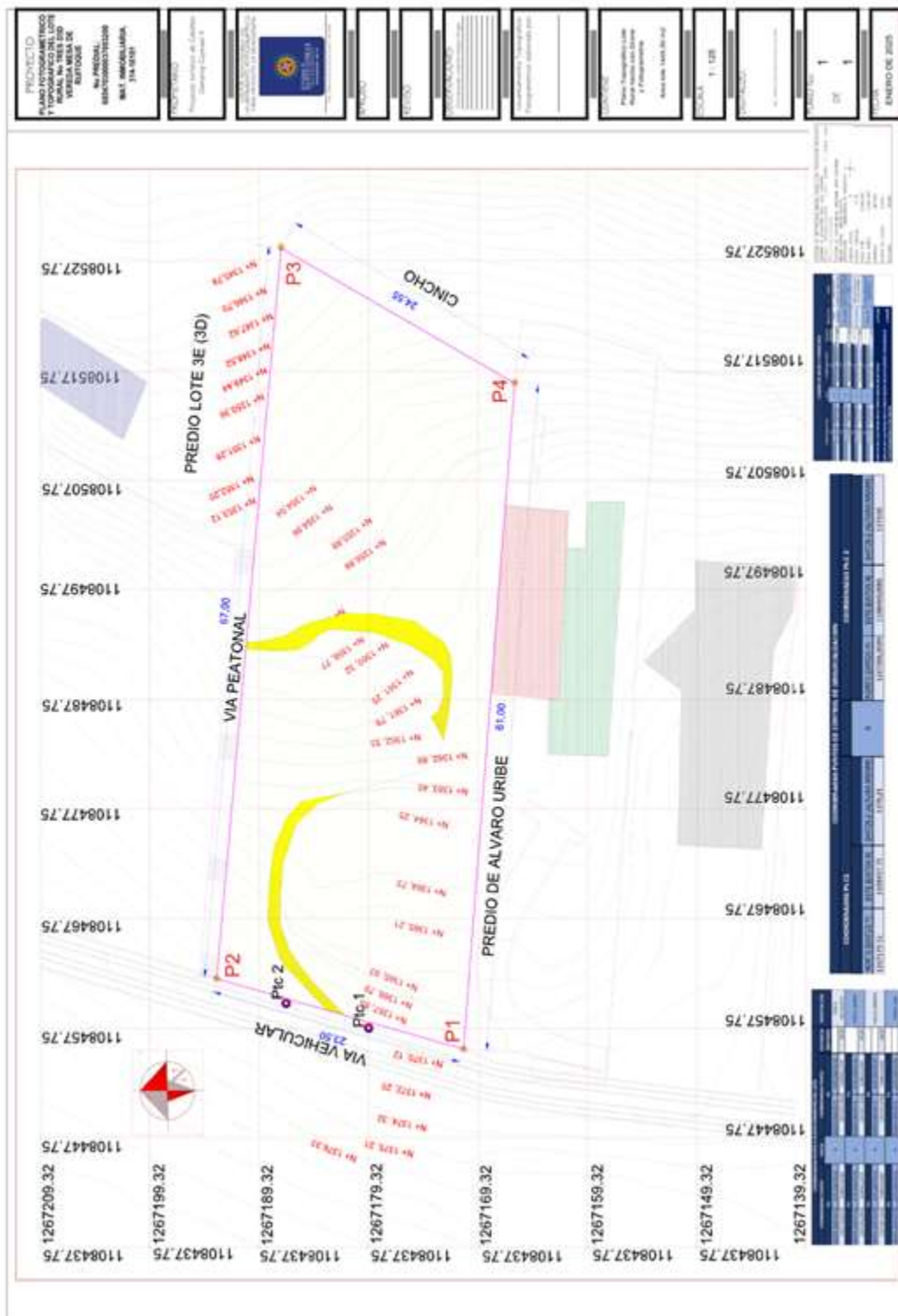
Apéndice A. Planimetría de la carta catastral expedida por el área metropolitana de Bucaramanga



Apéndice B. Planimetría levantamiento fotogramétrico lote con ortomosaico



Apéndice C. Planimetría levantamiento fotogramétrico lote sin ortomosaico



Apéndice D. Coordenadas X, Y, Z de puntos de control para escalamiento

Coordenadas puntos de control de geolocalización									
Coordenadas Pt. C1					Coordenadas Pt. C2				
Norte (Datos Y)	Este (Datos X)	(Datos)	Datos Z (Altura M.S.N.M)	A	Norte (Datos Y)	Este (Datos X)	(Datos)	Datos Z (Altura M.S.N.M)	
1267179,32	1108457,75		1370,21		126186,8689	1108460,0081		1370,60	

Apéndice E. *Foto aérea con puntos de control plataformas guía para escalar*

