



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

**DECANATURA DE DIVISION DE EDUCACION ABIERTA Y A DISTANCIA DUAD**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS**  
**PROGRAMA CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA E INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DE TÉCNICAS NTRIP Y HERRAMIENTAS GNSS -VANT Y BASE RTK**  
**EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PARA EL CATASTRO**  
**MULTIPROPÓSITO**

**NOMBRE DEL AUTOR:**  
**JOHN JAIRO CELIS RAMÍREZ**

**SANTIAGO DE CALI, 02-05-2023**

**EVALUACIÓN DE TÉCNICAS NTRIP Y HERRAMIENTAS GNSS -VANT Y BASE RTK  
EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PARA EL CATASTRO  
MULTIPROPÓSITO**

**AUTOR:**

**JOHN JAIRO CELIS RAMÍREZ**

**DIRECTOR:**

**M.Ed I.C. WILLAN GERMÁN MELLADO**

**MONOGRAFIA PARA OPTAR EL TITULO DE PROFESIONAL  
CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA E INGENIERIA**

**SANTIAGO DE CALI, 02-05-2023**

## DEDICATORIA

A la ing. Paola Mosquera, ya que ella fue el principal cimiento para terminar mi carrera y mi mayor motivación para no rendirme.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme terminar esta etapa, a mis compañeros de estudios y al tutor por brindarme su conocimiento enfocado al desarrollo con éxito de mi monografía de grado.

Asimismo, agradezco a la empresa donde trabajo por el apoyo económico brindado durante todo el periodo de estudios y mi jefe por brindarme los espacios requeridos en pro del desarrollo de mis estudios.

A todos, muchas gracias.

## **RESUMEN**

El objetivo principal del presente documento es evaluar técnicas NTRIP y herramientas GNSS-VANT y base RTK que ayuden en la precisión y la optimización de recurso humano y tiempos de ejecución en los levantamientos topográficos para el catastro multipropósito. La metodología utilizada consistió en comparar los resultados entre las técnicas NTRIP versus los vuelos fotogramétricos, enfocados en la identificación del territorio para evaluar su eficiencia. La zona de estudio se ubicó en el sur del municipio de Guacarí, Valle del Cauca, la cual presenta actualizaciones permanentes debido a que se localiza en la zona de expansión del municipio y hace parte de un plan parcial. Uno de los resultados relevantes se logró al comparar las precisiones entre la técnica NTRIP y el vuelo fotogramétrico. El tiempo de ejecución presentó una disminución con el vuelo fotogramétrico, ya que con la técnica NTRIP fue de 5 horas mientras que con el vuelo se logró levantar la misma zona en un periodo de aprox. 30 minutos, con una diferencia entre ambas precisiones de 0.25m.

## **PALABRAS CLAVES**

NTRIP, GNSS, Vuelo Fotogramétrico, Catastro multipropósito, Base RTK, VANT, Drone

## **ABSTRACT**

The main objective of this document is to evaluate NTRIP techniques and GNSS-VANT with RTK-based tools that help in the accuracy and optimization of resources in topographic surveys for multipurpose cadastral. The methodology used is to compare the results between NTRIP techniques and photogrammetric flights focused on the identification of the territory, seeking to identify which one is more efficient. The study area was located at south of the municipality of Guacarí, Valle del Cauca, the chosen area presents permanent updates due to the fact that it is part of the expansion zone of the municipality where a partial plan are being carried out. One of the relevant results is achieved by comparing the accuracies between the NTRIP technique and the photogrammetric flight. The execution time presents a decrease with the NTRIP technique, it was 5 hours while with the photogrammetric flight it is possible to capture the same area in a period of approx. 30 minutes achieving a difference between both precisions around 0.25m.

## **KEYWORD**

NTRIP, GNSS, Photogrammetric Flight, Multipurpose Cadastre, RTK Base, UAV, Drone

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
3. JUSTIFICACION .....	12
4. OBJETIVOS .....	13
4.1 Objetivo general:.....	13
4.2 Objetivos Específicos.....	13
5. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	14
6. MARCO REFERENCIAL.....	17
6.1 Marco teórico:.....	17
6.2 Marco legal: .....	20
6.3 Marco histórico: .....	20
6.4 Marco conceptual:.....	20
6.5 Marco contextual: .....	22
7. METODOLOGÍA.....	24
7.1 Técnica Vuelo Fotogramétrico .....	28
7.2 Técnica NTRIP .....	30
8. PRIMEROS RESULTADOS GEORREFERENCIACIÓN GNSS .....	33
8.1 planificación:.....	33
8.2 Planning GNSS:.....	34
8.3 Especificaciones técnicas Cartografía básica digital exigida por el IGAC: .....	34
8.4 Especificaciones técnicas del receptor:.....	35
8.5 Toma de puntos georreferenciados: .....	36
8.6 Croquis de información de zona de proyecto a levantar:.....	36
8.7 Información recolectada con equipo GNSS:.....	37
8.8 Precisiones de puntos georreferenciados: .....	38
8.9 Digitalización borde de manzana:.....	38
8.10 Resultado PDOP: .....	40
9. SEGUNDOS RESULTADOS VUELO VANT.....	41
9.1 planificación:.....	41
9.2 Configuración vuelo: .....	41
9.3 Personal de vuelo: .....	41

9.4 Equipos utilizados en la toma de imágenes: .....	42
9.5 Resultados obtenidos: .....	42
10. CONCLUSIONES.....	46
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48

### Tabla de Tablas

Tabla 1: Exactitud posicional.....	32
Tabla 2: Servicios privados de NTRIP .....	32
Tabla 3: Comparación entre técnicas.....	45

### Tabla de Figuras

FIGURA 1: Poligonal cerrada y predio objeto del ejercicio.....	18
FIGURA 2: Expansión urbana inmediata .....	23
FIGURA 3: Registro fotográfico de la zona de interés.....	24
FIGURA 4: Gestor Catastral.....	25
FIGURA 5: Zonas de crecimiento .....	26
FIGURA 6: Ubicación zona de estudio vs información del gestor catastral .....	26
FIGURA 7:Proceso Metodología propuesta-técnica vuelo fotogramétrico.....	27
FIGURA 8:Proceso Metodología propuesta – técnica NTRIP.....	27
FIGURA 9:VANT .....	30
FIGURA 10:Receptor I83.....	30
FIGURA 11: NTRIP.....	31
FIGURA 12: Redes de NTRIP privadas disponibles en Colombia .....	33
FIGURA 13: Sitio de interés.....	34
FIGURA 14: Clase y Escala .....	35
FIGURA 15: Resolución de imágenes para vuelos fotogramétricos .....	35
FIGURA 16: CHC i83 .....	36
FIGURA 17: Zona a georreferenciar .....	37
FIGURA 18: Cantidad de puntos georreferenciados .....	38
FIGURA 19: Precisiones .....	38
FIGURA 20: digitalización borde de manzana.....	39
FIGURA 21: zona de estudio con grilla .....	40
FIGURA 22:PDOP .....	40
FIGURA 23: Zona GEO .....	41
FIGURA 24: Cámara CL 6B .....	42
FIGURA 25: Marca 1 .....	43
FIGURA 26: Marca 2 .....	43
FIGURA 27: Placa.....	44
FIGURA 28: Base.....	44
FIGURA 29: Cámara .....	45

## **1. INTRODUCCIÓN**

Para subdirectora de Catastro de Cali, la arquitecta Angela María Jiménez, el catastro se debe articular con otros organismos y mantener la información predial al día de las zonas urbanas y rural. Lo anterior conlleva al concepto de Catastro Multipropósito, donde se busca un sistema de información que registre datos actualizados de la tierra y en cumplimiento del Artículo 104 de la Ley 1753 de 2015 “Plan nacional de desarrollo”, se hace necesario evaluar técnicas que mejoren los rendimientos en la recolección de información, es por ello que el objetivo general de la presente investigación es “Evaluar técnicas y herramientas que ayuden en la precisión y la optimización de recursos en los levantamientos topográficos.”

La metodología propuesta incluye realizar la captura de información con levantamiento fotogramétricos a través de vehículos aéreos no tripulados (VANT) y para mejorar la precisión y exactitud de la información, la inclusión de protocolos de transmisión de datos RTCM con internet (NTRIP).

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Según (Perez Burgos & Restrepo Rodriguez, 2018), Colombia requiere un programa macroeconómico debido al agotamiento de los factores productivos tradicionales generando la necesidad de explorar la tierra de manera sostenible, sin embargo, para cumplir lo anterior se requieren instrumentos que permitan la gestión adecuada del territorio, y el catastro tiene una participación principal ya que es la fuente de la información para las demás dependencias del país.

El panorama del catastro en Colombia es preocupante teniendo en cuenta algunos datos del IGAC del año 2017, donde mencionan que a nivel país el catastro este desactualizado e incompleto. Algunas cifras representativas son el 50.1 % del territorio tiene el catastro desactualizado y el 28.4% no tiene información catastral. De acuerdo con información del IGAC, se busca pasar del 5% que se tiene en este momento del catastro actualizado al 60% en el año 2022 y al 100% al 2025. Lo que implica no solo el cambio de las políticas de gestión de territorio sino la implementación de nuevas estrategias para realizar los levantamientos topográficos que son el insumo de la gestión catastral.

Debido al impacto económico que genera la gestión territorial, se requiere que la información sea de calidad y de precisión, evitando reproceso causado ya sea por la calidad o por utilizar unos lineamientos incorrectos. El producto final será utilizado para la generación de cartografía temática y así evitar conflictos relacionados a un inadecuado ordenamiento territorial, falta de claridad en la limitación de territorios de los indígenas, o áreas protegidas que son parte de la gestión ambiental.

El uso de herramientas como VANT y NTRIP requieren disponibilidad y recepción de satélites, datos móviles para mantener la conexión y de esa manera desarrollar correctamente el proyecto, adicionalmente por la regulación de la Aeronáutica Civil en Colombia se debe contar con

los permisos y regulación vigente. Entre las características físicas para tener en cuenta es: cielo con baja nubosidad, velocidad del viento, niveles KP (índice de tormenta geomagnética), que no haya precipitaciones, es apto para terrenos llanos, ondulados, montañosos y escarpados.

¿La evaluación de técnicas como NTRIP y vuelos fotogramétricos apoyados en herramientas como equipos GNSS, VANT y la base RTK ayudan en la precisión y a la optimización de recursos en labores de levantamientos topográficos para el catastro multipropósito?

### 3. JUSTIFICACION

De acuerdo con la universidad de Lima (Perú), el catastro ha ganado importancia más allá de la parte fiscal y jurídica ya que tiene una participación importante en la planeación del territorio. Según lo anterior, si todo el territorio tuviera un catastro no habría personas especulando o traficando con el territorio. Es por esto, que se hace necesario demostrar cuales técnicas y herramientas se recomiendan para realizar levantamientos topograficos, mejorando la calidad de la información y agilizando los tiempos de ejecución. Cumpliendo tanto con los presupuestos establecidos como con los términos de referencia pactados en los contratos.

El uso del VANT permite llegar a zonas de difícil acceso y a generar las descripciones del terreno, lo que para el Catastro en Colombia genera un gran valor permitiendo de esa manera llegar a zonas apartadas y donde el acceso no es fácil. Emplear NTRIP minimiza el costo de la cuadrilla ya que se requiere un solo receptor GNSS y un operador, el uso de equipos como el VANT y técnica NTRIP permite estimar datos espaciales en menor tiempo con una alta resolución espacial.

Recomendar metodologías que incluyan técnicas como NTRIP y vuelos fotogramétricos permite evitar riesgo como: volver a campo, olvidar una medida necesaria, aumentos de presupuestos, perdidas de detalles urbanísticos y aumentos en los tiempos de ejecución.

Con lo anterior se busca estructurar la calidad de la información, minimizando costos y obteniendo un mayor volumen de información en un periodo de tiempo más corto.

Esta alternativa es viable ya que el uso de vuelos fotogramétricos y la NTRIP son técnicas que se pueden implementar en el territorio colombiano con diferentes proveedores.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general:

- Evaluar técnicas NTRIP y herramientas GNSS-VANT y base RTK que ayuden en la precisión y la optimización de recursos en los levantamientos topográficos para el catastro multipropósito.

### 4.2 Objetivos Específicos

- Reconocer el territorio a partir de una imagen aérea tomada con un vehículo aéreo no tripulado.
- Validar la georreferenciación de la imagen aérea a partir de verificación en campo con puntos GNSS.
- Comparar si la identificación del catastro a partir de una imagen aérea es más ágil que a través de la técnica NTRIP.

## 5. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Según el artículo *Drones. Aplicaciones en Ingeniería Civil y Geociencias* publicado en el año 2019 en la revista *Interciencia* por Roger Herrera, los VANT han contribuido con el desarrollo de la cartografía ya que a partir de las imágenes se puede generar mapas catastrales mediante la digitalización de orto fotos georreferenciadas y de esta manera abarcar grandes zonas del territorio.

Según el artículo *Elaboración de una restitución catastral utilizando vehículos aéreos no tripulados* publicado en el año 2016 en la revista de geografía *RECIFE* de la universidad tecnológica Metropolitana de Chile, por Esteban Soto, se lograron coberturas de topografía urbana con un alto de detalle escalas 1/1000 y 1/500, generando como valor agregado la transferencia de información directa a un sistema de información geográfica al ser imágenes ráster que se logran digitalizar de forma ágil en un SIG, se obtuvo información de vegetación, curvas de nivel y Modelo digital de elevación.

Según el trabajo de grado *procesamiento de levantamientos topográficos en sectores rurales por medio de drone* realizado en el año 2019 por Edwin Mauricio Pinzón Monroy, afirma que en zonas de difícil acceso un VANT (vehículo Aéreo No Tripulado) es la opción más recomendada e idónea para caracterizar el terreno y la información capturada con este instrumento es de un alto valor geográfico.

Según el artículo *análisis e implementación de diferencial de gps en tiempo real a través de la tecnología ntrip para la eersa* realizado en el año 2017 por Andres Antonio Carranza y Jose Alejandro Reyes, concluyeron que al comparar datos obtenidos con posicionamiento convencional y NTRIP, se obtuvieron resultados precisos y exactos con la ventaja que al utilizar NTRIP, evitan el postproceso y de esa manera generaron una reducción de los costos de la empresa EERSA.

Según el artículo impacto de la infraestructura geodésica como soporte en la actualización cartográfica con vehículos aéreos no tripulados realizado en el año 2018 por la Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería, el uso de los drones genera una gran ayuda y ventaja en la geodesia ya que permite generar información como Modelo digital de terreno, Modelo digital de superficie, Ortofoto a una escala 1/1500, donde se obtuvieron desviaciones estándar en la coordenada norte de 0.327 y en la coordenada este de 0.485 se logra concluir que el éxito del proceso depende de la distribución de los puntos de control, importante tener en cuenta que el proceso se realizó con un VANT que no tiene conexión NTRIP. El autor concluye que dependiendo de la zona se determina la cantidad de puntos de control, para el caso de estudio el área de trabajo era de 57.8 HA y se necesitaron 9 puntos de control GCP.

Según Corredor (2015), “Los estudios fotogramétricos a partir de drones han representado un extraordinario apoyo, debido a que en una medida de tiempo y costos es relativamente inferior a un levantamiento topográfico, generando de esta forma, productos geoespaciales de gran precisión y contenido” (p.2).

Según (Rios Monroy & Puerto Caro, 2019) el traslape en el vuelo fotogramétrico debe ser 70% tanto en la parte longitudinal y lateral. De acuerdo con la metodología utilizada se realizó un vuelo fotogramétrico preliminar para calcular la cantidad de puntos de control terrestre que se necesitaba. La definición de los colores usados en las marcas de señalización debe ser identificables en la imagen para su correcta ubicación. Una de las conclusiones del autor es que se requiere utilizar equipos GNSS de precisión para cumplir los estándares ASPRS ya que con equipos como el navegador se presentan diferencias del orden de metros. El autor concluye que incluir en los proyectos herramientas de fotocontrol los hace más eficientes en precisión y en cumplimiento de estándares de calidad cartográfica.

Según (Mariño Ojeda, 2019), el uso de sistemas de aeronave no tripuladas “UAS” presenta una limitación en el análisis de avalúos catastrales y es en la variable Clima, sin embargo, concluye que los UAS resuelven los problemas de cobertura que tiene el país en cuanto a imágenes para realizar avalúos, generando reducción de tiempo y aumentando la calidad de los informes.

Según (Sola Ronderos & Matiz Moreno, 2020), el uso de fotografías tomadas con el VANT permite abarcar zonas de difícil acceso y con alteraciones de orden público de manera ágil. Una de las dificultades presentadas fue colocar los puntos de control (GCP) ya que la mayoría de la zona era de uso privado lo que genera que se requieran permisos y limita el acceso. Al realizar la comparación con la información suministrada por el IGAC, el autor indica que existe una desactualización lo que genera la necesidad de implementar el proyecto de catastro multipropósito de acuerdo con el artículo 104 de la ley 1753 de 2015 Plan Nacional de desarrollo, con el uso de la herramienta VANT se logra calcular de manera rápida que existen 12 mutaciones y 26 construcciones nuevas.

De manera general los autores que utilizaron Drones o Vant sugieren una disminución en el tiempo de ejecución de las actividades, sin embargo, no en todos los casos suple todas necesidades, por ejemplo, si se requiere calcular datos del clima adicionalmente se deben cumplir con estándares de calidad ASPRS por lo cual es importante utilizar equipos con una precisión acorde a la necesidad.

El aporte de la hipótesis que se requiere demostrar es que realizar vuelos fotogramétricos con VANT y una base que transmita correcciones en tiempo real para el caso de estudio se propone

utilizar Base DRTK-2 que es de la compañía DJI, como apoyo para realizar la corrección de los datos en tiempo real de tal manera que se minimice el uso de marcas de personalización o DIANAS que son utilizados como puntos de control para asegurar la precisión de los productos finales.

## **6. MARCO REFERENCIAL**

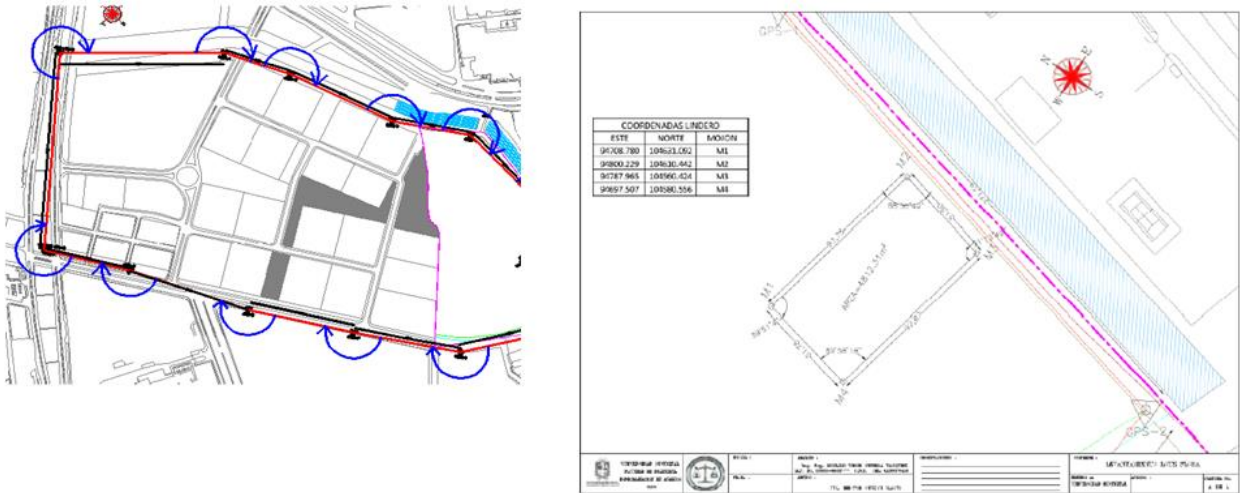
### **6.1 Marco teórico:**

Según (Perez Burgos, 2018) por el agotamiento de los recursos es necesario explotar el potencial de la tierra de forma sostenible, esto significa que se necesitan instrumentos que faciliten la adecuada gestión del territorio como el catastro.

Tradicionalmente el catastro en Colombia se realiza a través de levantamientos topográficos convencionales, donde se necesita realizar una poligonal partiendo de puntos conocidos, este procedimiento requiere de al menos un topógrafo y dos cadeneros y realizar postproceso en oficina para ajustar las coordenadas teniendo en cuenta los puntos base. De acuerdo (Pinilla Vasquez, 2020) lo anterior es conocido como un método directo.

El método directo requiere un ajuste manteniendo los parámetros de precisión, se inicia con el ajuste del Angulo observado y se va repartiendo el error de forma homogénea en cada uno de los vértices pertenecientes a la poligonal. En la siguiente imagen se muestra el ajuste realizado y el producto final después de realizar el ajuste y cálculos en oficina.

**FIGURA 1: Poligonal cerrada y predio objeto del ejercicio**



*Nota:* (Pinilla Vasquez, 2020)

De acuerdo con (Lopez, Gonzalez, septiembre-octubre 2017 ), para que el vuelo fotogramétrico tenga una mejor precisión se requiere utilizar puntos GCP (dianas), mantener un traslape vertical y horizontal. Calcular el GSD el cual es determinado por la altura del vuelo, en Colombia la UAEAC regula los vuelos dependiendo de la zona, el tamaño del VANT. Definir un plan de vuelo, donde se define la nube de puntos, el modelo digital de superficie y finalmente se exporta la Ortofoto la cual es el producto sobre el cual se realizarán las medidas y se generan las áreas correspondientes al terreno.

En la fase de orientación se requiere conocer coordenadas de puntos conocidos para ajustar el modelo a escala y realizar la nivelación (Perez, 2001). El número mínimo para realizar el ajuste es X, Y, Z donde las coordenadas planimétricas (X, Y) es control horizontal y coordenada altimétrica Z es control vertical. La determinación de los puntos se realiza con el apoyo de tecnologías GNSS ya sea con postproceso o en tiempo real.

En el método estático con equipo diferencial “postproceso” se definen parámetros de medición como lo son: los intervalos de captura, tiempo de medición y Angulo de medición

(Aguero Corzo, Montilla Pacheco, & Valero Segovia, 2017). La ubicación de la base se realiza sobre un punto con coordenadas certificadas, y a partir de esa posición, se determina donde se va a colocar el punto a medir es decir la ubicación del Rover. Dependiendo del equipo GNSS que se esté utilizando se analiza el PPM, y esto determinara la necesidad de realizar traslado de BASE. Con este método se requiere realizar trabajo de correcciones y ajuste de coordenadas en oficina posterior al levantamiento.

El método con corrección en tiempo real RTK o Ntrip, dependiendo de las interferencias de comunicación y disponible de red de datos, la base puede estar hasta 70 kilómetros de la ubicación del Rover, este método realiza corrección en tiempo real, es decir que el operador puede darse cuenta en campo de la calidad de la información que esta recepcionando, algunos datos para determinar la calidad son: PDOP, precisión horizontal, precisión vertical, numero de satélites y estado del punto.

La señalización del control terrestre se realiza de forma previa al vuelo, es necesario garantizar que los puntos estén correctamente señalados con DIANAS inteligentes o pintura, lo importante es que cuando se realice la toma de las fotografías los puntos se encuentren demarcados. La precisión horizontal se evalúa a través de métodos estadísticos de error medio cuadrático (RMSE) y niveles de confianza del 95%, la resolución 643 del 30 de mayo del 2018, adopta las especificaciones para realizar un levantamiento planimétrico, donde se define que es necesario que para trabajos con metodología GNSS se requieren equipos de doble frecuencia y emplear método de estático diferencial a partir de puntos conocidos o certificados. Algunos de esos parámetros son horizonte despejado, mascara de elevación, y DOP adecuado.

## **6.2 Marco legal:**

El IGAC documentó y conceptualizó las operaciones del catastro multipropósito cumpliendo con el Artículo 104 de la Ley 1753 de 2015 “Plan nacional de desarrollo”, y el documento CONPES 3859 de 2016 “Política para la Adopción e Implementación de un Catastro Multipropósito Rural Urbano”. Existen 3 resoluciones: SNR 5204 – IGAC 479 del 23 de abril de 2019), resolución 642 de 2018 y 643 del 30 de mayo del 2018.

La resolución 643 del 30 de mayo del 2018, adopta las especificaciones para realizar un levantamiento planimétrico.

La operación de vuelos con VANT se encuentra regulada mediante la Aeronáutica civil resolución 04201 del 27 de diciembre del 2018 y lo establecido en el apéndice 13 de los reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 91.

## **6.3 Marco histórico:**

En Colombia, el catastro nació con un enfoque de sostenimiento de la guerra de independencia con la ley 30 de septiembre de 1821. Sin embargo, solo hasta el año 1957 se creó el Instituto Geográfico Agustín Codazzi mediante el decreto 290 de 1957. La resolución 3556 de 1978 aprobó el programa de Ingeniería Catastral y Geodesia, con la incorporación de esta carrera se inicia la interacción del Catastro con los procesos de ingeniería, entre ellos los levantamientos topográficos del momento.

## **6.4 Marco conceptual:**

**CATASTRO:** Censo clasificado de los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y los particulares para la identificación física, jurídica, fiscal y económica.

**CATASTRO MULTIPROPÓSITO:** Es un sistema de información que contiene información catastral de predios formales e informales. La información obtenida contiene

especificaciones sobre derechos, responsabilidades, restricciones, descripciones geométricas, valores; y registra intereses sobre los predios, en términos de ocupación, valor, uso y urbanización.

**CONSTELACIONES:** Es un grupo de satélites que transmiten rangos de señal que son utilizados para realizar el posicionamiento de un punto en cualquier parte del planeta. Actualmente las más conocidas son las siguientes: GPS, GLONASS, BEIDOU y GALILEO.

**DOP:** Dilución de precisión: Está compuesto por GDOP, PDOP, HDOP, VDOP. Depende de la geometría de los satélites al momento del cálculo de la ubicación.

**ESTADO DEL PUNTO:** Identifica si el cálculo de la corrección quedo realizada correctamente. Los estados aceptables son FIJO o Flotante y no aceptables son Navegados ni DGPS.

**FOTOGRAMETRIA:** Sistema de captura de información a través de sensores y de la foto interpretación (manual o automática).

**GNSS:** Sistema Global de navegación por satélite.

**GESTOR CATASTRAL:** Son entidades públicas de orden nacional o territorial que son habilitadas por el IGAC para realizar gestión catastral para la formación, actualización y conservación catastral; estos gestores deben cumplir con lo establecido en el decreto 1983 de 2019.

**GSD:** Distancia de muestreo del suelo (distancia entre pixeles).

**IGAC:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi, entidad oficial de producir los mapas oficiales y cartografía básica de Colombia.

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:** Es un estudio técnico y descriptivo de un terreno. Donde se analizan características físicas, geográficas y geológicas, así mismo sus variaciones y alteraciones.

**NTRIP:** Transporte en red de RTCM a través de protocolo de internet que tramite datos GNSS con correcciones en tiempo real.

**MASCARA DE ELEVACION:** Es el Angulo de elevación por el cual debajo de él, no se recepcionarán satélites, el mínimo es 15 %.

**PREDIO:** Inmueble que pertenece a una persona natural o jurídica, no debe estar separada por otro predio privada o público.

**PUNTOS BASE:** Son puntos certificados a nivel de precisión sobre las coordenadas X y Y. En el país existen puntos certificados del IGAC, IDESC, Ingeominas entre otros.

**PUNTOS GCP:** Son puntos con coordenadas XYZ conocidas que se obtiene a menudo por un levantamiento topográfico, en la fotogrametría se conocen como foto control.

**Ppm:** Partes por millón, es la expresión del error relativo usado frecuentemente para error en la determinación de distancias.

**PDOP:** (Position DOP), incertidumbre en la posición debido únicamente a la posición geométrica de los satélites.

**TRANSLAPE:** superposición parcial de las fotografías tomadas con un VANT, debe existir tanto vertical como horizontal entre foto y foto y entre pasada y pasada del VANT.

**UAEAC:** Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil Colombia, es el organismo encargado de controlar y regular la aviación civil en Colombia.

**VANT:** Vehículo aéreo no Tripulado

## **6.5 Marco contextual:**

El municipio de Guacarí, centro urbano que se encuentra localizado en el Departamento del Valle del Cauca, tiene como área de expansión el sur de la cabecera municipal, la cual tiene una alta



## 7. METODOLOGÍA

### Área de estudio:

El municipio de Guacarí cuenta con unos planes parciales de desarrollo ubicados al sur y norte de la ciudad, de acuerdo con el PBOT son las zonas para realizar la expansión urbana. La zona de estudio se encuentra al sur de la ciudad.

### Condiciones físicas de la zona de interés:

La zona de interés se caracteriza por su clima cálido y se compone de territorio plano, el urbanismo de la zona no está desarrollada, la zona cuenta con redes de alcantarillado, acueducto, energía eléctrica, y gas natural, en su gran mayoría no existe vías pavimentadas como tampoco andenes definidos, los ejes viales no están físicamente identificados y en muchas de las viviendas no se encuentran la nomenclatura predial definida por el ente oficial, la zona de interés se compone de la expansión urbana del municipio de Guacarí, por la cual el dinamismo de crecimiento de las viviendas es alto.

### FIGURA 3: Registro fotográfico de la zona de interés

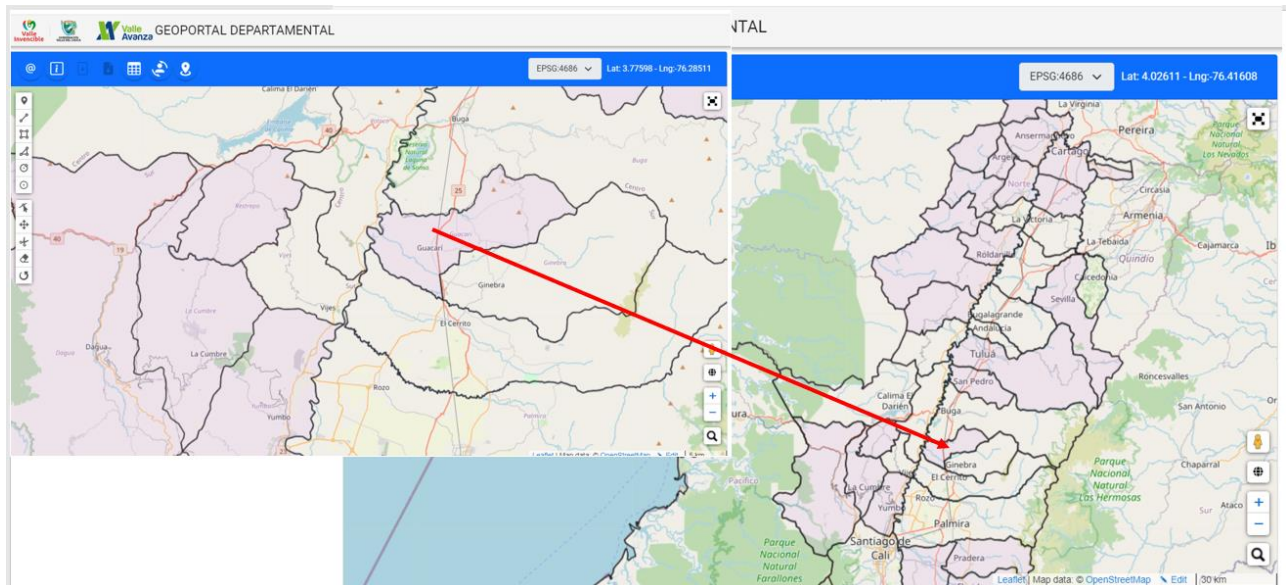


Nota: Elaboración propia

Según (Andrade Pérez, Acosta Rodriguez, & Rivera Pernet, 2022), el catastro nace como una función pública a cargo del estado, el catastro multipropósito nació en el acuerdo de paz y con la firma del documento CONPES 3881 de 2016, el presidente realizó un acuerdo para corregir y/o minimizar la desactualización.

El municipio de Guacarí hace parte de las localidades que tercerizaron la gestión catastral en manos de Valle Avanza.

**FIGURA 4: Gestor Catastral**

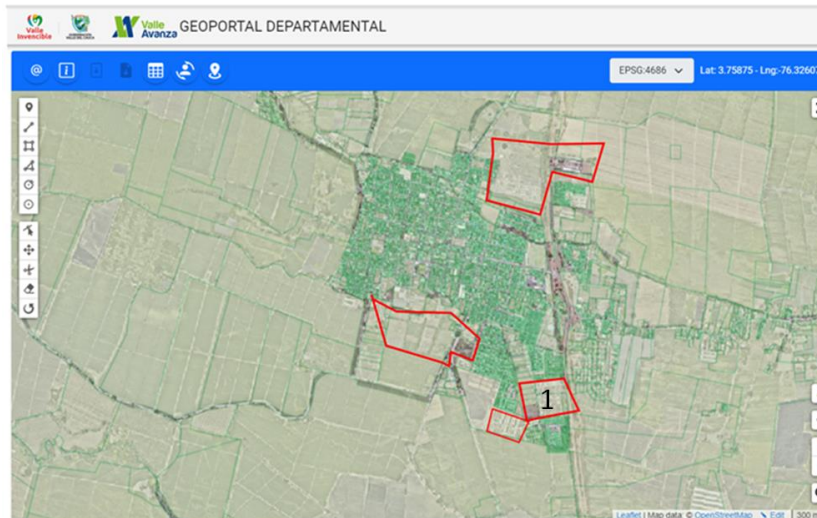


*Nota:* Valle avanza <https://geoportal.valleavanza.com/>

Uno de los grandes retos a nivel país es tener una actualización del 100% del catastro para el año 2025, según la revista portafolio, sin embargo, al revisar la información del gestor en el municipio de Guacarí, se evidencia que existen varias zonas por actualizar, estos cambios están asociados al dinamismo catastral que existen en las ciudades. En la siguiente imagen se logra evidenciar las zonas en crecimiento del municipio.

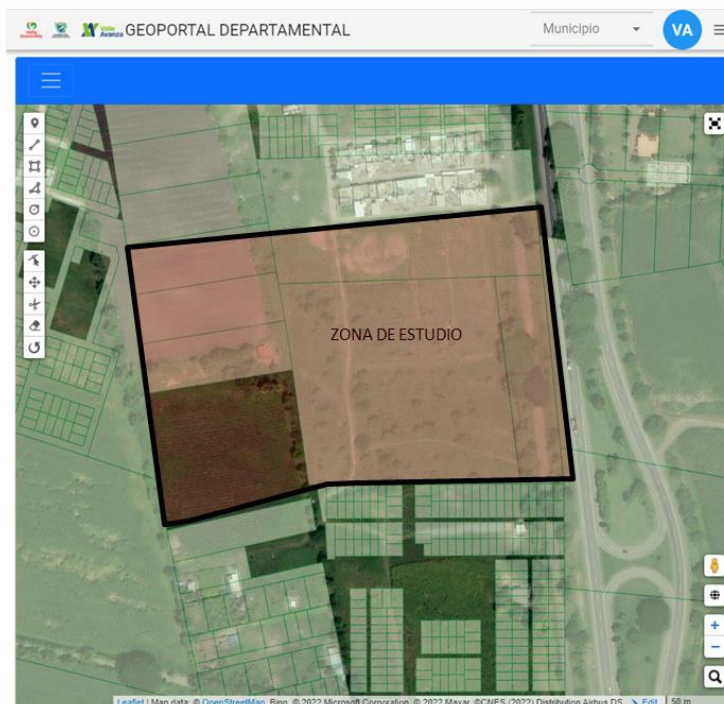
Teniendo como referencia la figura 5, la zona de estudio está ubicada en el sitio enumerada como 1.

**FIGURA 5: Zonas de crecimiento**



*Nota:* Valle avanza <https://geoportal.valleavanza.com/>

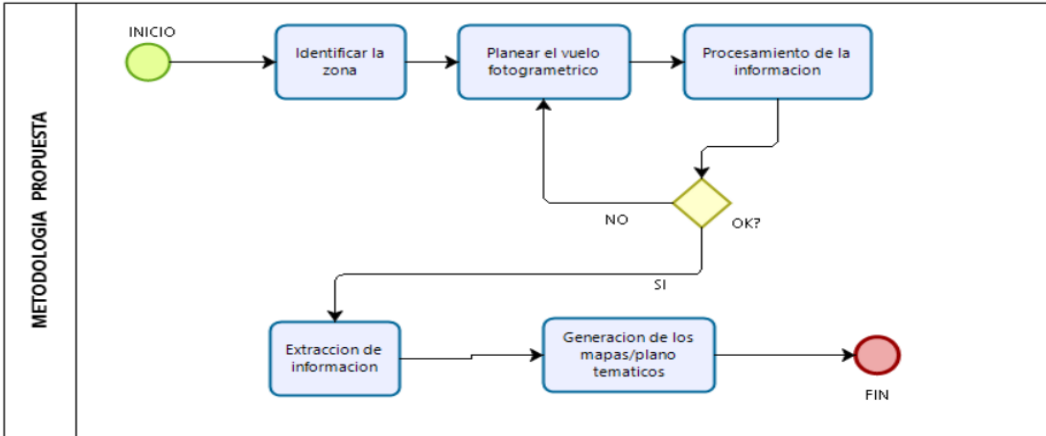
**FIGURA 6: Ubicación zona de estudio vs información del gestor catastral**



*Nota:* Valle avanza <https://geoportal.valleavanza.com/>

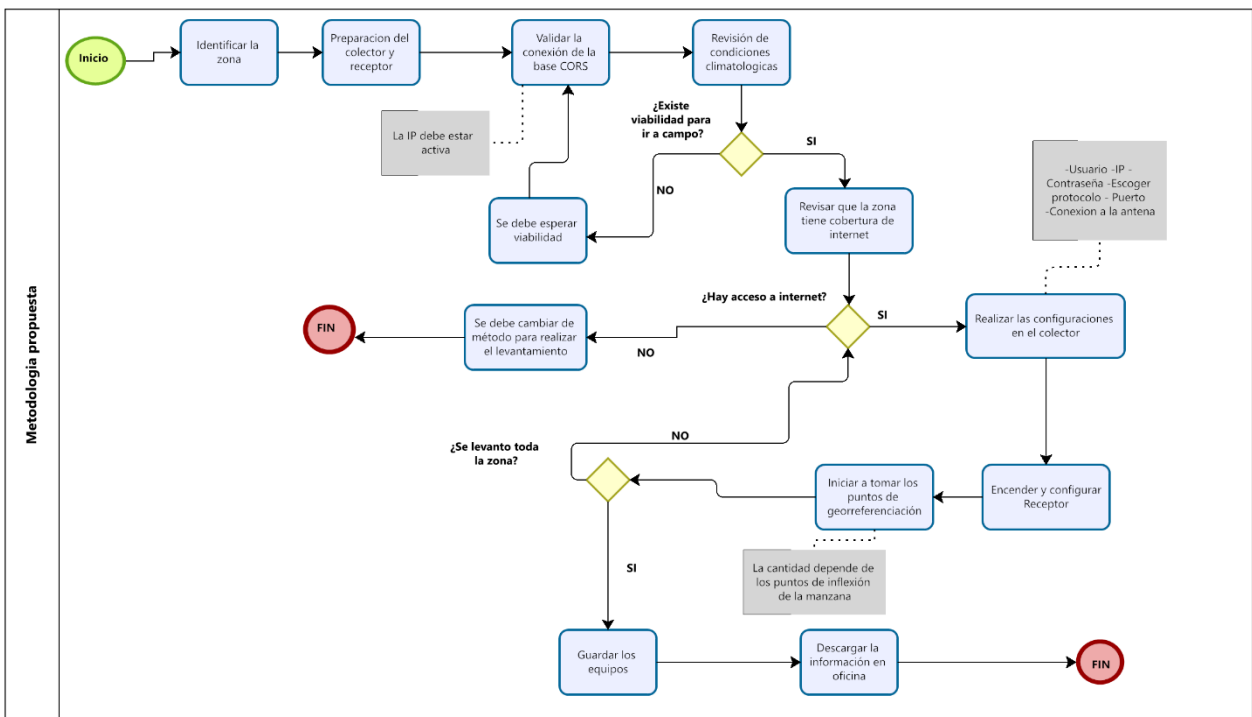
En las siguientes figuras se expone el proceso metodológico propuesto con las dos técnicas de interés:

**FIGURA 7:Proceso Metodología propuesta-técnica vuelo fotogramétrico**



Nota: Elaboración propia-Bizagi

**FIGURA 8:Proceso Metodología propuesta – técnica NTRIP**



Nota: Elaboración propia-Bizagi

## 7.1 Técnica Vuelo Fotogramétrico

Identificación de la zona: La zona definida es al sur del municipio de Guacarí, zona que presenta crecimiento por proyectos de vivienda.

Planear el vuelo fotogramétrico con corrección en tiempo real: Se realiza el cálculo del área de la zona a levantar, definiendo cantidad de vuelos a realizar, cálculo del GSD, duración aproximada de vuelo, para cuantificar la cantidad de baterías que se requieren. En esta etapa se define si se van a utilizar Dianas inteligentes o marcas de pintura en el suelo como puntos de control y de verificación. Para iniciar a planear el vuelo en el VANT, se debe generar un KMZ para garantizar que no se van a dejar zonas por fuera del levantamiento. Es indispensable identificar si la corrección en tiempo real se va a realizar con RTK o NTRIP ya que esto aumenta la precisión del ortomosaico.

Una vez se identifiquen todas las variables, se realizan las listas de chequeo garantizando que los pilotos cumplan la regulación de la aeronáutica civil (certificaciones y permisos que den a lugar) y se inicia con el vuelo programado.

Para la realización del vuelo se realiza previamente un checklist que asegura la viabilidad del vuelo:

1. hélices colocadas correctamente.
2. Porcentaje de batería optima tanto en el VANT como el radiocontrol.
3. conexión correcta entre el radiocontrol y el VANT.
4. Buena recepción de señal de GPS (al menos 10 satélites).
5. Establecer punto de despegue y retorno en caso de pérdida de señal.
6. Tarjeta de memoria colocada correctamente.
7. Plan de vuelo cargado correctamente.

Procesamiento de la información: El procesamiento se va a realizar con un software llamado PIX4D donde se realiza el ajuste de los datos estadísticos (RMSE), calibración de la cámara, identificación de los puntos de enlace entre las imágenes (zonas de traslape) y la georreferenciación de los puntos de control de la plataforma (proceso NTRIP).

Es necesario densificar la nube de puntos para generar el modelo digital de superficie, como paso final el software genera la Ortofoto.

Validación: En esta etapa se corrobora que la ortorectificación quede conforme, utilizando los puntos de verificación previamente establecidos en etapas anteriores. Consiste en comparar las coordenadas XY generadas en la Ortofoto vs las coordenadas tomadas en campo con protocolo NTRIP. En el caso donde la validación no sea satisfactoria de acuerdo con los parámetros establecidos por el IGAC, se debe realizar nuevamente todo el proceso.

Extracción de la información: Se realiza una clasificación supervisada, donde se logre identificar los diferentes tipos de suelo, usos, delimitaciones, Identificación de los predios y cálculos de área.

Generación de los planos: Es la etapa final donde se realiza la exportación de los planos como producto entregable, teniendo en cuenta escalas, grilla, orientación, sistema de referencia.

Materiales y equipos: Entre los instrumentos se plantea utilizar para la obtención de fotografías aéreas un Phantom 4 RTK que se muestra en la Figura, el cual consta principalmente de 4 hélices con una Cámara de 20 MP, montada sobre un sistema de giroscopio de estabilización que permite mantener la imagen estable independientemente de los movimientos propios del vuelo y las influencias del viento.

**FIGURA 9: VANT**



*Nota:* DJI

Se propone emplear el software Pix4d Mapper Pro instalado en un computador con procesador i7, de 2.8 GHz y de 16 GB de memoria RAM, cuya salida es el modelo digital de superficie en 3D y la Ortofoto, servicio Red GALINET NTRIP con la empresa GALILEO instruments, el cual se puede contratar por semanas o meses, equipo GNSS CHC, con protocolo RTCM 3.0.

**FIGURA 10:Receptor I83**



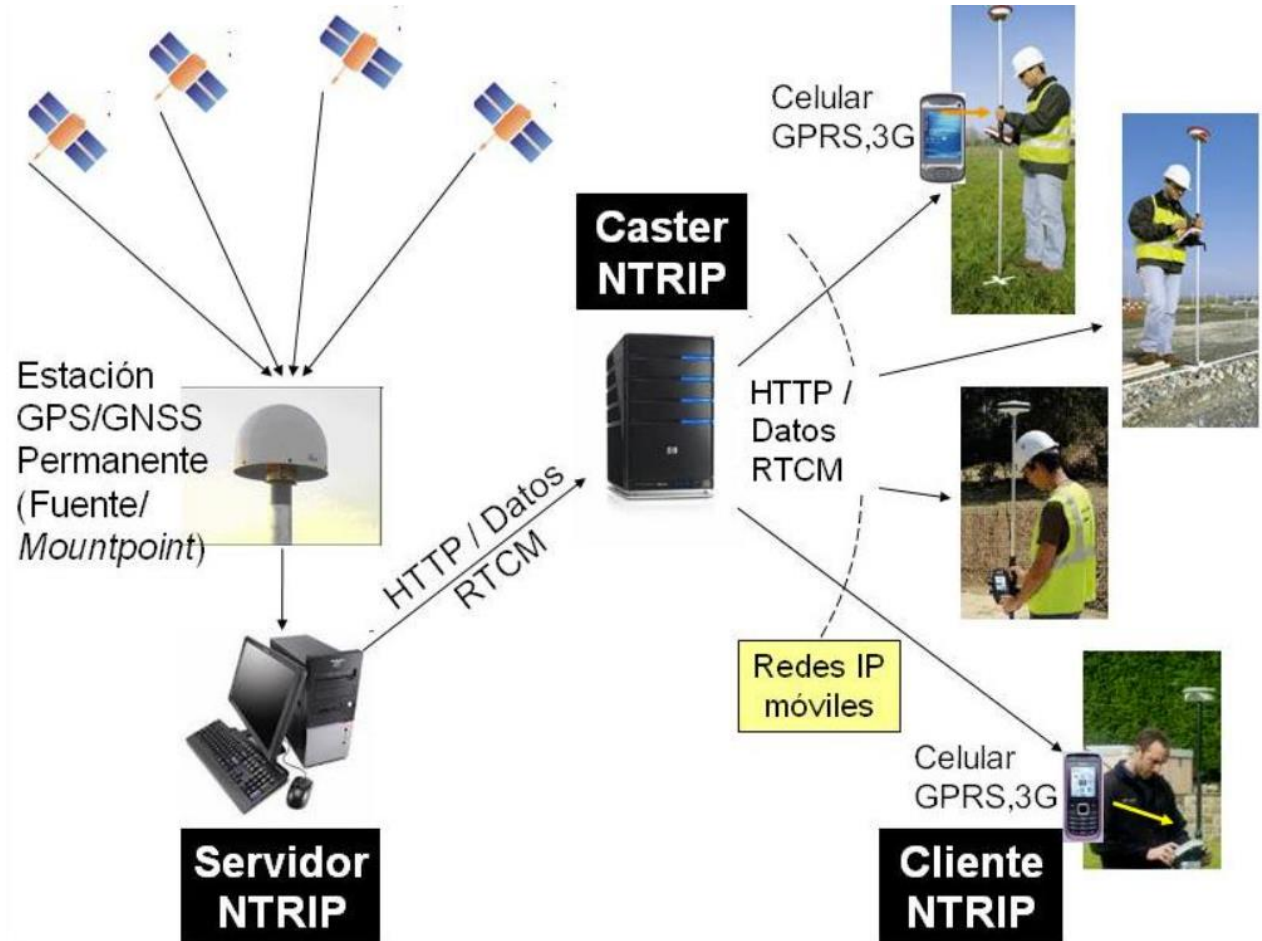
*Nota:* CHC

## **7.2 Técnica NTRIP**

La metodología propuesta inicia con la identificación de la zona de trabajo, en este caso se realizó al sur del municipio de Guacarí. La preparación del colector y receptor consiste en validar la carga de las baterías, y actualización de firmware en el caso de que lo requiere. Validar la conexión con la base CORS, que se encuentre activa la IP. En el caso donde presente fallas de conectividad se debe consultar con el proveedor de los equipos.

Una validación importante es revisar las condiciones climatológicas de la zona, para evitar tormentas eléctricas, problemas de señal de celular y el acceso a internet por medio de WIFI, ya que el protocolo RTCM, requiere que el colector tenga acceso a datos móviles.

**FIGURA 11: NTRIP**



*Nota:* Leonardo Ivars, 2011

De acuerdo con la resolución de 643 de 2018 la exactitud posicional absoluta o externa que se debe garantizar durante todo el proceso, en la siguiente tabla se identifican los valores mínimos.

**Tabla 1: Exactitud posicional**

<b>Ámbito</b>	<b>CE 95%</b>	<b>RMSE<sub>x</sub>/RMSE<sub>y</sub></b>
Urbano	0,52m	0,21m
Rural	5,2m	2,12m

*Nota:* Igac, 2018

En Colombia según Cortes, 2021 el cubrimiento del territorio esta limitado por las redes privadas y generalmente se encuentran ubicadas en las ciudades principales. En la siguiente tabla se identifica la distribución de las estaciones CORS.

**Tabla 2: Servicios privados de NTRIP**

<b>RED</b>	<b>ESTACIONES</b>	<b>CIUDADES</b>
GEOSYSTEM CORS	12	Armenia, Barranquilla, Bucaramanga, Bogotá, Cali, Cartagena, Manizales, Medellín, Pasto, Popayan, Valledupar
GALINET	16	Armenia, Barranquilla, Bucaramanga, Bogotá, Cali, Florencia, Ibaguè, Medellín, Monteria, Neiva, Palmira, Pasto, Santa Marta, Tunja, Valledupar, Villavicencio, Yopal
TOPORED	20	Barrancabermeja, Barranquilla, Bucaramanga, Bogotá, Cali, Cartagena, Florencia, Ibaguè, Medellín, Monteria, Neiva, Pasto, Pereira, Popayan, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar, Villavicencio, Yopal.

*Nota:* Cortes, 2021

**FIGURA 12: Redes de NTRIP privadas disponibles en Colombia**



*Nota:* Cortes, 2021

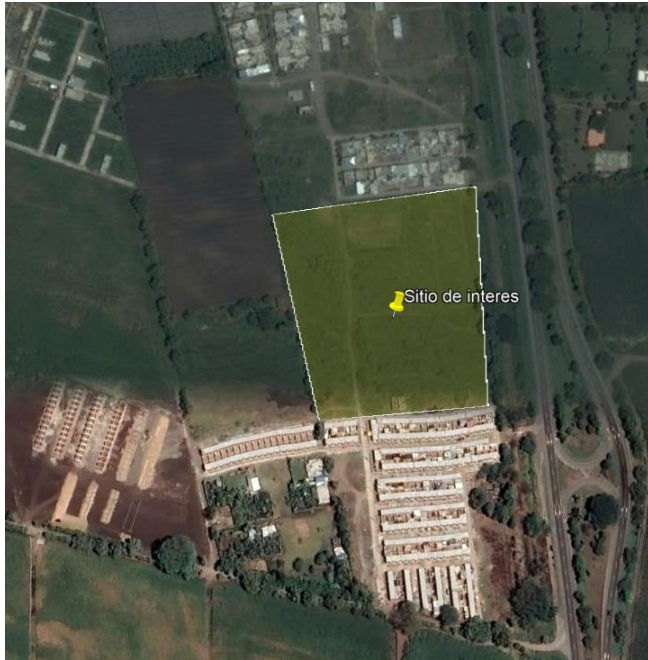
Debido a que las redes CORS no hacen parte de la red SIRGAS pueden tener variación en el uso del sistema de referencia, actualmente estas redes no cuentan con información gravimétrica en sus estaciones.

## **8. PRIMEROS RESULTADOS GEORREFERENCIACIÓN GNSS**

### **8.1 planificación:**

Se programo salida al sitio de interés la cual está ubicada en la figura 5 sitio conocido como Urbanización la Primavera con una comisión topográfica conformado con 3 ingenieros topográficos, de la universidad del Valle, que ejecutó el levantamiento topográfico entre los ejes viales CALLE 3B SUR Y CALLE 5A SUR CON CARRERA 1A Y CARRERA 2A, el cual comprende aprox.10 manzanas catastrales y 360 predios aproximadamente, el levantamiento topográfico se realizó con equipos de la empresa GASES DE OCCIDENTE el cual facilitó el permiso (ver anexo J).

**FIGURA 13: Sitio de interés**



*Nota:* Google Earth

### **8.2 Planning GNSS:**

Con la planificación GNSS en línea Trimble, se valida la disponibilidad de cantidad de satélites, los satélites operativos, los valores DOP en la línea de tiempo, esta información es un apoyo al momento de realizar el levantamiento ya que nos aporta datos importantes como a qué hora del día no es recomendable realizar tomas con equipos GNSS ya que los valores DOP estarían por fuera de los rangos aconsejables, (ver anexo A).

### **8.3 Especificaciones técnicas Cartografía básica digital exigida por el IGAC:**

La escala por trabajar en el levantamiento topográfico es 1:10000 la cual corresponde a la clase media y el cual se proyectará al sistema de coordenadas Gauss-Krüger origen oeste, en la calidad de datos los indicadores de raíz del error medio cuadrático en horizontal será 2,13 m y vertical 3,00 m (ver anexo B).

**FIGURA 14: Clase y Escala**

CLASE	ESCALA
GRANDE	1:1000
	1:2000
	1:5000
MEDIA	1:10000
	1:25000

*Nota:* Clasificación de la cartografía en función de la escala (IGAC)

En relación con fuentes de información, la resolución espacial de la aerofotografía para una escala de 1:10.000 corresponde 1 metro y un GSD de 50.

**FIGURA 15: Resolución de imágenes para vuelos fotogramétricos**

Escala Cartografía	Resolución mínima de aerofotografía/imagen	Especificación requerida
1:1.000	10 cm	Toma de aerofotografía GSD 10
1:2.000	20 cm	Toma de aerofotografía GSD 20
1:5.000	30 cm	Toma de aerofotografía GSD 30
1:10.000	1 metro	Toma de aerofotografía GSD 50*
1:25.000	2,5 metros	

*Nota:* IGAC

#### **8.4 Especificaciones técnicas del receptor:**

El equipo de georreferenciación GNSS utilizado en el levantamiento cartográfico es el CHC i83 el cual posee 1408 canales y sensor IMU de alta gama el cual ofrece posicionamiento a nivel centimétrico el cual mantiene una posición RTK fija y fiable en entornos difíciles, en cuanto a las precisiones del GNSS se cuenta con:

- En tiempo real cinemático (PPK) Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS y Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS.

- Post-procesamiento cinemático (PPK) Horizontal: 3 mm + 1 ppm RMS y Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS.
- Estática de Post-procesamiento Horizontal: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS y Vertical: 5 mm + 0.5 ppm RMS.

Ficha técnica del equipo (ver anexo C).

**FIGURA 16: CHC i83**



*Nota:* chcnv

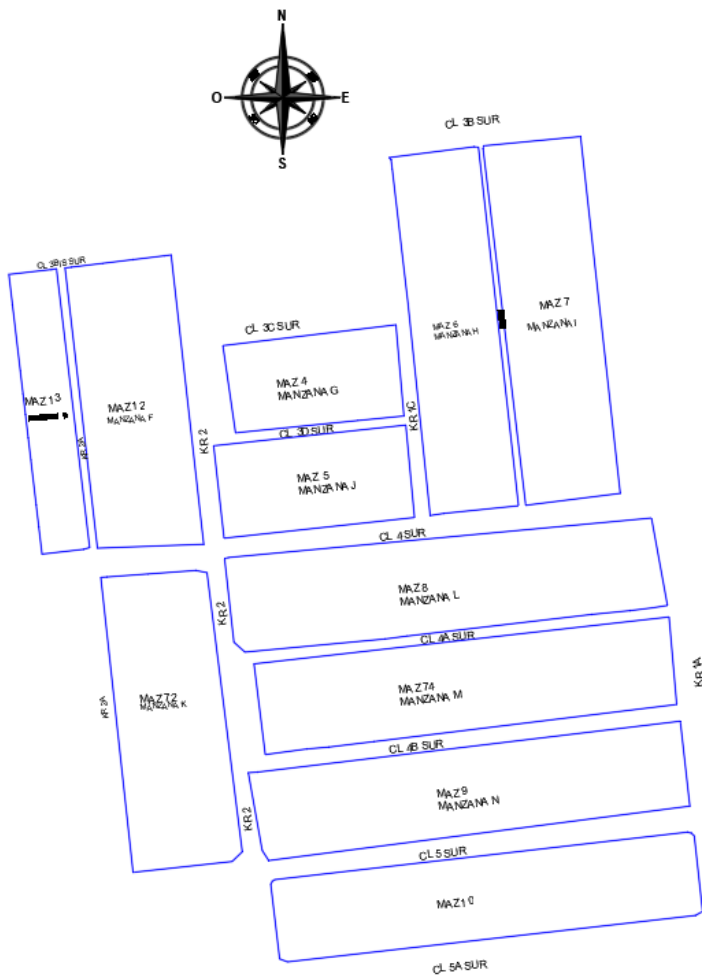
### **8.5 Toma de puntos georreferenciados:**

La georreferenciación en el sitio de interés fue realizada por la Ing. Topográfica Paola Mosquera Villa con matrícula profesional No. 76335-282942 VLL y el tecnólogo en obras civiles John Jairo Celis con certificado de inscripción profesional auxiliar No. 76502-037206 VLL, matrícula y certificado profesional (ver anexo D)

### **8.6 Croquis de información de zona de proyecto a levantar:**

A continuación, se muestran imagen correspondiente al levantamiento realizado en la zona de interés, identificando forma de manzana y ejes viales.

**FIGURA 17: Zona a georreferenciar**



*Nota:* Elaboración propia

### **8.7 Información recolectada con equipo GNSS:**

El total de puntos georreferenciados fueron 197 (ver anexo E) distribuidos según la cantidad como lo muestra la figura:

**FIGURA 18: Cantidad de puntos georreferenciados**

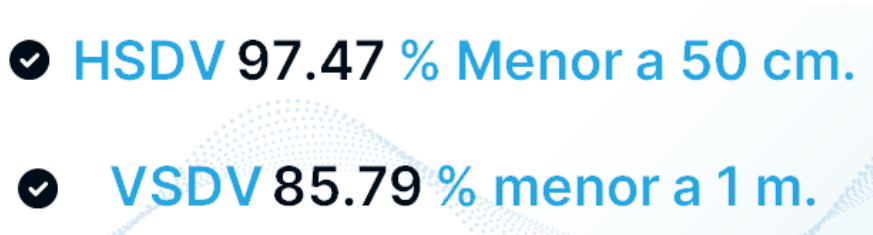


*Nota:* Elaboración propia

### **8.8 Precisiones de puntos georreferenciados:**

Las precisiones obtenidas de los 197 puntos georreferenciados (ver anexo E) dieron como resultado, en la precisión horizontal el 97.47 % de los puntos están por debajo de 0.50 cm, en la precisión vertical el 85.79% de los puntos están por debajo de 1m.

**FIGURA 19: Precisiones**

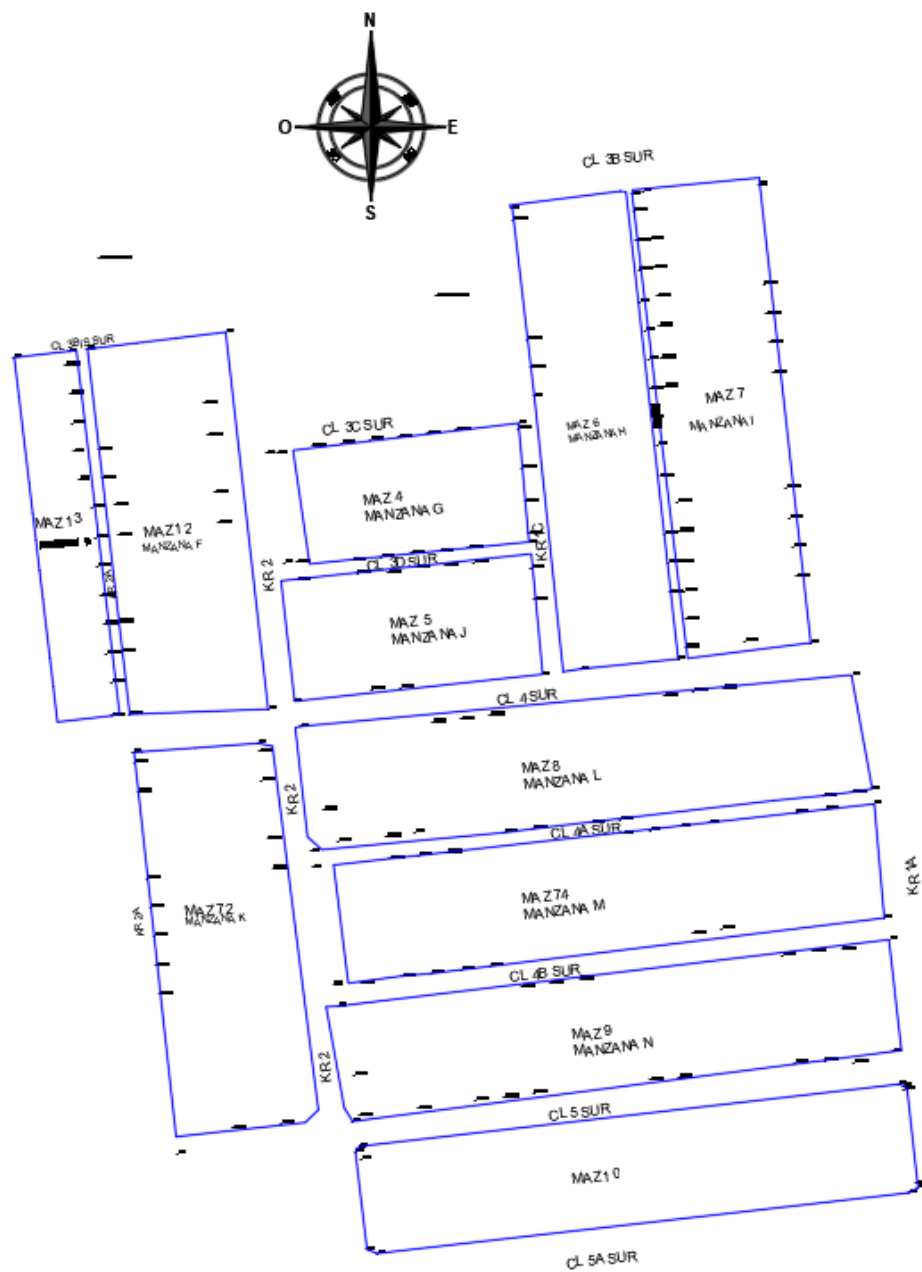


*Nota:* Elaboración propia

### **8.9 Digitalización borde de manzana:**

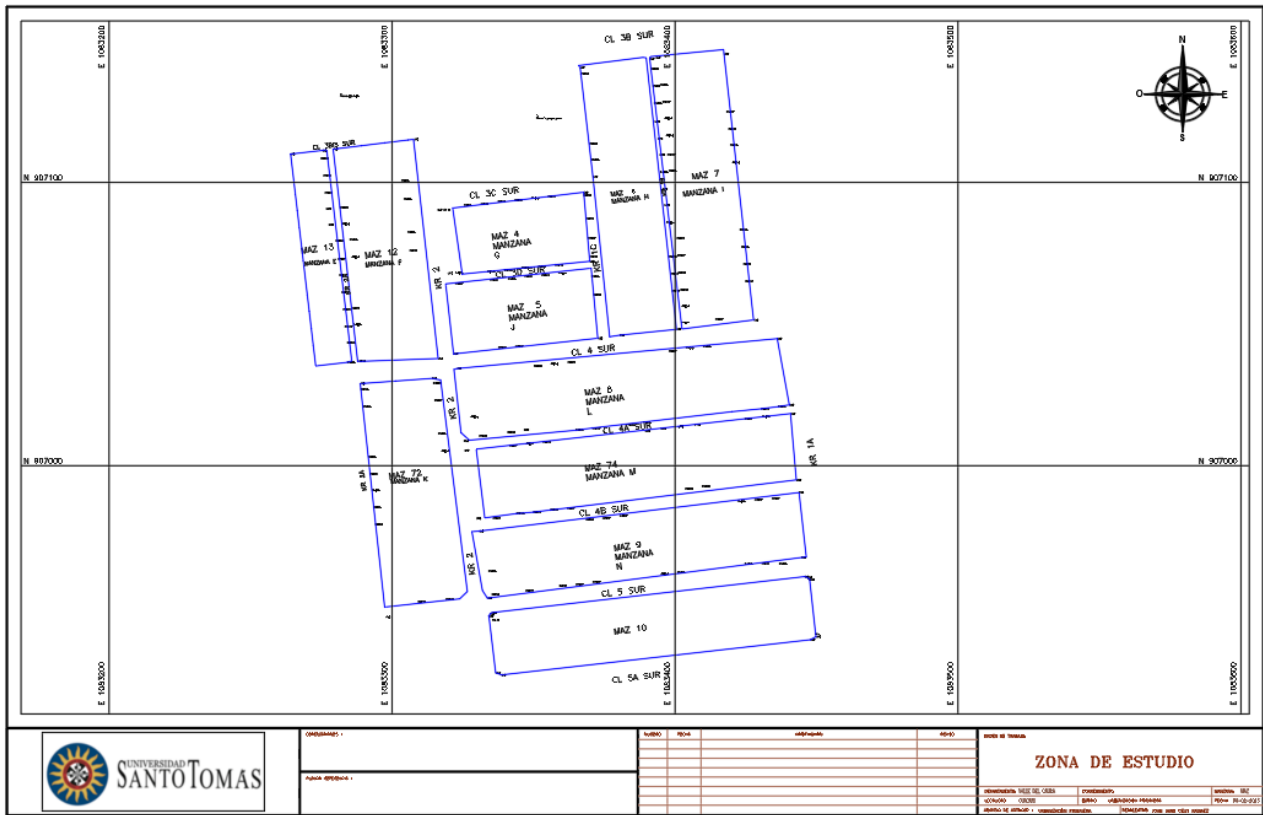
La presente figura muestra el resultado de la digitalización en el software AutoCAD de los bordes de manzana basándose en los puntos georreferenciados.

FIGURA 20: digitalización borde de manzana



Nota: Elaboración propia

**FIGURA 21: zona de estudio con grilla**



Nota: Elaboración propia

**8.10 Resultado PDOP:**

El total de los puntos tuvo un PDOP inferior a 2, (ver anexo E).

**FIGURA 22:PDOP**



Nota: Elaboración propia

## 9. SEGUNDOS RESULTADOS VUELO VANT

### 9.1 planificación:

Se valida que la zona no esté entre las zonas GEO y se confirmó que es una zona segura y no está restringido el vuelo, se realiza recorrido visual para detectar que no existen edificaciones demasiado altas como, como tampoco torres que interrumpan la comunicación BASE-VANT.

**FIGURA 23: Zona GEO**



*Nota:* DJI

### 9.2 Configuración vuelo:

El vuelo se planifica que la altura de vuelo sea 100 metros y que obtenga un GSD aproximado de 4 cm, una superposición horizontal de 70 y una superposición vertical de 80.

### 9.3 Personal de vuelo:

El vuelo lo realizo la piloto profesional de drones Ing. Paola Mosquera villa y como observador John Jairo Celis, ambos con licencia de piloto, (ver anexo F).

#### 9.4 Equipos utilizados en la toma de imágenes:

Al momento del vuelo y toma de imágenes, se utilizó los equipos D-RTK 2 como base móvil y el PHANTOM 4 RTK como aeronave el cual posee un sistema de posicionamiento de nivel centimétrico, al momento del postproceso de la información se utilizó la herramienta PIX4D.

#### 9.5 Resultados obtenidos:

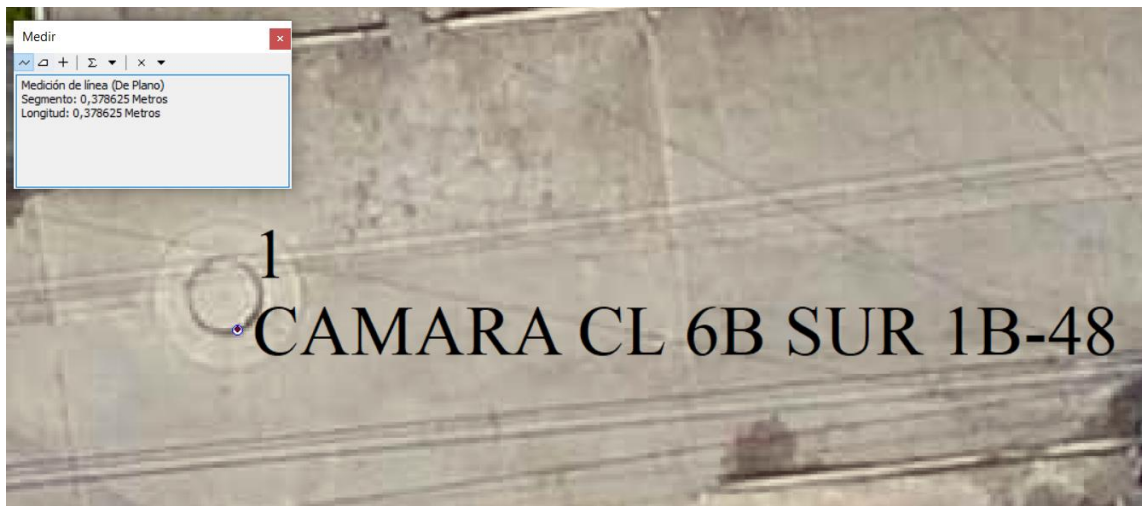
El reporte de calidad nos arrojó que las 526 imágenes estuvieron 100% calibradas, el GSD obtenido fue de 2.95 cm y el área total del ortomosaico fue de 51.2523 ha. (ver anexo G).

Uno de los resultados obtenidos es la clasificación supervisada donde se definieron las siguientes clases, Zona construida, zonas verdes, zona vehicular, zonas de cultivos y zonas de acceso público. La clasificación se realizó utilizando el software de ArcMap versión 10.8.2 y utilizando la extensión Spatial Analyst (ver anexo H).

Comparando las coordenadas de los puntos tomados para validación (ver anexo I) vs las coordenadas de los puntos en el ortomosaico se obtuvo los siguientes datos:

En el ID 1 la diferencia de coordenadas es de 0.37 metros.

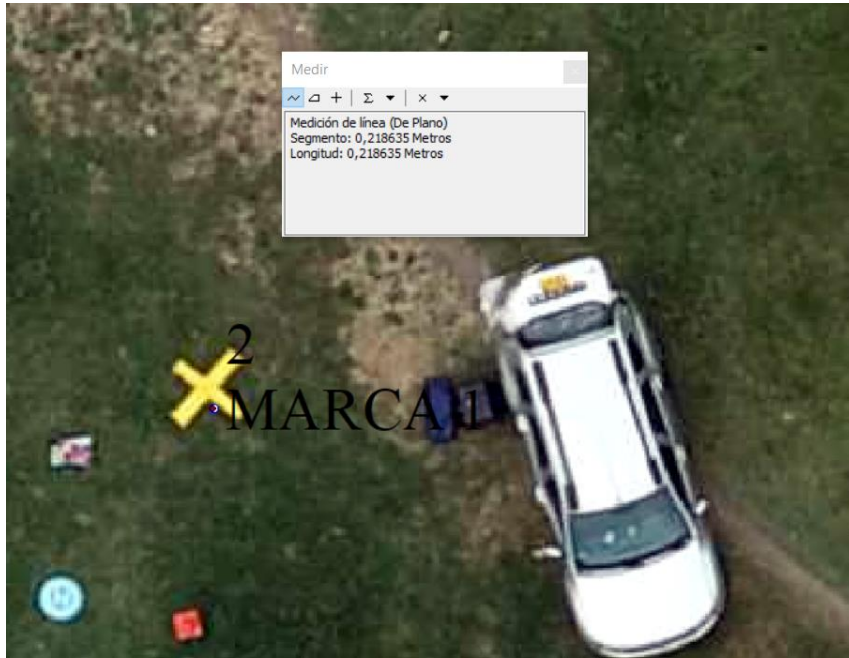
#### FIGURA 24: Cámara CL 6B



*Nota:* Elaboración propia

En el ID 2 la diferencia de coordenadas es de 0.21 metros.

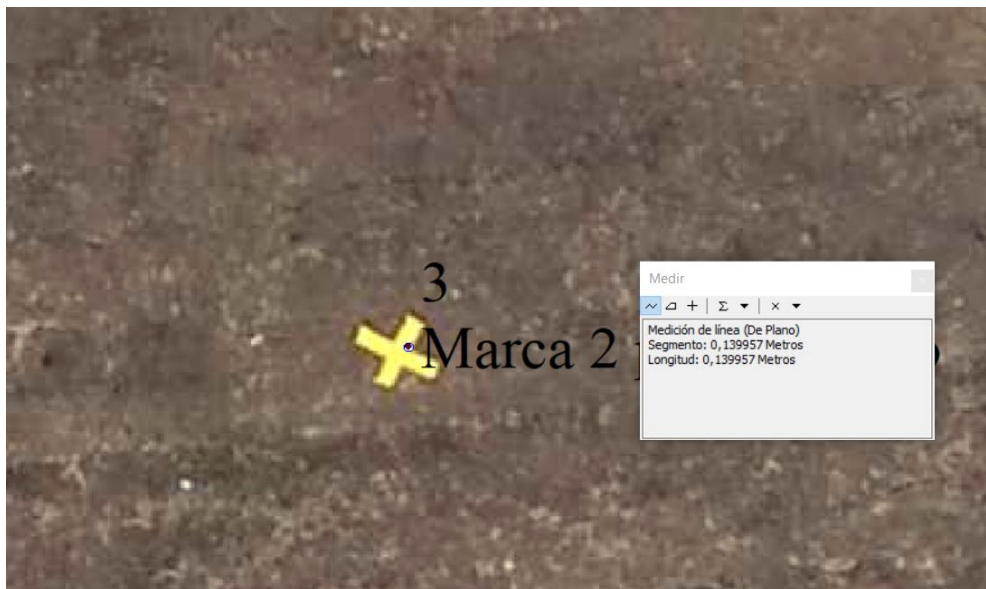
**FIGURA 25: Marca 1**



*Nota:* Elaboración propia

En el ID 3 la diferencia de coordenadas es de 0.13 metros.

**FIGURA 26: Marca 2**



*Nota:* Elaboración propia

En el ID 4 la diferencia de coordenadas es de 0.37 metros.

**FIGURA 27: Placa**



*Nota:* Elaboración propia

En el ID 5 la diferencia de coordenadas es de 0.23 metros.

**FIGURA 28: Base**



*Nota:* Elaboración propia

En el ID 6 la diferencia de coordenadas es de 0.21 metros.

**FIGURA 29: Cámara**



*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 3: Comparación entre técnicas**

HERRAMIENTA	TIEMPO DE EJECUCIÓN/HORAS	PERSONAL
GNNS-NTRIP	5	3
VANT	1	2

*Nota:* Elaboración propia

## 10. CONCLUSIONES

- A partir de la clasificación no supervisada se generó un conjunto de clases permitiendo clasificar la zona que fue cubierta por el vuelo fotogramétrico, permitiendo identificar con fluidez la zonificación (zonas en construcción, zonas verdes, zonas de cultivos, zonas de acceso público y zonas vehiculares), para el catastro multipropósito uno de los objetivos es la administración y gestión de las tierras, con una clasificación no supervisada se logra obtener una categorización inicial y objetiva de tal manera que para el administrador catastral se le facilita la toma de decisiones y la distribución de las tierras garantizando una sostenibilidad en el uso de la tierra.
- En el desarrollo del trabajo se identifica una ventaja en tiempo de ejecución cuando se comparan las dos técnicas, la labor realizada con la técnica NTRIP tomo un periodo de 5 horas mientras que el vuelo fotogramétrico fue ejecutado en aprox. 30 minutos, lo anterior se traduce en una disminución en tiempo del 500%.
- Se logro comprobar que la técnica de vuelo fotogramétrico genera una disminución en recurso humano del 33%, lo que se traduce en ahorro de personal permitiendo que se logre ofrecer otros servicios o minimizar los tiempos de entrega del producto solicitado.
- El uso de la base que trasmite coordenadas corregidas en tiempo real (DRTK-2) permitió disminuir el trabajo de oficina ya que no fue necesario realizar postproceso en la georreferenciación, al analizar las diferencias entre la precisión de ambas técnicas (NTRIP y VANT) en promedio hubo diferencias del orden de los 0.25 m, al revisar lo que menciona la resolución 388 del 2020 del IGAC donde se establecen las especificaciones técnicas para los productos de información generados con actualización catastral con un enfoque multipropósito, se concluye que la exactitud cumple con lo requerido a un nivel de

confianza del 95% ya que para una escala con un suelo predominante con un comportamiento urbano lo mínimo que se espera es 0.52 m.

- Luego de realizar la evaluación de las técnicas utilizadas se determina que el uso de vuelos fotogramétricos permite tener mayor cobertura de territorio, generando clasificación no supervisada y empleando un menor tiempo de ejecución de las actividades.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguero Corzo, E., Montilla Pacheco, A., & Valero Segovia, G. (2018). Medición de puntos GPS por el metodo estatico con equipo diferencial. Una experiencia didactica en el Instituto Pedagogico de Maturin. *TED*, 137-153.
- Andrade Pérez, F. W., Acosta Rodriguez, F. E., & Rivera Pernet, N. (2022). *Los gestores catastrales en el marco de la politica de catastro Multiprosito*. Obtenido de repositorio.uniandes.edu.co/: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/59082/ESTUDIO%20DE%20CASO%20GESTORES%20CATASTRALES.pdf?sequence=4>
- Carranza Carranza, A. A., & Reyes Orozco, J. A. (2017). *Analisis e Implementación de diferencial de GPS en tiempo real a traves de la tecnologia NTRIP para EERSA*. Riombamba-Ecuador: Ingeniero en electronica, telecomunicaciones y redes. Tesis de Grado.
- CHCNAV. (2022). *Especificaciones tecnicas I83 IMU RTK GNSS*. Obtenido de CHCNAV GNSS Systems : <https://chcnav.com/es/about-us/news-detail/chc-navigation-presenta-el-receptor-gnss-i83-imu+-+rtk>
- Corredor Daza, J. G. (2015). *Implementacion de modelos de elevacion obtnidos mediante topografia convencional y topografia condrones para el diseño geometrico de una via en rehabilitacion sector Tulua-rio Frio*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7596/CorredorDazaJuanGuillermo2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cortes Buitrago, O. (2021). *Analisis de los servicios de posicionamiento en tiempo real disponibles en Colombia, apliocables al mejoramiento de datos GNSS en proyectos de barrido predial masico*. Bogota: Universidad Distritl Francisco Jose de Caldas, Maestria en Ciencia de la informacion y las comunicaciones, Enfasis en Geomatica.
- dji. (2022). *Geo Zone Map*. Obtenido de FLY SAfe dji: <https://www.dji.com/flysafe/geo-map>
- IGAC. (2020). *Resolucion 388 de 2020*. Bogota: "Por la cual se establecen las especificaciones técnicas para los productos de información generados por los procesos de formación y actualización catastral con enfoque multipropósito.
- Infante, S., Nuñez, K., & Bravo, D. (2018). *Impacto de la infraestructura geodesica como soporte en la actualizacion cartografica con vehiculos aereos no tripulados*. Obtenido de Jornadas de investigacion. Encuentro Academico Industrial : <http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/basicasciencias/CBTI-005.pdf>
- Instituto Geografico Agustin Codazzi . (Octubre de 2021). *Catastro Mulripropósito* . Obtenido de <https://www.igac.gov.co/es/subsitio/politicas>
- Ivars, L. (2011). Obtenido de Cafe Geodesico: <http://cafegeodesico.blogspot.com/2011/10/sobrentrip.html>
- JAVIER IGNACIO PÉREZ BURGOS, S. R. (2018). Catastro como instrumento para el desarrollo territorial. *Revista de Ingenieria*(46). Obtenido de <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/960>
- Lerma Gonzalez, H. D. (2009). *Metodologia de la investigación Propuesta, anteproyecto y proyecto*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Lopez Gonzalez, M. A. (2017). Estudio de precision en la aerotriangulacion de bloques de imagenes obtenidas con UAV. *MAPPING*, 26(185), 42-54. Obtenido de [http://revistamapping.com/wp-content/uploads/2018/03/Revista-MAPPING-185\\_A6.pdf](http://revistamapping.com/wp-content/uploads/2018/03/Revista-MAPPING-185_A6.pdf)

- Mariño Ojeda, J. R. (2019). *Identificación de la importancia de los sistemas de aeronave no tripulada "UAS" para la realización de avalúos rurales*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ingeniería, Especialización en Avalúos.
- Perez Alvarez, J. A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría*. Merida: Centro Universitario de Merida. Universidad de Extremadura. Obtenido de <http://redgeomática.rediris.es/cartoprofesores/Fotogrametría/ApuntesFotogrametría3.pdf>
- Pinilla Vasquez, R. Y. (2020). *Guía Técnica para levantamientos prediales*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Bogotá : <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25581/PinillaVasquezRonaldYesidPinzonMartinHector2020.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Pinzon monroy, E. M. (2019). *Procesamiento de levantamientos topográficos en sector rurales por medio de drone*. Bogotá: Facultad del Medio Ambiente y Recursos naturales. Proyecto curricular de ingeniería topográfica. Tesis de grado.
- Portafolio. (28 de Abril de 2020). *Actualización catastral en 100% para 2025*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economía/actualización-catastral-en-100-para-2025-540343>
- Rios Monroy, A. P., & Puerto Caro, L. N. (2019). *Control Terrestre en el proceso Fotogramétrico usando vehículos aéreos no tripulados con fines cartográficos en el municipio de Combita*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Catastral y Geodesia.
- Roger González Herrera, J. P. (2019). Drones. Aplicaciones en ingeniería civil y geociencias. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 44, 326-331. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7011689>
- Slidescarnival. (2023). *Colorful Stats Slides Theme*. Obtenido de Free PowerPoint Template & Google Slides Theme: <https://www.slidescarnival.com/free-quince-presentation-template/584>
- Sola Ronderos, J. C., & Matiz Moreno, G. (2020). *Conservación dinámica catastral con el uso de drones -VANT en el municipio de Bojaca*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ingeniería, Especialización en Avalúos.
- Sola Ronderos, J. C., & Matiz Moreno, G. (2020). *Conservación Dinámica catastral con el uso de Drones-VANT en el municipio de Bojaca*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ingeniería, Especialización en Avalúos .
- Soto Marquez, E. (2016). Elaboración de una restitución catastral utilizando vehículos aéreos no tripulados. *Revista de Geografía*, 33(3). Obtenido de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229303/0>
- Trimble Inc. (Enero de 2023). *Configuración*. Obtenido de GNSS PLANNING: <https://www.gnssplanning.com/#/settings>
- Universidad de Lima. (15 de Julio de 2020). *Importancia del Catastro en un mundo superpoblado*. Obtenido de Ingeniería Civil: <https://www.ulima.edu.pe/pregrado/ingenieria-civil/noticias/importancia-del-catastro-en-un-mundo-superpoblado>
- Valle Avanza. (2022). *Geoportal Departamental*. Obtenido de Visor geográfico Valle Avanza : <https://geoportal.valleavanza.com/>