

**Análisis de precisión del procesamiento fotogramétrico con drones y su comparativa con la topografía tradicional aplicado en la obra en construcción TECNOACADEMIA SENA,**

**TUQUERRES NARIÑO**

**Andrés Libardo Riascos Pinchao, Albeiro Javier Escobar Montenegro,**

**Cristian Santiago Riascos Rosero, Cristian Danilo Guerrero Moreno**

**Trabajo investigativo para optar el título de Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción**

**Director**

**Robert Gutiérrez Ortiz**

**Especialista Tecnológico en Seguridad Industrial/Sistemas de Trazabilidad para la**

**Industria de Alimentos**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción**

**2025**

### **Agradecimientos**

A Dios por darnos la vida y la oportunidad de obtener más conocimientos para poder llevarlos a cabo en la experiencia laboral, obteniendo así el crecimiento y satisfacción de cumplir los sueños y ser unos buenos profesionales. A nuestros padres, por su esfuerzo, compañía, dedicación y siempre creer en la capacidad que tenemos para realizar todos nuestros propósitos.

A todas y cada una de las personas que hicieron parte de este proceso y que de alguna u otra forma nos apoyaron y confiaron en que se podía llevar a cabo el desarrollo de este proceso educativo.

## Contenido

1.1	Objetivos .....	18
1.1.1	Objetivo general .....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
2.	Marco referencial .....	19
2.1	Marco conceptual .....	19
2.1.1	Levantamiento topográfico .....	19
2.1.2	Planimetría .....	19
2.1.3	Altimetría .....	20
2.1.4	Levantamiento tradicional.....	20
2.1.5	Levantamiento con Drones .....	21
2.1.6	Pix4D mapper .....	22
2.1.7	AutoCAD .....	22
2.1.8	Recap pro .....	23
2.1.9	ArcGIS .....	23
2.1.10	Global mapper.....	24
2.1.11	Google earth pro.....	24
2.1.12	Concoord .....	24
2.2	Marco teórico .....	25
2.3	Marco legal.....	26

2.4	Antecedentes y estados del arte.....	27
2.4.1	Antecedentes internacionales .....	27
2.4.2	Antecedentes nacionales.....	29
3.	Método - fases y actividades específicas del proyecto .....	30
3.1	Fase I: identificación de herramientas del vehículo aéreo .....	30
3.2	Fase II: recolección de información base .....	31
3.3	Fase III: análisis y comparación de los resultados obtenidos.....	32
4.	Resultados .....	33
4.1	Localización y ubicación del proyecto.....	33
4.2.	Procedimiento .....	36
4.3	Proceso de fotográfico .....	42
	<i>4.3.1 Proceso Inicial</i> .....	43
	<i>4.3.2 Proceso Nube de Puntos y Malla</i> .....	43
	<i>4.3.3 Proceso MDS, orto mosaico e índices</i> .....	47
4.4	Realización de planimetría en AutoCAD .....	51
4.5	Comparación entre fotointerpretación y planos récord.....	54
	4.6 Comparación entre orto mosaico y planos topográficos.....	56
5.	Conclusiones .....	62
	Referencias .....	64

**Lista de tablas**

**Tabla 1.** *Comparación topografía tradicional con topografía con dron..... 71*

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Levantamiento topográfico con Drones</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> <i>Ficha predial del IGAC, que contiene información cartografía del predio en estudio</i> 30	
<b>Figura 3.</b> <i>Localización de Colombia</i> .....	34
<b>Figura 4.</b> <i>Localización de Departamento de Nariño</i> .....	35
<b>Figura 5.</b> <i>Localización del municipio de Tuquerres - Nariño</i> .....	35
<b>Figura 6.</b> <i>Localización y Ubicación de lote a Intervenir en el Análisis.</i> .....	36
<b>Figura 7</b> <i>UNA grilla de plan de vuelo</i> .....	39
<b>Figura 8.</b> <i>Muestra fotográfica del proyecto</i> .....	39
<b>Figura 9.</b> <i>Creación del proyecto en pix4d</i> .....	40
<b>Figura 10.</b> <i>Cargue de fotografías en pix4d</i> .....	38
<b>Figura 11.</b> <i>Características en pix4d de la información cargada</i> .....	38
<b>Figura 12.</b> <i>Selección de proceso a realizar en pix4d</i> .....	42
<b>Figura 13.</b> <i>Grillas cargadas en pix4d</i> .....	42
<b>Figura 14.</b> <i>barras de procesamiento</i> .....	43
<b>Figura 15.</b> <i>Configuración de paso 1 procesamiento en pix4d</i> .....	44
<b>Figura 16.</b> <i>Configuración paso 2 procesamiento en pix4d</i> .....	45
<b>Figura 17.</b> <i>Configuración paso 2 procesamiento en pix4d</i> .....	45
<b>Figura 18.</b> <i>Resultado general visual de paso 2</i> .....	46
<b>Figura 19.</b> <i>Resultado visual con la activación de nube de puntos</i> .....	47
<b>Figura 20.</b> <i>Resultado visual con la activación de malla de triángulos</i> .....	47
<b>Figura 21.</b> <i>Configuración para paso 3, MDS, ortomosaico en pix4d</i> .....	48
<b>Figura 22.</b> <i>Modelo original en ReCap pro</i> .....	52

<b>Figura 23.</b> <i>Modelo final en ReCap pro</i> .....	52
<b>Figura 24.</b> <i>Fotointerpretación en Autocad</i> .....	53
<b>Figura 25.</b> <i>Planimetría por áreas de resultado</i> .....	54
<b>Figura 26.</b> <i>Modelos a comparar en planimetría – con dron</i> .....	54
<b>Figura 27.</b> <i>Modelos a comparar en planimetría – topografía tradicional</i> .....	55
<b>Figura 28.</b> <i>Comparaciones acotadas</i> .....	55
<b>Figura 29.</b> <i>Comparación por sobreposición</i> .....	57
<b>Figura 30.</b> <i>Sobreposición de ortofoto con planos topográficos</i> .....	58
<b>Figura 31.</b> <i>Sobreposición y verificación de perímetro de bloques en aulas</i> .....	59
<b>Figura 32.</b> <i>Verificación de rejillas de piso y formas de diseño exterior</i> .....	59
<b>Figura 33.</b> <i>Comparación grafica del lote-área</i> .....	61
<b>Figura 34.</b> <i>Comparación grafica del lote-curvas de nivel</i> .....	62

**Lista de apéndices**

<b>Apéndice A.</b> <i>Informe técnico topografía 2020</i> .....	70
<b>Apéndice B.</b> <i>Informe de reporte ortomosaico</i> .....	190

## Resumen

La tecnología actual está experimentando avances significativos que están transformando diversos aspectos de nuestra vida cotidiana, la topografía y la tecnología han avanzado de manera significativa en la actualidad, permitiendo una mayor precisión, eficiencia y automatización en la captura y análisis de datos geoespaciales. La topografía es el tema más significativo para realizar análisis para intervenir con exactitud a las tareas de la ingeniería y arquitectura obteniendo un avance en la infraestructura como se ha venido realizando durante la historia de la construcción a nivel mundial. La historia de la topografía, siendo la ciencia que estudia la representación gráfica de la superficie terrestre, incluyendo sus formas y características, ha evolucionado significativamente con el desarrollo de nuevas tecnologías. Así es como, desde los tiempos antiguos, se usaban métodos rudimentarios de topografía para medir terrenos; se empleaban cuerdas y reglas, hasta llegar al uso de tecnología avanzada con satélites y drones, lo que ha mejorado significativamente la precisión y la eficiencia en la medición del terreno. Para este trabajo, el objetivo principal es realizar un análisis de precisión del procesamiento fotogramétrico con drones y su comparación con la topografía tradicional, aplicado a la obra en construcción “TECNOACADEMIA SENA, TUQUERRES NARIÑO”, en el cual se comparan ambos sistemas, evaluando cuál resulta más preciso y eficiente para el desarrollo de proyectos que requieren mediciones detalladas, en este caso, la construcción en desarrollo de la TECNOACADEMIA DEL SENA en Túquerres Nariño. Además, se analiza la eficacia de la combinación de ambos métodos, lo cual puede garantizar mejores resultados en la realización de estudios topográficos.

*Palabras clave: Topografía, Drones, levantamiento tradicional, precisión*

### **Abstract**

Current technology is undergoing significant advancements that are transforming various aspects of our daily lives. Surveying and technology have advanced significantly in recent times, enabling greater accuracy, efficiency, and automation in the capture and analysis of geospatial data. Surveying is the most significant discipline for carrying out accurate analyses to support engineering and architectural tasks contributing to infrastructure development, as has been the case throughout the history of construction worldwide. The history of surveying, as the science that studies the graphical representation of the Earth's surface, including its shapes and features, has evolved significantly with the development of new technologies. This is how, since ancient times, rudimentary surveying methods were used to measure land; ropes and rulers were employed, eventually leading to the use of advanced technology such as satellites and drones, which has significantly improved the accuracy and efficiency of land measurement. For this project, the main objective is to conduct a precision analysis of photogrammetric processing using drones and to compare it with traditional surveying, applied to the construction project “TECNOACADEMIA SENA, TUQUERRES NARIÑO”, in which both systems are compared to evaluate which one proves to be more accurate and efficient for the development of projects that require detailed measurements, in this case, the ongoing construction of the TECNOACADEMIA DEL SENA in Túquerres, Nariño. Additionally, the effectiveness of combining both methods is analyzed, as this approach may ensure better results in conducting topographic surveying.

*Keywords: Surveying, Drones, Traditional Surveying, Precision*

## Glosario

*Arquitectura:* La arquitectura es el arte y la técnica de concebir, diseñar y construir edificaciones y hábitats para las personas, tales como viviendas y espacios conmemorativos, de trabajo o de recreación. Se basa en tres principios fundamentales: belleza, firmeza y funcionalidad. (Concepto).

*Fotogrametría:* La fotogrametría es la técnica cuyo fin es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto. (Bonneval). (Centro Nacional de Información Geográfica)

*Interventoría:* La interventoría consiste en el seguimiento técnico que sobre el cumplimiento del contrato realice una persona natural o jurídica contratada para tal fin por la Entidad Estatal, cuando el seguimiento del contrato suponga conocimiento especializado en la materia, o cuando la complejidad o la extensión del mismo lo justifiquen. (Manual de Supervisión e Interventoría).

*Magna-Sirgas:* sistema de geodésico usado en la región de Colombia-Bogotá.

*MDE:* modelos de elevación digital, un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar

*Nubes de puntos 3D:* La nube de puntos es como un gran “montón” de puntos georreferenciados, capaz de recrear áreas y estructuras. Estos puntos se obtienen mediante mapeo con drones y procesamiento de imágenes. A través de él es posible levantar diversa información como profundidad, elevación, geometría y ubicación. (mappa.ag)

*Obras Civiles:* Una obra civil es cualquier tipo de construcción que tiene por objeto mejorar la infraestructura de una comunidad, como la construcción de carreteras, puentes,

túneles, presas, aeropuertos, entre otros. (H.Otero,L.S).

*Ortofoto:* es una representación visual de un área detallada de la superficie terrestre, que se logra a través de una proyección ortogonal. La proyección posibilita corregir las distorsiones planimétricas que se ocasionan por la inclinación de la cámara, así como los cambios en el relieve; al ejecutar un proceso correcto, se logran mosaicos de calidad alta para todo tipo de plano (Geocom, 2022).

*Planeación:* decisión o planteamiento de lo que se pretende ejecutar, incluyendo las estrategias que facilitan lograr una meta trazada, esta planeación presenta algunos pasos esenciales, como, análisis de la situación problema, descripción de los objetivos, definición de la metodología, procedimientos y demás actividades que ejecutadas logran cumplir la meta establecida (Orozco, 2023).

## Introducción

La Topografía como base principal de la medición y representación gráfica, de la que se ha venido trabajando durante la historia para dar forma, ejecución e inicio de los métodos constructivos que se desarrollan en la infraestructura general y que a medida que ha pasado el tiempo se ha desarrollado un avance tecnológico, con el propósito de tener más facilidad de conseguir la información necesaria y precisa para el desarrollo de la construcción en general.

En este documento lo que se plantea es realizar un proceso y comparar los métodos realizados en el levantamiento topográfico realizados en el sector a intervenir en este caso la TECNOACADEMIA DEL SENA TUQUERRES NARIÑO, mirando así que garantías tiene cada método utilizado en este caso el levantamiento topográfico tradicional “Estación Total” y el método de DRONES mediante lo aprendido durante el proceso de aprendizaje en este diplomado en Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría básica en Pix4d y ArcGIS, teniendo cada uno su proceso de ejecución a medida que se vaya desarrollando las actividades.

Inicialmente se tendrá en cuenta la topografía inicial del lote y se realiza el reconocimiento topográfico en linderos como en espacio interno del lote, comparando las medidas presentadas por la topografía tradicional y el levantamiento con drones, y los dibujos plasmados en AutoCAD DWG verificando así que tanta diferencia hay entre las dos muestras.

Adicionalmente se hace el análisis de la topografía como tal, teniendo en cuenta la topografía tradicional con estación total y el levantamiento con drones, realizando así el análisis comparativo planteado y comprobar cuál de los dos métodos es más garantizado para realizar este tipo de actividades, como también garantizar que herramienta es más efectiva tanto en eficiencia, rapidez, económica que ayuden y faciliten los procesos para este tipo de trabajos en la construcción, tanto para, contratistas e interventores de obras públicas y privadas; también

garantizar que la supervisión y la interventoría tengan más facilidades de controlar, evaluar y mejorar la precisión a la hora de revisar los trabajos y asegurando la efectividad de los proyectos relacionados con la infraestructura.

Para lo anterior es importante realizar el seguimiento de todas las actividades y seguir paso a paso los recursos dictados durante el proceso de aprendizaje en el diplomado, utilizando las herramientas brindadas como por ejemplo los programas a utilizar, en este caso primero se tiene en cuenta el área a intervenir, luego de tener claro el lote se sigue con el proceso de fotogrametría con drones, realizando el análisis del tiempo para la fecha programada con la aplicación METAR donde podremos observar las garantías que tiene el clima para poder realizar el vuelo; después se hace el análisis con el programa PIX4D ENTERPRISE, siguiendo el procedimiento para el levantamiento en 3d y obtener así la NUBE DE PUNTOS Y ORTOMOSAICO, para realizar el análisis de precisión de alturas, longitudes, dimensiones, etc.

Se utilizando las herramientas como en este caso el más cercano y accesible el programa AUTOCAD – DWG; es necesario también seguir con el proceso y obtener más información precisa con la ayuda de las aplicaciones o software como lo es RECAP PRO, el cual ayuda a complementar el modelado 3d obtenido de la fotogrametría, para terminar con el proceso se sigue con la implementación de los software como lo es GOOGLE EARTHA para localización, GLOBAL MAPPER para modelar y verificar alturas de terreno con respecto al nivel del mar, también es importante plasmar información en ARCGIS donde se puede integrar datos geográficos y así optimizar el uso de información basadas en el espacio.

Con lo anterior se realiza el análisis y el objetivo planteado para determinar qué tan preciso y útiles son los métodos utilizados para el levantamiento topográfico y que tan necesario son; es muy importante destacar que no se pretende promocional algún método del que estamos

analizando sino que lo requerido es al método tradicional complementarlo con la tecnología avanzada para que ayude agilizar y a economizar recursos, garantizando también la precisión de los estudios y análisis para este tipo de trabajos.

### **Justificación**

La topografía es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios. (Jack Mc Cormac, 2006).

La topografía es una disciplina clave en la ingeniería, la arquitectura y el diseño urbano. Su objetivo principal es estudiar y representar gráficamente las características de un terreno, tanto en su extensión horizontal como en su altitud.

Gracias a herramientas y técnicas avanzadas, permite trazar planos precisos y realizar levantamientos que son esenciales para garantizar la exactitud de proyectos como carreteras, edificios o puentes.

Esta ciencia no solo apoya la planificación, sino que también contribuye al éxito de la ejecución y supervisión de obras de infraestructura.

Esto resulta fundamental en proyectos de construcción, permitiendo analizar las condiciones del lugar antes de iniciar cualquier obra. Además, es una herramienta crucial para diseñar estructuras seguras y optimizar el uso del espacio. Por ejemplo, en urbanismo, se utiliza para planificar calles, acueductos y redes de energía.

El uso de la topografía es amplio y diverso. En la construcción, se emplea para realizar levantamientos topográficos antes de excavar, diseñar cimientos y establecer niveles.

En agricultura, facilita la planificación de sistemas de riego y drenaje. Por su parte, en la minería, ayuda a identificar reservas minerales y diseñar rutas de acceso. Asimismo, en el ámbito

ambiental, contribuye a estudiar el impacto de las actividades humanas en el paisaje natural.

Estas aplicaciones subrayan su importancia como herramienta interdisciplinaria. (Universidad Galileo – Topografía)

Teniendo en cuenta el concepto anterior de topografía, la presente monografía busca realizar un análisis de precisión del procesamiento fotogramétrico con drones y la comparativa con la topografía tradicional, empleando todos los conocimientos obtenidos durante el proceso de aprendizaje de este diplomado, permitiendo de esta forma obtener resultados que garanticen facilidad a la hora de planificar un proyecto de cualquier tipo de infraestructura y verificar también, que la tecnología hace parte y es de vital importancia para la ejecución de este tipo de actividades como lo es la topografía; cabe resaltar también que es de importancia entender que los dos métodos son compatibles y se complementa para realizar este tipo de trabajos.

**1. Análisis de precisión del procesamiento fotogramétrico con drones y su comparativa con la topografía tradicional aplicado en la obra en construcción TECNOACADEMIA SENA, TUQUERRES NARIÑO.**

**1.1 Objetivos**

**1.1.1 Objetivo general**

Realizar un análisis de precisión del procesamiento fotogramétrico con drones y su comparativa con la topografía tradicional aplicado en la obra en construcción “TECNOACADEMIA SENA, TUQUERRES NARIÑO”.

**1.1.2 Objetivos específicos**

Realizar un levantamiento topográfico con tecnología de Drones, que nos permita realizar un comparativo con un levantamiento tradicional realizado con antelación al predio objeto de estudio.

Analizar la precisión de los levantamientos tradicionales y la realizada con la disciplina de la Fotogrametría con la tecnología de Drones, teniendo como referente la documentación legal del predio.

Comparar las metodologías aplicadas para determinar cuál alternativa o metodología de trabajo resulta ser más eficiente, al momento de realizar un levantamiento topográfico como el caso de estudio. Teniendo en cuenta que para la Interventoría y Supervisión de la construcción es importante obtener datos de precisos de las dimensiones de los predios para su intervención con obras civiles.

## 2. Marco referencial

### 2.1 Marco conceptual

#### 2.1.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es un análisis técnico y detallado de un área o zona, el cual se encarga de investigar la superficie terrestre considerando las propiedades físicas, geográficas y geológicas, así como sus cambios y modificaciones. Esta recopilación de información muestra con precisión los datos necesarios para una intervención, actuando como herramienta de planificación para estructuras y construcciones (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2022).

Se encuentran varios tipos de levantamiento en un terreno, a saber: levantamientos topográficos urbanos, levantamientos topográficos catastrales, levantamientos topográficos de obra, levantamientos topográficos hidrográficos, levantamientos topográficos forestales (IGAC, 2022).

#### 2.1.2 Planimetría

La planimetría se refiere a una herramienta centrada en la medición y escritura de una parte de la superficie de la tierra sobre un plano. Puede ser considerada como una sección de la topografía enfocada en el análisis de los procedimientos empleados para conseguir representar las características de un terreno en una superficie plana (Que es Planimetría, 2020).

Por su parte, en la arquitectura se centra en la elaboración de los diseños de plantas, secciones y fachadas, los cuales son fundamentales para una correcta organización y circulación.

Esta técnica puede ser complementada con diseños que incluyan especificaciones, estructuras e instalaciones interiores. Además, el análisis exhaustivo del diseño arquitectónico

ofrece una perspectiva interesante para descubrir innovaciones y mejoras que permitan crear espacios más eficientes y adecuados a las necesidades tanto del proyecto como de sus usuarios (Que es Planimetría, 2020).

### ***2.1.3 Altimetría***

La altimetría está compuesta por métodos que proyectan los puntos sobre la superficie terrestre en el plano vertical, esto a través de un proceso llamado nivelación y que principalmente se utiliza para calcular las disparidades de altura (distancia vertical) entre los puntos de la tierra (Mejía et al., 2007).

### ***2.1.4 Levantamiento tradicional***

Un levantamiento tradicional implica describir un área desde la perspectiva topográfica a partir del uso de herramientas especializadas con las que el topógrafo examina detalladamente la superficie del terreno y recopila información, generalmente esto es ejecutado utilizando un teodolito o una estación total. Con los datos recaudados en el mapeo topográfico se generan mapas o planos detallados de una ubicación, describiendo especialmente las características del terreno como por ejemplo las elevaciones o variaciones de altura (Pymet, s. f.).

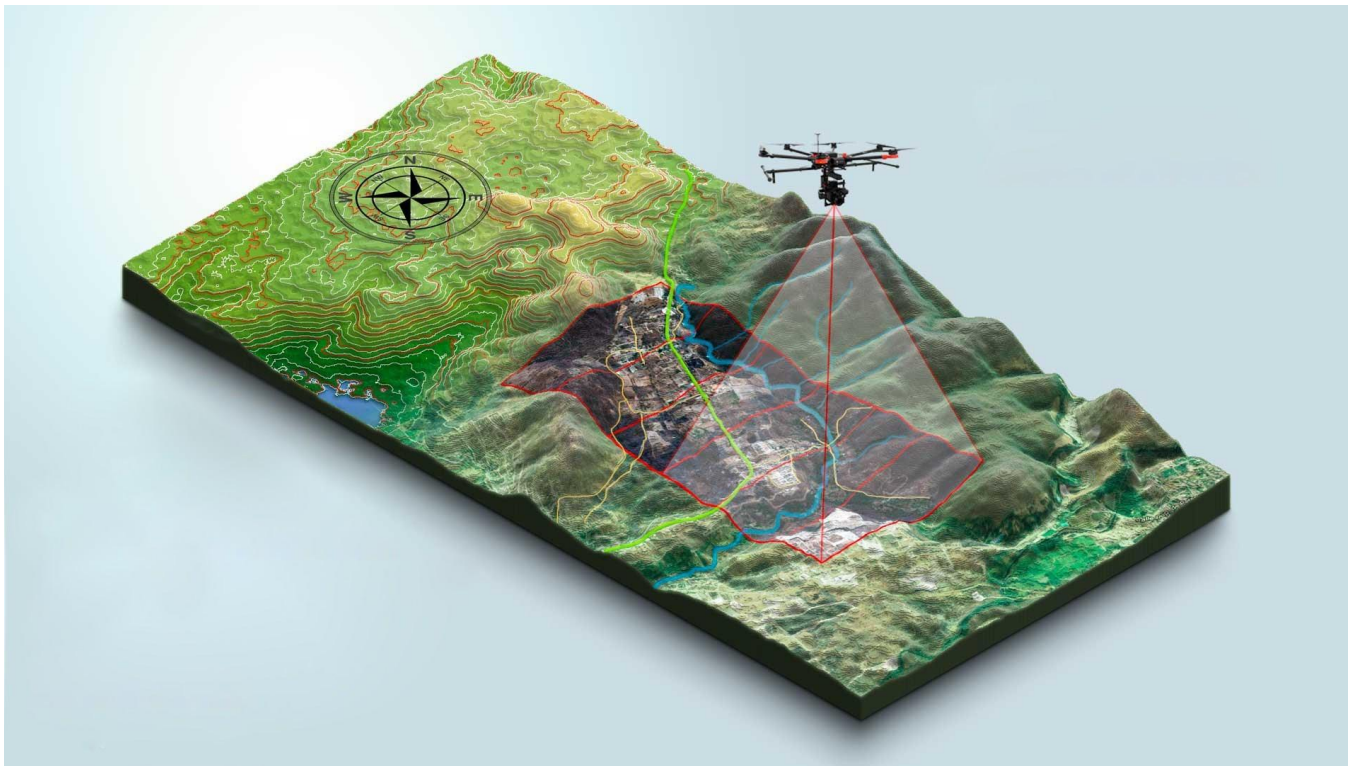
Con esta técnica se busca principalmente establecer la ubicación del terreno entre dos puntos en un plano horizontal. Aquí es cuando entra en actividad la planimetría, la cual es definida como el procedimiento de representar a escala un terreno en un plano. Por tanto, en esta etapa se excluyen aspectos como la altitud y el relieve del terreno Después y siguiendo el plano horizontal, se lleva a cabo el procedimiento de nivelación directa para calcular la elevación del terreno entre varios puntos. En este proceso, se comienza desde un punto en el que la altura es conocida para proceder con la medición de la altura vertical del terreno, lo que permite establecer las altitudes o

identificar diferentes puntos o coordenadas (Pymet, s. f.).

### ***2.1.5 Levantamiento con Drones***

El uso de Drones para levantamiento topográfico se fundamenta en la captura de imágenes áreas mediante el uso de sensores orientados hacia abajo, empleando herramientas como las cámaras RGB o multispectrales y sensores LIDAR. Durante esta operación, el suelo es fotografiado varias veces desde diferentes ángulos haciendo referencia a cada imagen con sus respectivas coordenadas (Wingtra, 2019).

**Figura 1.** *Levantamiento topográfico con Drones*



Tomado de (ARQUUDRON.COM).

A partir de la información recolectada, un *software de fotogrametría* puede generar mosaicos georreferenciadas, modelos de relieve o modelos tridimensionales del área del proyecto.

Estos mapas también se pueden ser empleados para obtener datos como distancias de

gran exactitud o mediciones de volumen. En comparación con los aviones tradicionalmente tripulados y las imágenes satelitales, esta tecnología se encuentra diseñada para volar a una altitud mucho menor que las tecnologías actuales, lo que permite que la generación de datos de alta resolución y precisión tengan una optimización en cuanto a tiempo, costos y a las condiciones atmosféricas como la cobertura de nubes (Wingtra, 2019).

### ***2.1.6 Pix4D mapper***

Esta tecnología permite efectuar una categorización automática de la nube de puntos, además de equilibrar y suavizar superficies digitales. Su exactitud puede calcular tres dimensiones e incluso determinar el volumen, la distancia y la altitud realizando inspecciones y anotaciones en la propia nube de puntos. Finalmente posibilita compartir las anotaciones y proyectos ejecutados para que el proyecto sea supervisado en tiempo real (ACRE, s. f.).

### ***2.1.7 AutoCAD***

Es un software de diseño asistido por ordenador que emplea dibujos en dos dimensiones y modelado en tres dimensiones. La compañía Autodesk bautiza al software con el nombre de AutoCAD debido a que Auto hace alusión a la compañía y CAD al diseño asistido por ordenador (por sus iniciales en inglés Computer-Aided Design). El software es reconocido a nivel global por su amplia capacidad de edición, al hacer posible el gráfico de planos de edificios, maquinaria, entre otras especificaciones de forma digital (¿Qué es AutoCAD y cuáles son sus características principales?, 2022).

Actualmente es uno de los programas con más uso por arquitectos, ingenieros,

diseñadores industriales y otros profesionales que lo emplean en sus proyectos diarios. Además de las funciones mencionadas, AutoCAD es un software que brinda interfaces de programación de aplicaciones (API), la cual puede ser empleada para determinar las gráficas y las bases de datos (¿Qué es AutoCAD y cuáles son sus características principales?, 2022).

### **2.1.8 Recap pro**

De acuerdo con Autodesk (s. f.), el software informático ReCap Pro ayuda a diseñadores e ingenieros a capturar modelos detallados de alta calidad de elementos reales. Con ReCap Pro, se podrá ejecutar lo siguiente:

Conocer y verificar las condiciones existentes y los elementos de acuerdo con la obra para obtener información y tomar decisiones más acertadas.

Proporcionar una nube de puntos o una malla para impulsar procesos de BIM (Modelo de información para la construcción, Building Information Modeling, por sus siglas en inglés) y colaborar entre equipos en un contexto real.

Llevar a cabo obras de topografía, planificación, construcción y renovación de edificios e infraestructuras.

### **2.1.9 ArcGIS**

El sistema ArcGIS permite reunir, estructurar, dirigir, analizar, compartir y distribuir datos geográficos. Es empleado por múltiples personas a nivel mundial que se benefician de su conocimiento geográfico para diferentes intereses, dentro de sus beneficiarios se encuentra el gobierno, empresas, la ciencia, la educación y diferentes medios. Este sistema se encuentra a la mano de sus usuarios a través de navegadores como la Web, dispositivos móviles y diferentes

equipos de escritorio (Resources, s. f.).

### ***2.1.10 Global mapper***

Global Mapper es una aplicación de sistema de información geoespacial (SIG) potente y accesible que mezcla una amplia variedad de soluciones de software para el procesamiento de datos espaciales y ofrece acceso a una variedad de formatos utilizados en el campo del diseño asistido por computadora (CAD), SIG y la ingeniería (Geoilenergy, s. f.).

### ***2.1.11 Google earth pro***

Google Earth es un sistema de recolección de datos geográficos que a partir de un globo terráqueo virtual permite observar múltiples cartografías, basadas en imágenes satelitales.

Además de esto, Google Earth permite la creación de entidades de puntos, líneas y polígonos que tienen la capacidad de crear mapas. Este mapa se conforma mediante la superposición de imágenes captadas por satélites, fotografías tomadas desde el aire, datos geográficos provenientes de sistemas de información geográficas a nivel mundial y modelos generados por computadoras. Este programa cuenta con diversas licencias, siendo la versión gratuita la más utilizada y accesible para todo tipo de dispositivos tecnológicos como tabletas y computadoras personales (Rodao, 2021).

### ***2.1.12 Concoord***

Esta herramienta se encuentra diseñada para facilitar la conversión y la transformación de coordenadas con el objetivo de ayudar a las personas que deseen realizar todo tipo de conversión

y transformación de coordenadas del antiguo sistema de referencia “Internacional de Bogotá” al nuevo sistema de referencia “Magna-Sirgas” el cual ha sido establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (CONCOORD - Conversión y Transformación Coordenadas - Información general, 2016).

## **2.2 Marco teórico**

En la presente monografía, se realiza un comparativo sobre un levantamiento topográfico realizado tradicionalmente por un topógrafo a una obra en ejecución implantada y un lote perteneciente al SENA en el municipio de Tuquerres Nariño, proyecto denominado “Construcción de la Segunda etapa de la Tecno academia Sena Tuquerres Nariño” Y el levantamiento realizado mediante tecnología Dron, comparando así las dos técnicas planteadas en este documento.

Para este caso particular fue tomado como marco de referencia el “Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones”. En este estudio se efectúa un levantamiento topográfico utilizando dos métodos diferentes para posteriormente ser comparados entre sí para determinar cuál de ellos ofrece una mayor precisión en las mediciones de un terreno. La precisión o rendimiento fue evaluado con base al error derivado en las mediciones del levantamiento topográfico en comparación con las medidas trazadas en el plano. Los métodos utilizados para el levantamiento topográfico fueron, nivel topográfico y Dron.

Se toma como base este proyecto, debido a que este representa un avance tecnológico que revoluciona la manera en que se realizan los levantamientos topográficos. Sin embargo, con los avances tecnológicos, se introdujo el teodolito y, finalmente, la estación total. Ahora, gracias a

este trabajo, se abre un nuevo camino para realizar levantamientos topográficos de manera más eficiente y precisa.

Durante la ejecución del proyecto en mención, los autores optaron por la medición de una geometría tradicional obteniendo mediciones sobre un campo de futbol de una universidad mexicana. Luego del levantamiento a partir de cuatro métodos diferentes, los autores evidenciaron que el método tradicional por cinta demanda mucho tiempo y además de esto, es necesaria la ayuda de por lo menos dos personas para la ejecución del levantamiento de la información. Por su parte, para el levantamiento por estación total es necesario contar con la tecnología para su ejecución, asimismo, esta debe estar calibrada cada cierto tiempo y es necesario contar con dos personas para su ejecución.

Finalmente, el estudio concluye en que la tecnología de Drones tiene diversas ventajas en relación con el tiempo del levantamiento, además de esto, esta tecnología solo demanda de una persona para la manipulación y programación del Drones, una de las desventajas de esta tecnología, hace referencia a que es necesario contar con una inversión económica para la adquisición del Drones y un software que sea capaz de ejecutar las tareas que se le asignan.

### **2.3 Marco legal**

Ley 1341 de 2009: sobre sociedad de la información y la disposición de las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones), se precisan conceptos y principios, se establece la Agencia Nacional de Espectro y se anuncian otras normativas (Congreso de Colombia,2009).

Ley 1476 de 2011: normativa por la cual se establecen responsabilidades administrativas por daño o pérdida de patrimonio o bienes concernientes al ministro de Defensa Nacional,

organismos vinculados o la Fuerza Pública; en busca de reglamentar las medidas indispensables para garantizar la seguridad y adecuado uso de los recursos y activos de dichas organizaciones (Congreso de Colombia, 2011).

Resolución número 01594 de 2018: ha sido expedida con la intención de adoptar e integrar los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, con el precepto designado RAC 91 (Reglas Generales de Vuelo y de Operación) (Unidades Administrativas Especiales, 2018).

Resolución 04201 de 2018: sobre la adición de la ordenanza en la norma RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia referidas con la operación de sistemas aeronavales no tripuladas UAS, y se nombra apéndice 13 así como el acogimiento de otras disposiciones (Ministerio de Transporte, 2018).

Ley 1978 de 2019: mediante la cual se renueva el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) además de fijar obligaciones, implantar un organismo regulador único y la ordenanza de otras medidas (Congreso de Colombia, 2019).

Decreto 1064 de 2020: respecto al cambio de la estructura del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se pone en circulación el Decreto 1064 de 2020 por la Republica de Colombia, evidenciándose en la página. Así como la visibilidad del Decreto 1065 de 2020, teniendo como finalidad cambiar la planta de personal que hace parte del Ministerio de las TIC (presidente de la República de Colombia,2020).

## **2.4 Antecedentes y estados del arte**

### ***2.4.1 Antecedentes internacionales***

**2.4.1.1 Modelo 1.** Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos (Jiménez

Calero et al., 2019).

Esta investigación tiene como objetivo verificar los resultados de las mediciones obtenidas de manera directa mediante el uso de una Estación Total, el cual es considerado como un instrumento de alta precisión. Además, se compararán estas mediciones con las obtenidas a partir de fotografías aéreas tomadas con un Dron, así como con las mediciones obtenidas mediante el sistema de GPS, el cual es un sistema de navegación por satélite de alcance global.

Dentro de los principales resultados, el estudio identifica en el análisis de costos y tiempos, que el sistema convencional es el menos eficiente, demanda altos costos, mano de obra y es sensible en cuanto a la accesibilidad del área de estudio, generando riesgos laborales en el levantamiento de la información. Por su parte, el uso del Drones disminuye el tiempo en el trabajo de campo permitiendo lograr resultados verídicos y comparables con otros instrumentos convencionales.

**2.4.1.2 Modelo 2.** “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional” (Hilario Tacca, 2020).

Este estudio fue desarrollado en la obra “Construcción de la Vía Costa Verde, Tramo Callao KM 0+000 al KM 4+987.26”, situado en la Provincia Constitucional del Callao, en la Ciudad de Lima, ubicado en la costa central del país, a orillas del Océano Pacífico. Los investigadores plantearon ejecutar la digitalización y vectorización de fotografías de las formas del terreno, adquiridas mediante una cámara aérea instalada en un UAV (Unmanned aerial vehicle) y DRONE.

El meta primordial de la investigación radica en verificar los resultados de mediciones obtenidas directamente con una estación total, el cual es un equipo catalogado como un instrumento de alta precisión. También se compararon estas mediciones con las obtenidas a partir de fotografías aéreas tomadas con un Drones (UAV), empleando un software especializado en el tema, con el fin de evaluar la precisión adecuada. A partir de este procesamiento se logró obtener el modelo virtual y se comparó el tiempo requerido en cada una de las modalidades de trabajo, con el objetivo de determinar la forma más adecuada de llevar a cabo el estudio.

La conclusión permite determinar con un 95% de confianza que tanto la estación total como el procesamiento de las aerofotos logradas con el Drones (UAV) presentan un nivel de precisión, costo y tiempo similares en cuanto a los resultados de las mediciones ejecutadas. Por su parte, el uso de Drones ha permitido obtener un modelamiento en el Pix4D de manera más rápida en comparación con la estación total. Además, no se requiere de personal en campo para su ejecución. No obstante, en la etapa de gabinete, el tiempo necesario para el procesamiento y obtención del modelamiento de los datos conseguidos con la estación total es considerablemente mayor.

Como conclusión general, se puede establecer que se ha obtenido un nivel de confianza estadísticamente del 95% al comparar los resultados obtenidos mediante el método directo de toma de datos con la estación total, y el método indirecto de obtención de información gráfica utilizando el Drone DJI y el software Pix4D Mapper.

#### ***2.4.2 Antecedentes nacionales***

**2.4.2.1 Modelo 1.** El dron método de levantamiento topográfico más eficaz para el municipio de Villanueva departamento del Casanare Colombia” (Carrillo Ramírez, 2021).

El estudio busca determinar a través de las comparaciones de los diferentes métodos de levantamiento (cinta métrica, estación, nivel y Dron), siendo el más viable para los

levantamientos del municipio de Villanueva.

En la evaluación de las tecnologías el estudio obtuvo resultados muy similares. Sin embargo, se pudo evidenciar que el método del nivel es el más lento y genera un mayor margen de error en los datos obtenidos. Por otro lado, el uso de un Dron resultó ser el método más rápido y preciso para recopilar información, con menos errores y mayor confiabilidad. Por lo tanto, se concluye que el método de levantamiento mediante Dron es el más confiable y óptimo.

### **3. Método - fases y actividades específicas del proyecto**

En la metodología presente para el alcance de los objetivos planteados, se realizó un proceso de investigación en tres fases la cuales son:

Planificación y ejecución del vuelo sobre el predio de propiedad del SENA en el Municipio de Tuquerres Nariño para el levantamiento topográfico con Dron, conociendo esto como la fase de campo.

Recolección de información base y los levantamientos tradicionales existentes, los cuales fueron facilitados por el contratista y topógrafo de la obra en construcción.

Análisis y comparación de los resultados obtenidos de forma tradicional y con Dron a partir de los documentos bases, para de esta forma obtener las conclusiones.

#### **3.1 Fase I: identificación de herramientas del vehículo aéreo**

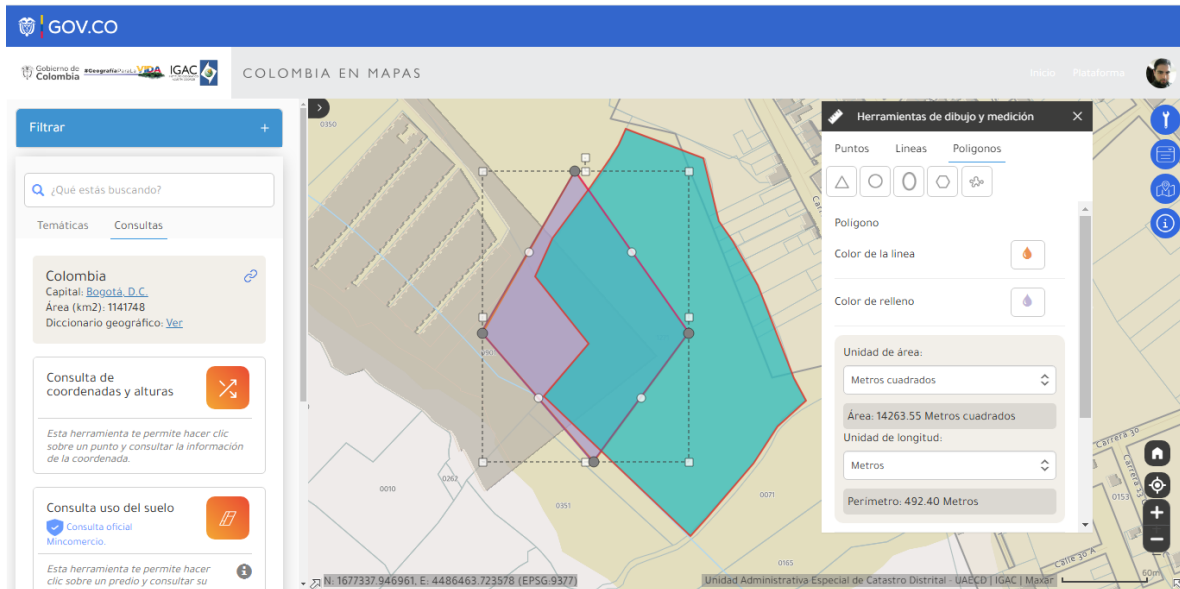
Para el proyecto se usó un Dron una aeronave de referencia DJI Mini 3Pro con 6 baterías, la aplicación de pix4D para celular Android que es el que permite el uso del dron en referencia y cinta métrica para verificación de medidas en campo si es necesario, con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, equipado con una cámara FOV 84 con un sensor CMOS de 20

MP de 1 pulgada, posibilitando capturar fotografías aéreas con extraordinarios detalles de color. El Dron cuenta con velocidad máxima de 45 mph, peso de despegue de 1375G, cardán de 3 ejes para disparos constantes, y tiempo de vuelo máximo de 30 minutos aproximadamente, el cual se utilizó con la aplicación DJI Mini 3Pro.

Luego de identificada la herramienta de vuelo, se diseñó el respectivo plan de vuelo, y en campo se realizó la toma de las muestras fotogramétrica, las cuales luego fueron procesadas con los diferentes softwares y herramientas tecnológicas para conseguir el levantamiento final del predio.

### **3.2 Fase II: recolección de información base**

Realizada la visita al sitio de trabajo en este caso el lote y que por el momento está en ejecución de obra, se le solicito al contratista de obra nos facilite información del predio contando con el área del lote a intervenir el cual tiene un área de 23120 m<sup>2</sup> de lote perteneciente a la entidad de SENA, pero en este caso se intervendrá en el área donde se implanto el proyecto de LA TECNOACADEMIA DEL SENA, cuya área corresponde a 15203.22 m<sup>2</sup> de ejecución de obra; también se obtuvo información acerca de los linderos vecinales en todos sentidos y coordenadas a las cuales pertenecen cada colindante.



**Figura 2.** Ficha predial del IGAC, que contiene información cartográfica del predio en estudio

Levantamiento planimétrico tradicional, informe técnico de las diferentes necesidades y actividades desarrolladas, en el levantamiento topográfico para realizar el estudio y diseño de lote urbano en el Municipio de Tuquerres. La metodología utilizada para este levantamiento fue el reconocimiento del terreno y levantamiento topográfico del lote correspondiente, utilizando un equipo estación total marca “Estación Total LEICA TCRM1203+”.

### 3.3 Fase III: análisis, Procedimiento y comparación de los resultados obtenidos

En esta fase fue tomada la información de los pasos anteriores y posteriormente fueron procesados, generando las comparaciones anunciadas en los objetivos y permitiendo de esta forma establecer las conclusiones con los siguientes pasos.

- Localización y ubicación del Proyecto.
- Análisis de datos (Paso a Paso de todo el proceso de Fotogrametría que generó el producto.
- Análisis y comparación del levantamiento con Dron y con estación.

## 4. Resultados

### 4.1 Localización y ubicación del proyecto

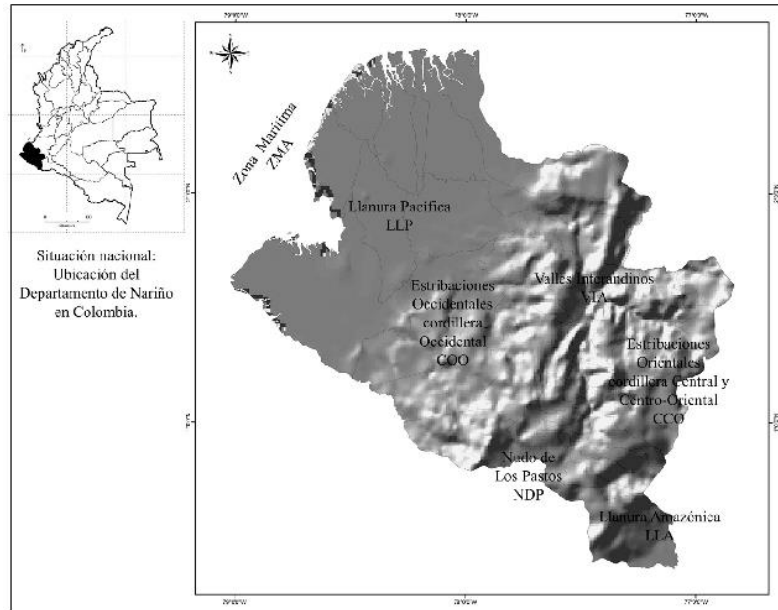
El predio objeto de análisis está localizado en el municipio de Túquerres, departamento de Nariño, donde funcionan instalaciones educativas del SENA siendo una infraestructura que se está construyendo para el desarrollo técnico educativo para las instituciones educativas de 11 municipios aledaños al municipio de Túquerres, el lote comprende un área de 14263 m<sup>2</sup> según la ficha predial expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

**Figura 3.** *Localización de Colombia*



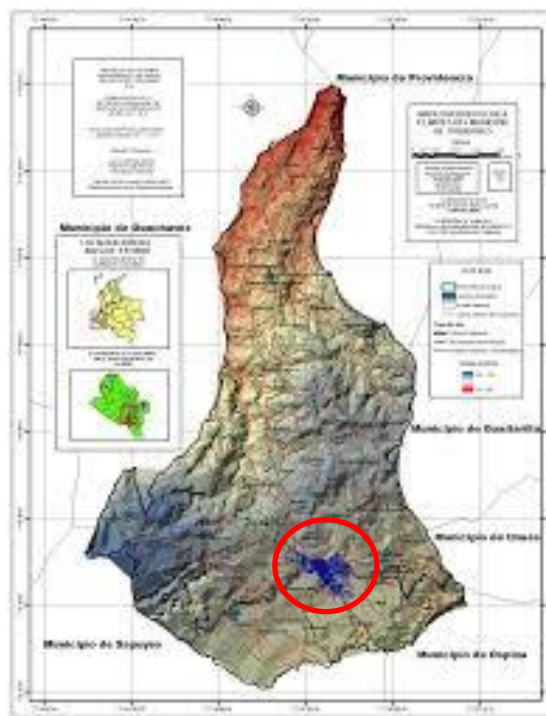
Tomado de Google.com-Localización de Colombia.

**Figura 4.** Localización de Departamento de Nariño



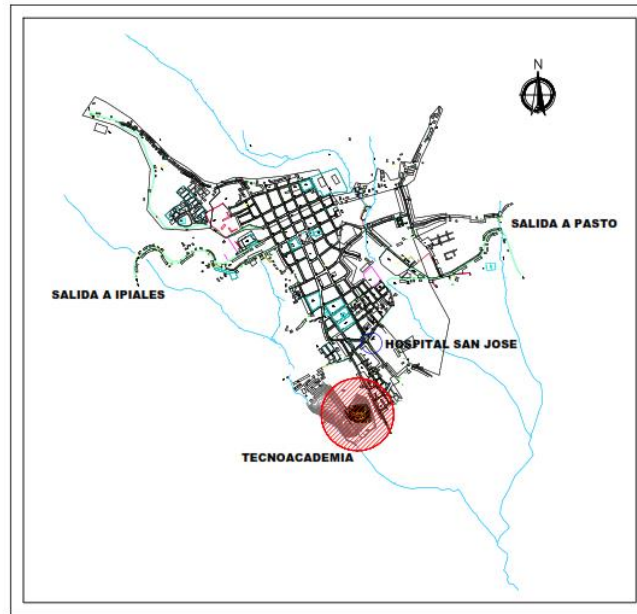
Tomado de Google.com-Localización de Depto. de Nariño.

**Figura 5.** Localización del municipio de Tuquerres - Nariño



Tomado de Google.com/repositorio.gestiondelriesgo.gov.co

**Figura 6.** Localización y Ubicación de lote a Intervenir en el Análisis.



**LOCALIZACIÓN SEGÚN MUNICIPIO**

Tomado de planimetría compartida por Contratista de Obra



**LOCALIZACION DEL PROYECTO -  
TECNOACADEMIA SENA**

COORDENADAS LOTE SEXAGESIMALES	
8° 4' 44" N	77° 37' 4" O

COORDENADAS LOTE GEOGRAFICAS	
1,077791	-77,6167354

Tomado Google earth

## 4.2. Procedimiento

Inicialmente se procede a la búsqueda de información relacionada con el proyecto de infraestructura que será objeto de análisis en el presente documento, con lo cual obtuvimos los planos en formato dwg de la topografía inicial del proyecto en conjunto con las respectivas carteras, así mismo nos fueron suministrados los planos denominados como definitivos los cuales se entregaron por parte del contratista al contratante y las entidades que harán uso de la edificación.

Una vez con la información en nuestro poder, procedimos a revisar lo suministrado y nos encontramos que con lo obtenido podíamos realizar el análisis comparativo planteado y desarrollar un buen procedimiento que nos brinde unas conclusiones importantes respecto al trabajo realizado en campo versus lo presentado en planos.

Ya con la seguridad de que la información preliminar cumplía con los requisitos para nuestro análisis, procedimos a tomar las muestras fotográficas en campo con un equipo DJI Mini 3 pro cuya ficha técnica se presenta en los anexos (Ver anexo A) para lo cual planeamos nuestro vuelo, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas en la Ciudad de Pasto.

### Datos Básico de Lugar y condiciones de vuelo

Fecha de Fundación	1541
Latitud	1° 05' 25''
Longitud	77° 32' 24''
Altitud Prom.	3104
Temperatura Prom.	11°C
Extensión	: 227 Km2
Densidad:	180.09 habitantes / km2
Precipitación media anual	: mm
Periodos lluviosos del año:	primer temporada ( marzo, abril, mayo,) segunda temporada(septiembre octubre, noviembre, diciembre ,enero,)
Periodo de verano:	febrero, junio, julio, agosto
Relieve:	en el municipio de Túquerres predomina las montañas de altura no relevante
Distancia a la Capital del País	993 Km
Distancia a la Capital del Departamento	72 Km
Área Municipal	22126 Has
Área Cabecera Mpal.	450 Has

Ciudad:	Tuquerres
Lugar:	Instalaciones Tecno academia del SENA
Coordenadas:	1°04'44"N 77°37'04."W
Fecha de Vuelo:	02 de septiembre de 2024
Hora de Vuelo	12:00 am

Para la programación del vuelo nos aseguramos de contar con el equipo necesario para lo cual preparamos una aeronave de referencia DJI Mini 3Pro con 6 baterías, la aplicación de pix4D para celular Android que es el que permite el uso del dron en referencia y cinta métrica para verificación de medidas en campo si es necesario.

Antes de realizar el vuelo se consultó los correspondientes reportes metar para SKPS donde se obtuvo la siguiente información:

```

11:26 11:26 11:26
Pasto / Antonio Narin, Colombia (SKPS)
01-25N 077-16W
Sep 02, 2024 - 12:00 PM EDT /
2024.09.02 1600 UTC
Wind: from the SSE (150 degrees) at 16
MPH (14 KT) (direction variable):0
Visibility: greater than 7 mile(s):0
Sky conditions: mostly clear
Temperature: 78 F (26 C)
Dew Point: 41 F (5 C)
Relative Humidity: 25%
Pressure (altimeter): 30.18 in. Hg
(1022 hPa)
ob: SKPS 021600Z 15014KT 070V210 9999
FEW040 26/05 Q1022
cycle: 16
    
```

De acuerdo al análisis de los reportes metar se concluyó que había buenas condiciones para realizar el vuelo y que los factores como viento y visibilidad eran adecuados, una vez nos encontramos en campo se analizaron los riesgos que se podrían presentar al momento del sobrevuelo con lo cual analizamos las alturas de los edificios existentes y circundantes al proyecto, así mismo la presencia de líneas de energía eléctrica que podrían afectar la seguridad

de nuestro vuelo o la del equipo, una vez descartamos los riesgos procedimos a planificar el vuelo con ayuda de la aplicación pix4D para dispositivos móviles en un equipo con sistema operativo Android.

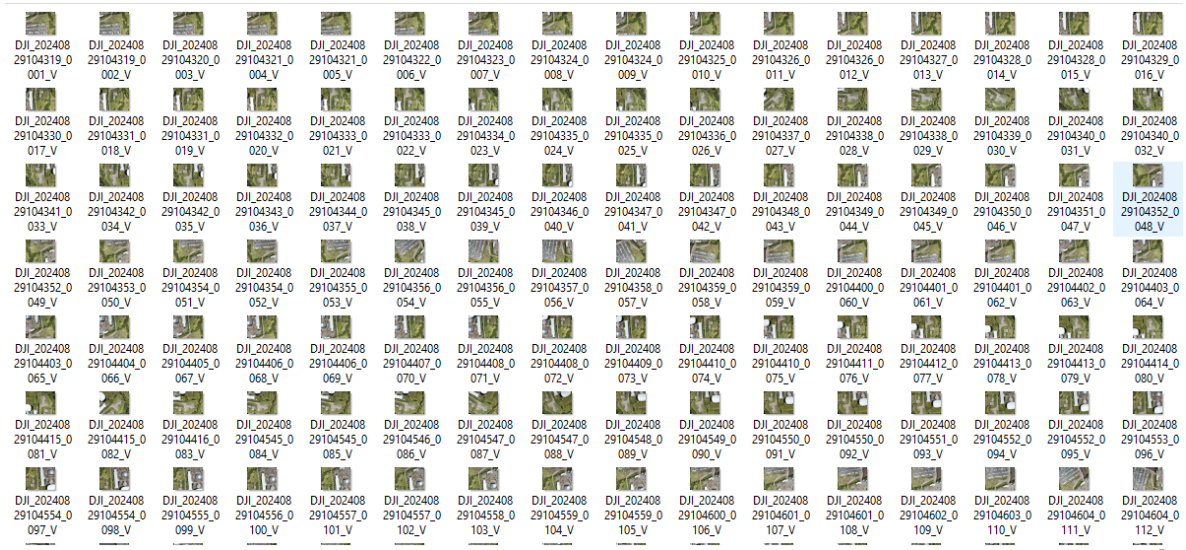
**Figura 7:** UNA grilla de plan de vuelo



Como se evidencia en la figura No 7, se propuso una grilla a 80 metros de altura para el primer sobrevuelo y toma de registro fotográfico.

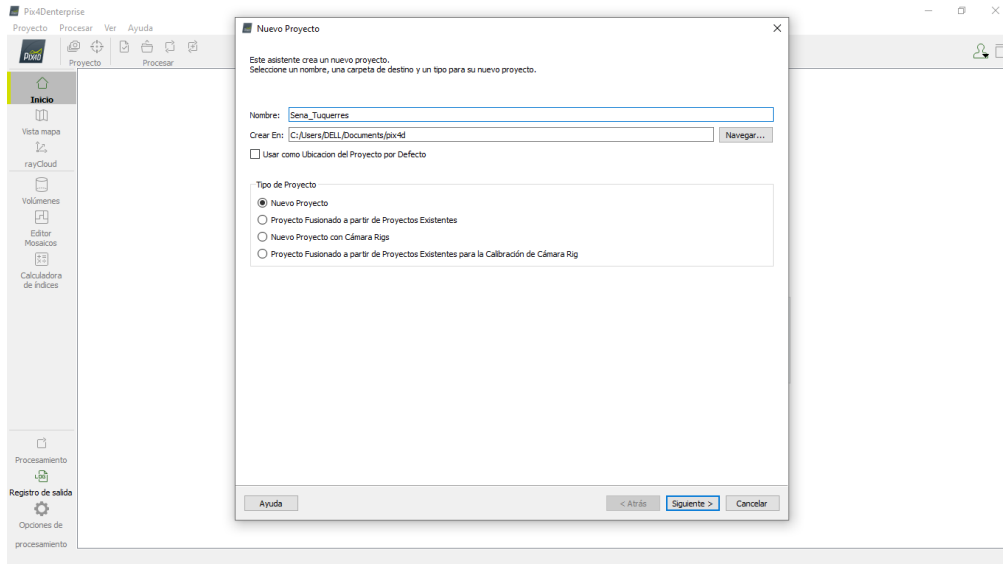
Una vez obtenida la muestra fotográfica se procede a realizar una limpieza de fotografías que no brindan mayor aporte al trabajo y por el contrario generan ruido visual en el producto final, con esta selección se obtuvo una muestra de 415 fotografías que se procesaron en pix4D y los siguientes softwares.

Figura 8: Muestra fotográfica del proyecto



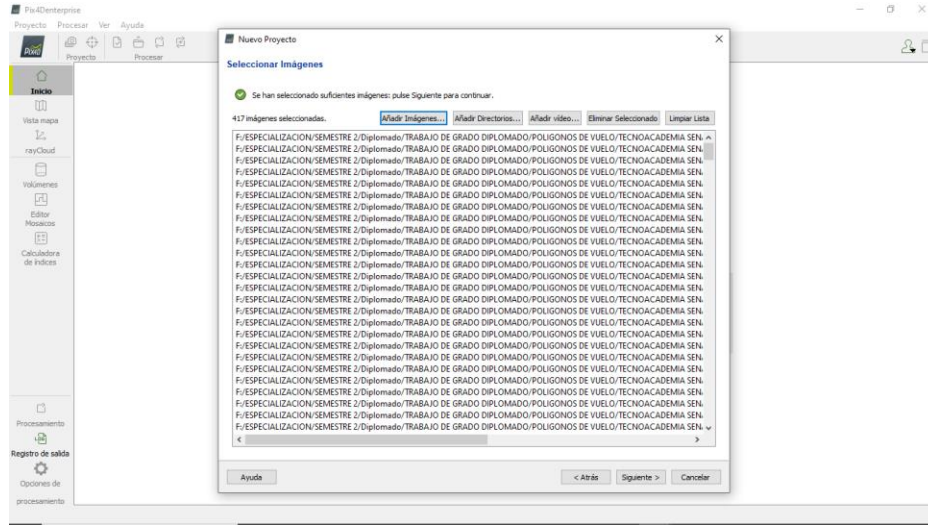
Una vez estamos en el software procedemos a crear nuestro nuevo proyecto, para el caso lo guardamos con el nombre de “CEGIRD – Diplomado USTA”.

Figura 9: Creación del proyecto en pix4d



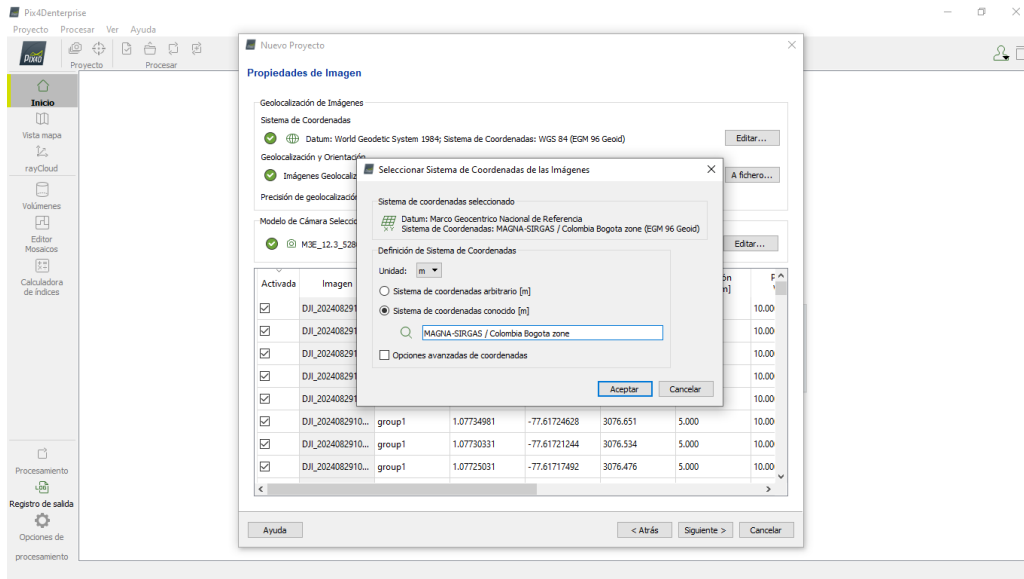
Paso siguiente procedemos a cargar las fotografías que se seleccionaron después del proceso de eliminar las fotografías que no aportan y que generan ruido. Siendo así se cargaron un total de 169 muestras fotográficas.

Figura 10: Cargue de fotografías en pix4d



Una vez demos clic en el botón siguiente, el programa nos permite modificar información relevante con respecto a tipo de coordenadas, geolocalización y modelo de cámara utilizado.

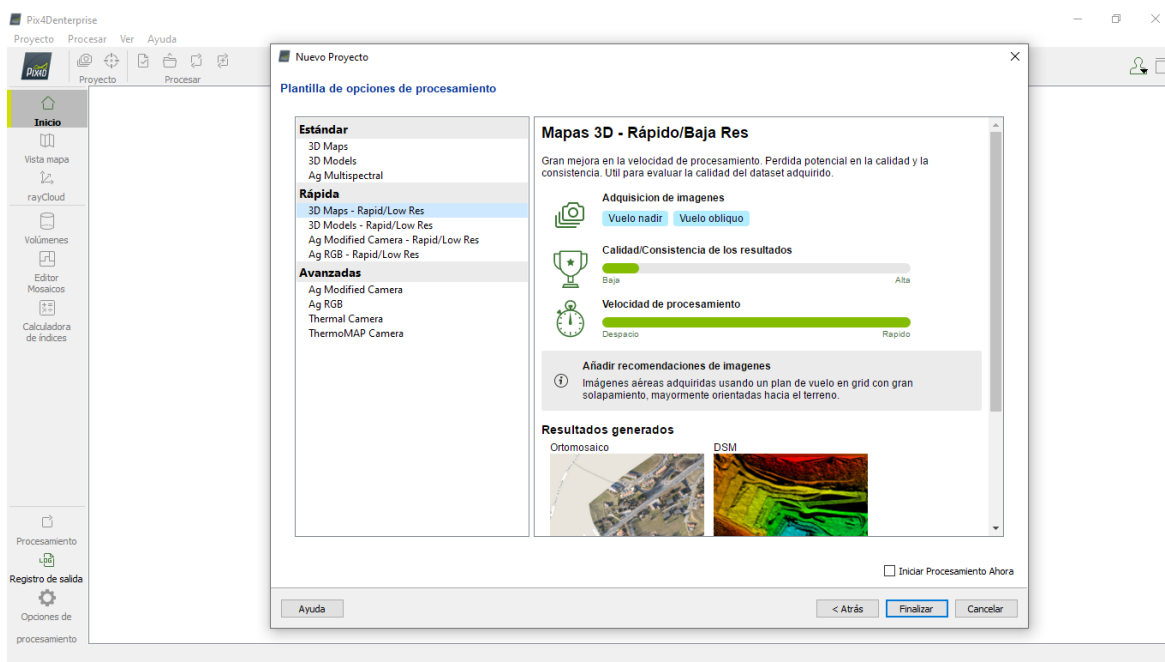
Figura 11: Características en pix4d de la información cargada



A continuación, nos solicita las coordenadas en que deseamos que el software emita sus datos de salida, a lo cual registramos en MAGNA SIRGAS Colombia Bogotá zone

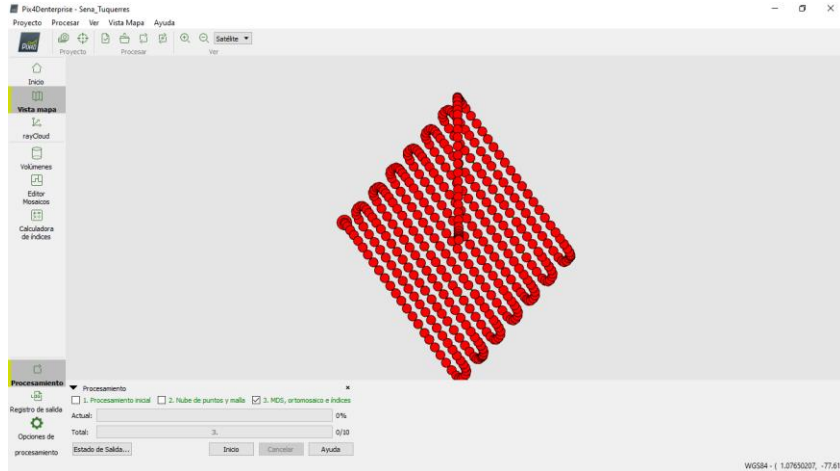
Una vez hayamos seleccionado las opciones deseadas oprimimos el botón “siguiente”, con lo que el software nos abrirá la ventana de posibilidades de trabajo respecto a los modelos esperados. Teniendo en cuenta que lo que deseamos es realizar un mapa de una ciudadela de edificios con muchos espacios de urbanismo como lo es el CEGIRD optamos por la opción de MAPAS 3D – Rápido/Baja resolución, si bien esta no es la mejor opción para tener un gran resultado, debido a las limitaciones físicas de los computadores en que se trabaja es una buena opción para procesar.

**Figura 12:** Selección de proceso a realizar en pix4d



Con esta opción podemos obtener resultados como una imagen orto mosaica, archivo DSM, nube de puntos y mallas 3D, productos importantes para obtener información y lograr el alcance del presente informe. Seleccionada la opción deseada oprimimos el botón “Finalizar” con lo cual nos abre la siguiente ventana, en la cual se muestra con puntos rojos en lugar en el mapa donde se tomó una foto de las diferentes grillas usadas.

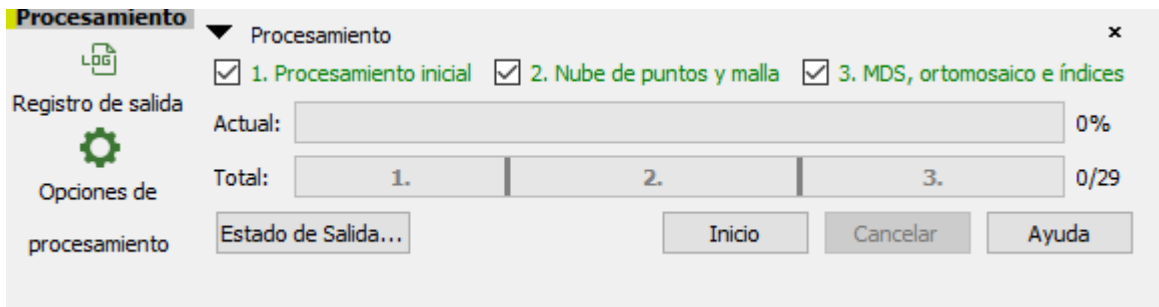
**Figura 13:** *Grillas cargadas en pix4d*



### 4.3 Proceso de fotográfico

Al abrir la interfaz del software Pix4D y cargar nuestras fotografías, podemos elegir cómo queremos proceder con ellas y qué información necesitamos que el software nos proporcione una vez que se procesen las imágenes. En el botón “procesamiento” nos brinda las 3 opciones de procesamiento las cuales el primero es el Procesamiento inicial, la segunda es Nube de puntos y malla y el tercero es MDS, orto mosaico e índices. Cada uno de los procesos nos arroja los productos que se mencionan y algunos datos adicionales que se pueden seleccionar en el botón de “opciones de procesamiento”. De acuerdo a las condiciones de hardware de nuestros equipos realizamos el procesamiento paso a paso, esto no es opcional, ya que si se cuenta con un equipo robusto se puede ejecutar las tres etapas al tiempo.

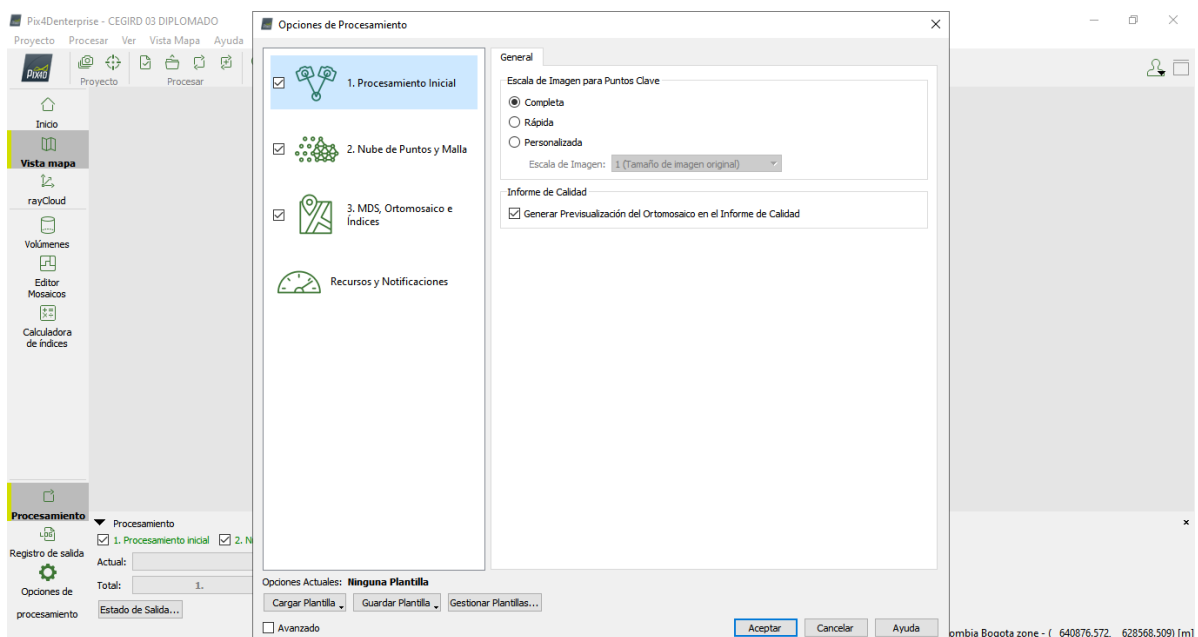
**Figura 14:** *barras de procesamiento*



### 4.3.1 Proceso Inicial

Antes de iniciar cualquiera de las etapas es adecuado entrar a las opciones de procesamiento ya que es aquí donde seleccionaremos las condiciones que queremos que el software aplique para esta etapa y los productos que queremos nos arroje de acuerdo a la fase en las que nos encontramos.

**Figura 15:** Configuración de paso 1 procesamiento en pix4d



En esta opción decidimos cambiar a “completa” debido a la cantidad reducida de fotografías que se usaron con el fin de obtener el mejor resultado posible para el presente trabajo.

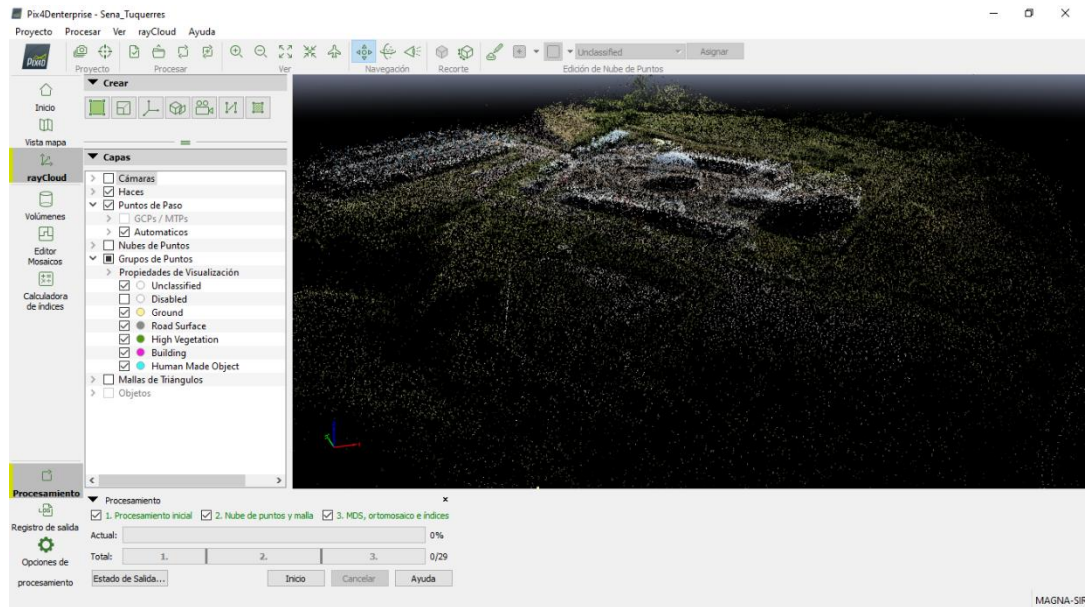
### 4.3.2 Proceso Nube de Puntos y Malla

Antes de comenzar el proceso No. 2, ingresamos de nuevo a “opciones de procesamiento” y seleccionamos la opción “2. Nube de puntos y Malla”. Esta elección nos permite trabajar en dos pestañas, cada una dedicada a uno de los productos mencionados. En estas pestañas, encontramos diversas opciones para visualizar, manipular y exportar tanto la nube



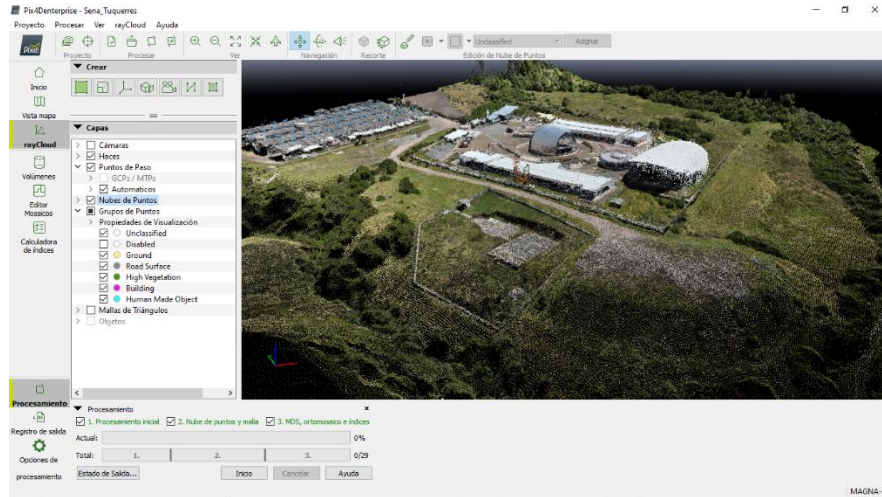
En esta opción del procesamiento observamos la opción de “cámaras” que son las esferas verdes y azules las cuales nos indican el punto desde el cual se tomó la fotografía y la forma como el software correlaciona las fotografías para encontrar puntos en común. Al desactivar la opción de “Cámaras” obtenemos nuestra primera imagen de la nube de puntos.

**Figura 18:** Resultado general visual de paso 2



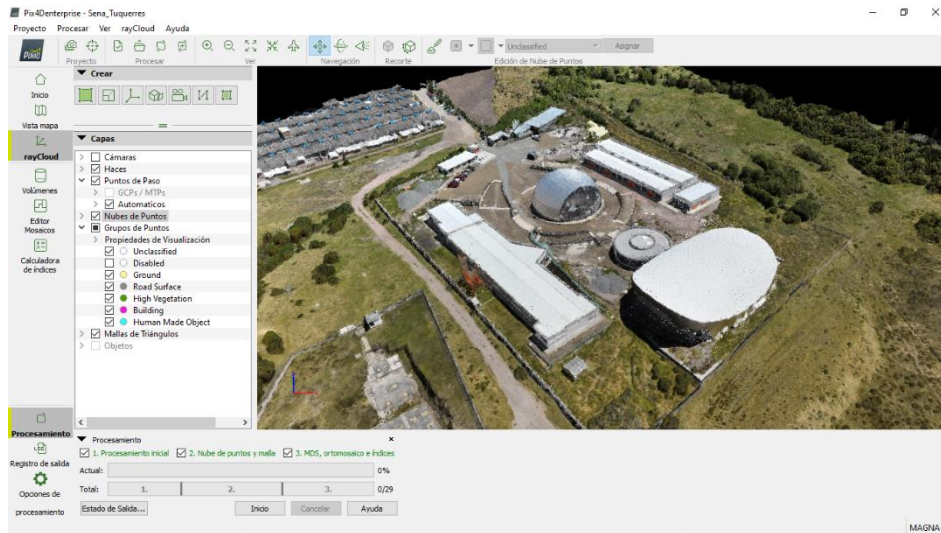
Paso siguiente activamos la opción de “Nube de puntos” y el cambio es bastante significativo visualmente, ya que es claramente identificable las edificaciones y todo lo que compone el proyecto, en esta fase del procesamiento nos damos cuenta de que tenemos mucho ruido aun en nuestro proyecto, ya que, al acercarse y dar movimiento al modelo se distorsiona la imagen, pero podemos decir que es por la calidad en la que ejecutamos el proceso.

**Figura 19:** Resultado visual con la activación de nube de puntos



Paso a seguir activamos la opción de Mallas de triángulos, una vez haya terminado observamos que el modelo ha ganado volumen y densificación, es un modelo mucho más claro de interpretar y de visualizar en 3D.

**Figura 20:** Resultado visual con la activación de malla de triángulos



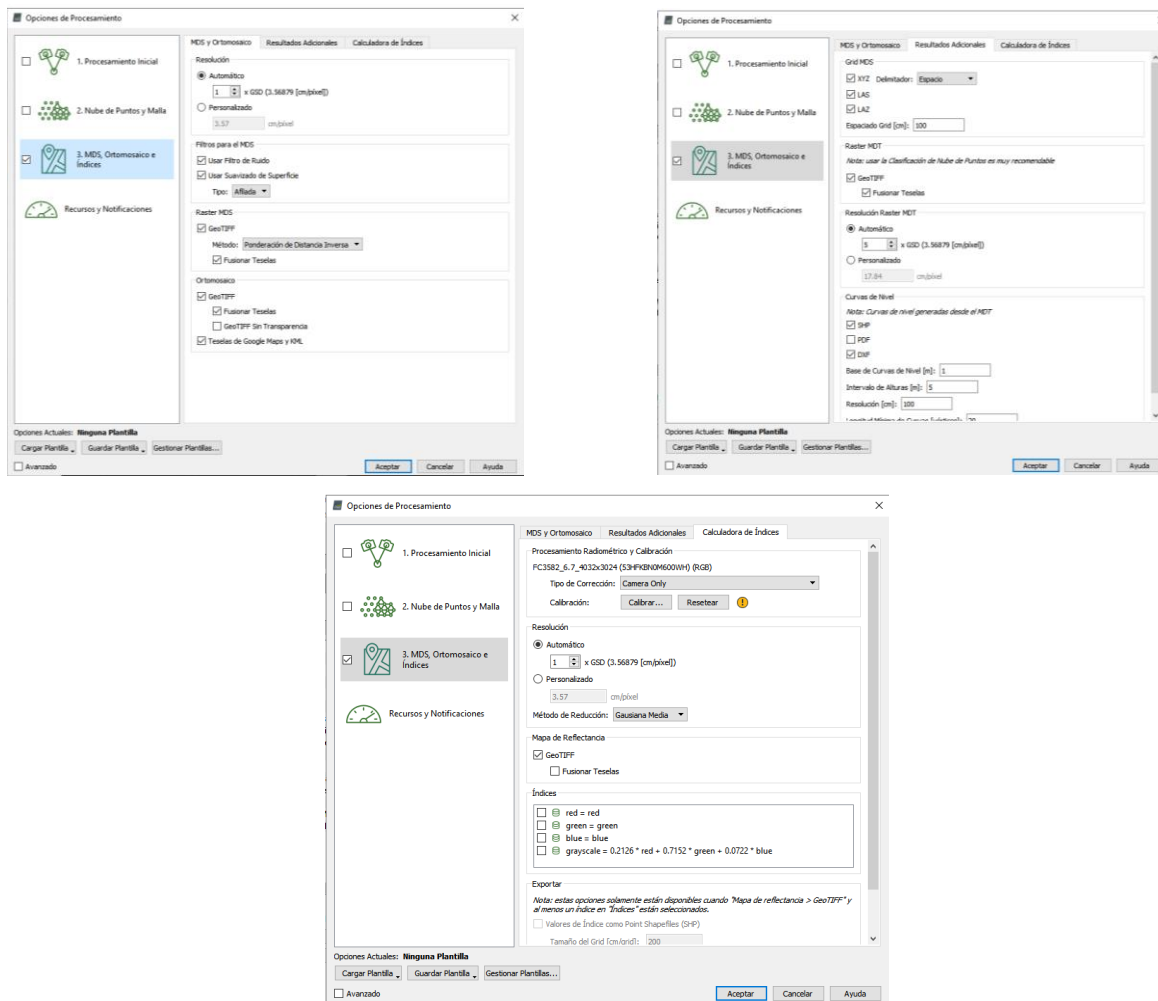
Este es el resultado de la configuración que se realizó lo cual es muy significativo ya que ayuda a determinar a su perfección la construcción en un modelo 3d sin necesidad de modelarlo

en programas de tipo arquitectónico que toman más tiempo para tener resultados similares a este, este modelo 3D es la muestra perfecta que garantiza que el método es garantizado para hacer un estudio de topográfico, constructivo y arquitectónico.

### 4.3.3 Proceso MDS, orto mosaico e índices

El tercer paso de nuestro proceso nos proporcionará los productos finales necesarios para continuar con los demás softwares que utilizaremos. Al igual que en los pasos anteriores, activamos las configuraciones correspondientes. En este caso, aplicamos las siguientes:

**Figura 21:** Configuración para paso 3, MDS, ortomosaico en pix4d



Después de haber escogido nuestros parámetros de configuración, procedemos a iniciar nuestro tercer paso de procesamiento, este proceso toma un tiempo considerable de acuerdo a la calidad y parámetros seleccionados.

Una vez se haya terminado de procesar, el software emite un reporte de calidad el cual lo podemos analizar para verificar que tan confiable es la información que el pix4d nos ha emitido, para nuestro caso presentamos algunos apartes de este reporte.

**Summary**

Project	Sena_Tuquerres
Processed	2024-10-03 13:24:28
Camera Model Name(s)	M3E_12.3_5280x3956 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.36 cm / 0.93 in
Area Covered	0.109 km <sup>2</sup> / 10.9388 ha / 0.04 sq. mi. / 27.0444 acres
Time for Initial Processing (without report)	43m:21s

**Quality Check**

Images	median of 5413 keypoints per image	✓
Dataset	417 out of 417 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	2.69% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 2926.89 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, no 3D GCP	⚠

La anterior imagen es el resumen y el check de calidad del proceso realizado, en donde encontramos el nombre del proyecto, fecha de procesamiento, modelo de cámara utilizada, distancia promedio entre pixeles y área cubierta.

**Preview**

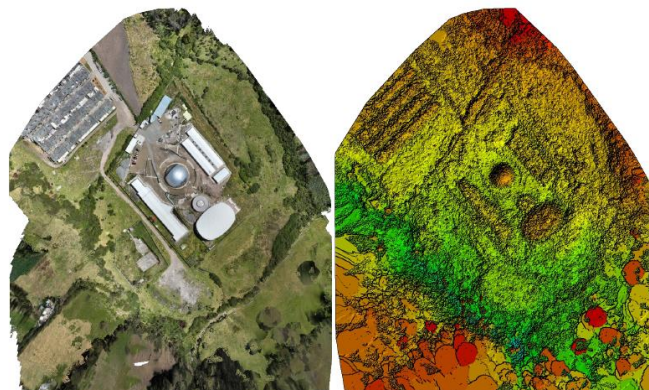
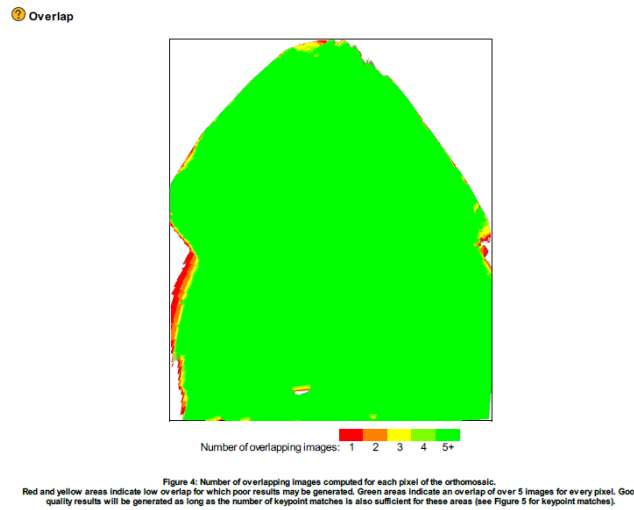


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

En la figura 1 del reporte de calidad se presente una vista previa de la ortofoto del proyecto y del modelo digital de superficies DSM en donde podemos ver el casi el resultado que nos puede entregar el proceso con el software.



El apartado de overlap nos indica la cantidad de fotografías que se lograron sobreponer por espacios del área de trabajo, para nuestro caso se evidencia que el sector de influencia trabajo con 5 o más fotografías, por lo cual se indica en su gran mayoría en color verde y solo en su perímetro se evidencian en escala 1 a 3, aunque se recuerda que se registró un área mucho más grande que el proyecto CEGIRD por lo cual el área de importancia está cubierta en su totalidad.

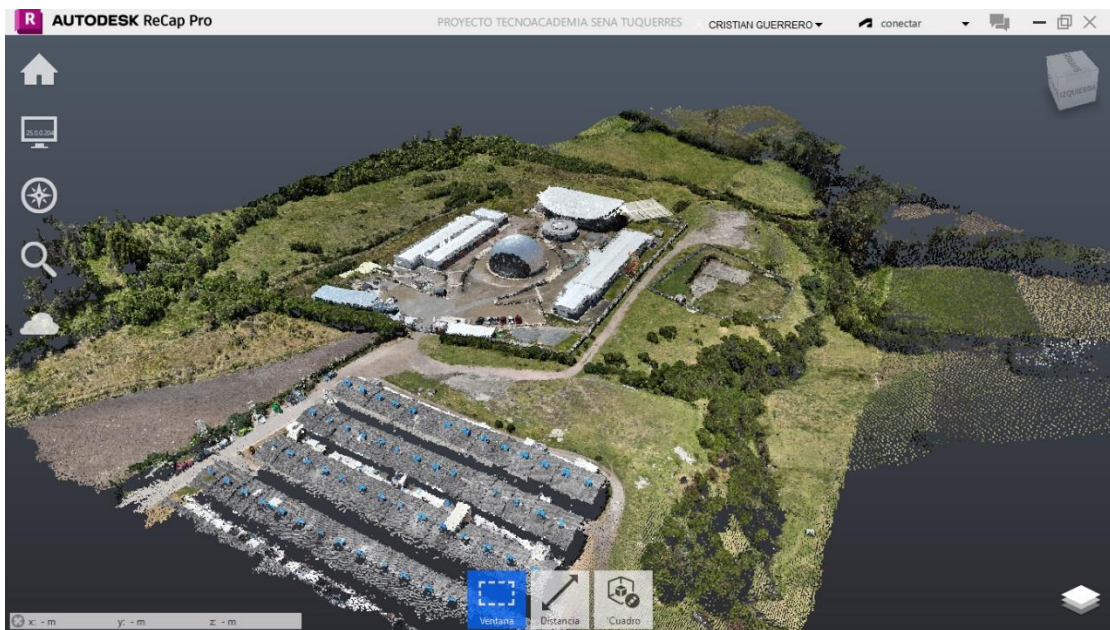
El reporte de calidad nos brinda más información como la anteriormente mencionada con la cual podemos concluir que calidad tiene la información que recibiremos.

Una vez terminado el procesamiento con Pix4d mapper, aplicamos la técnica de Fotointerpretación en AutoCAD con nube de puntos, orto mosaico escalado y puntos de control método creado por el Arq. Robert Gutiérrez en su investigación propia de sistemas de precisión y aprendido en el Diplomado de Drones. Para utilizar dicho método comenzamos con dirigimos a la carpeta donde hemos creado y guardado nuestro proyecto, ya que ahí se encontrarán los

productos que le solicitamos al software creara. En esta carpeta se encuentra nuestro archivo de nube de puntos en formato, las que será nuestro próximo insumo a trabajar, este archivo lo abriremos en ReCap pro para mejorar sus características y continuar con nuestro proceso.

Ya una vez en ReCap identificamos que nuestro archivo contenía mucho ruido visual e información innecesaria para lo que pretendemos trabajar, por lo cual procedimos a limpiarlo.

*Figura 22: Modelo original en ReCap pro*



Después de eliminar el ruido e información innecesaria y de aplicar parámetros de iluminación y visualización de puntos, tenemos el siguiente resultado.

*Figura 23: Modelo final en ReCap pro*



#### 4.4 Realización de planimetría en AutoCAD

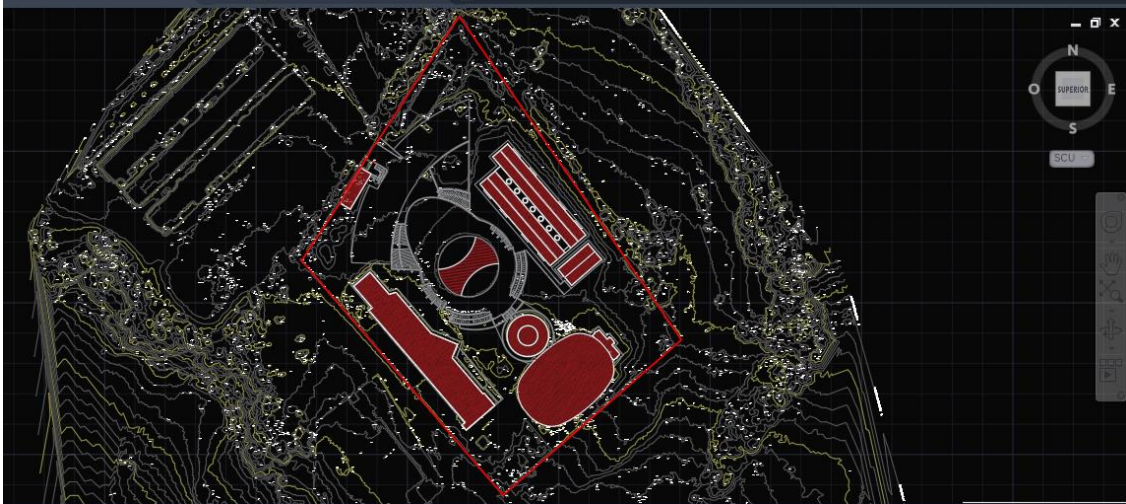
Una vez terminados los procesos en pix4d y en Recap pro utilizando el método de fotointerpretación en AutoCAD del Arq. Robert Gutiérrez, continuamos con nuestro análisis y dibujo en AutoCAD, para esto y debido a los resultados que deseamos tener que es un análisis comparativo entre los planos récord entregados y lo realmente construidos tomaremos como insumo base, la nube de puntos optimizada en ReCap y el orto mosaico obtenido de pix4d.

Ya dentro del software evidenciamos que para lo que deseábamos realizar era más fácil foto interpretar sobre el orto mosaico ya que nuestro trabajo se enfocara en una plata en 2D sin tener en cuenta alturas, con lo cual procedimos a dibujar foto interpretando por categorías como cubiertas, paso peatonal, perímetro, zonas verdes, vías, entre otras.

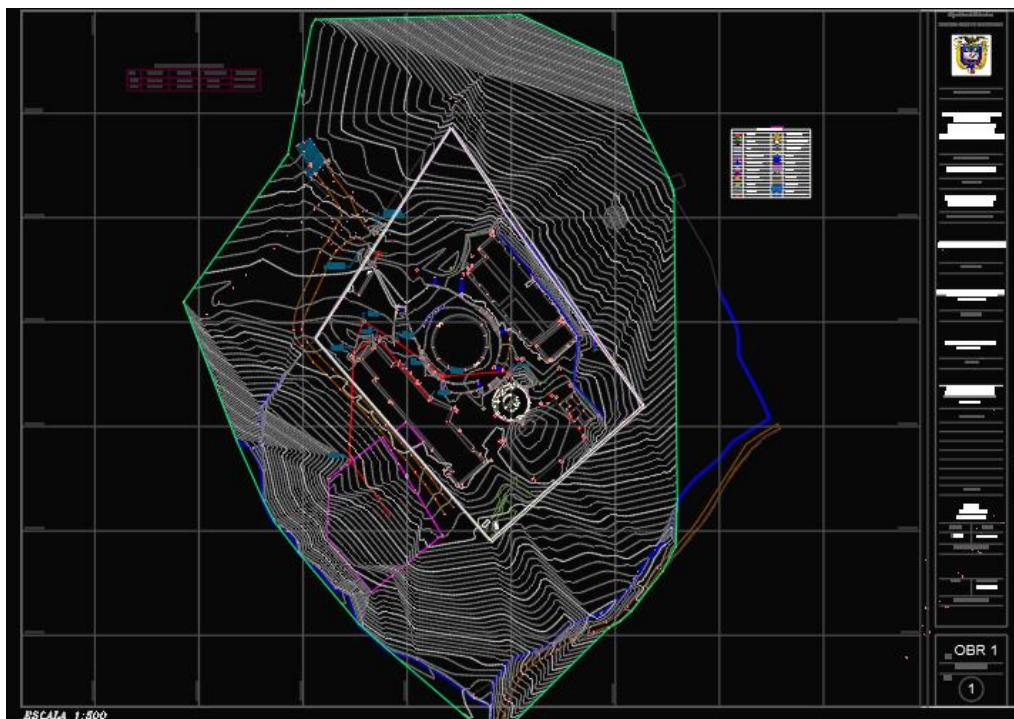


Ya con nuestro modelo en AutoCAD procedemos a realizar la comparación con el plano récord entregado por el contratista, este plano se debió limpiar de elementos innecesarios para nuestro trabajo y con el fin de que la interpretación sea lo más clara posible. A continuación, se muestran en paralelo los dos modelos a analizar.

**Figura 26:** Modelos a comparar en planimetría – con dron



**Figura 27:** Modelos a comparar en planimetría – topografía tradicional

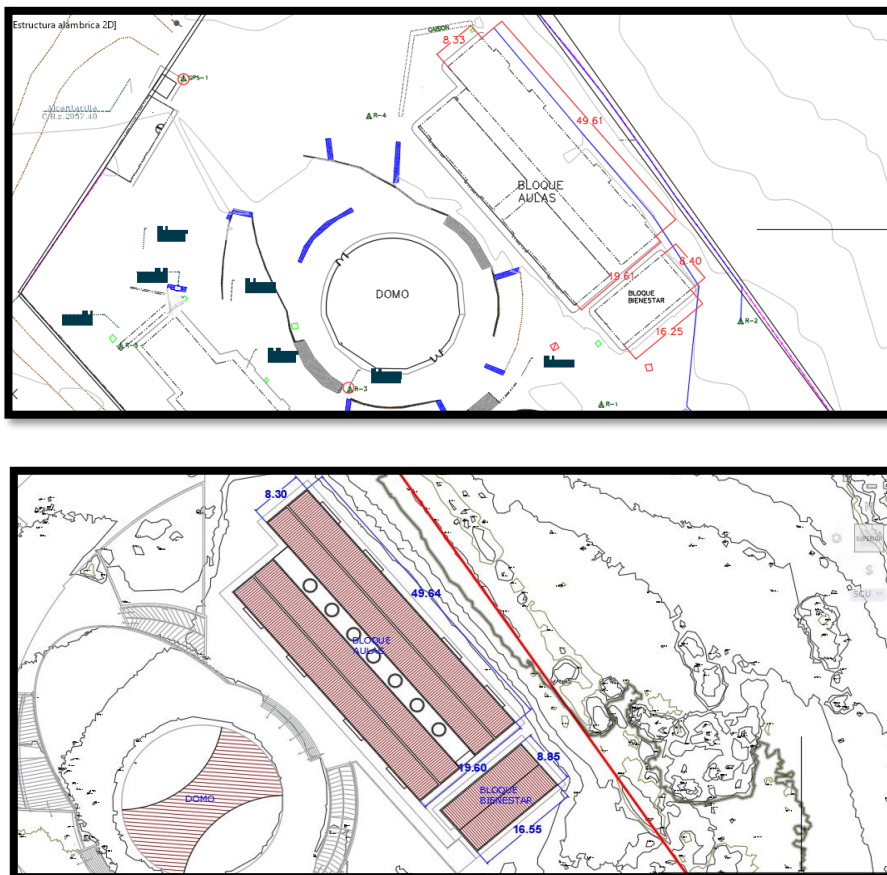


En este punto consideramos que tenemos dos formas de verificar y las vamos a plantear, la primera es sobreponer nuestra fotointerpretación sobre los planos récord y la segunda es sobreponer los planos récord sobre nuestro orto mosaico, para el caso del presente informe realizaremos las dos opciones.

#### 4.5 Comparación entre fotointerpretación y planos récord.

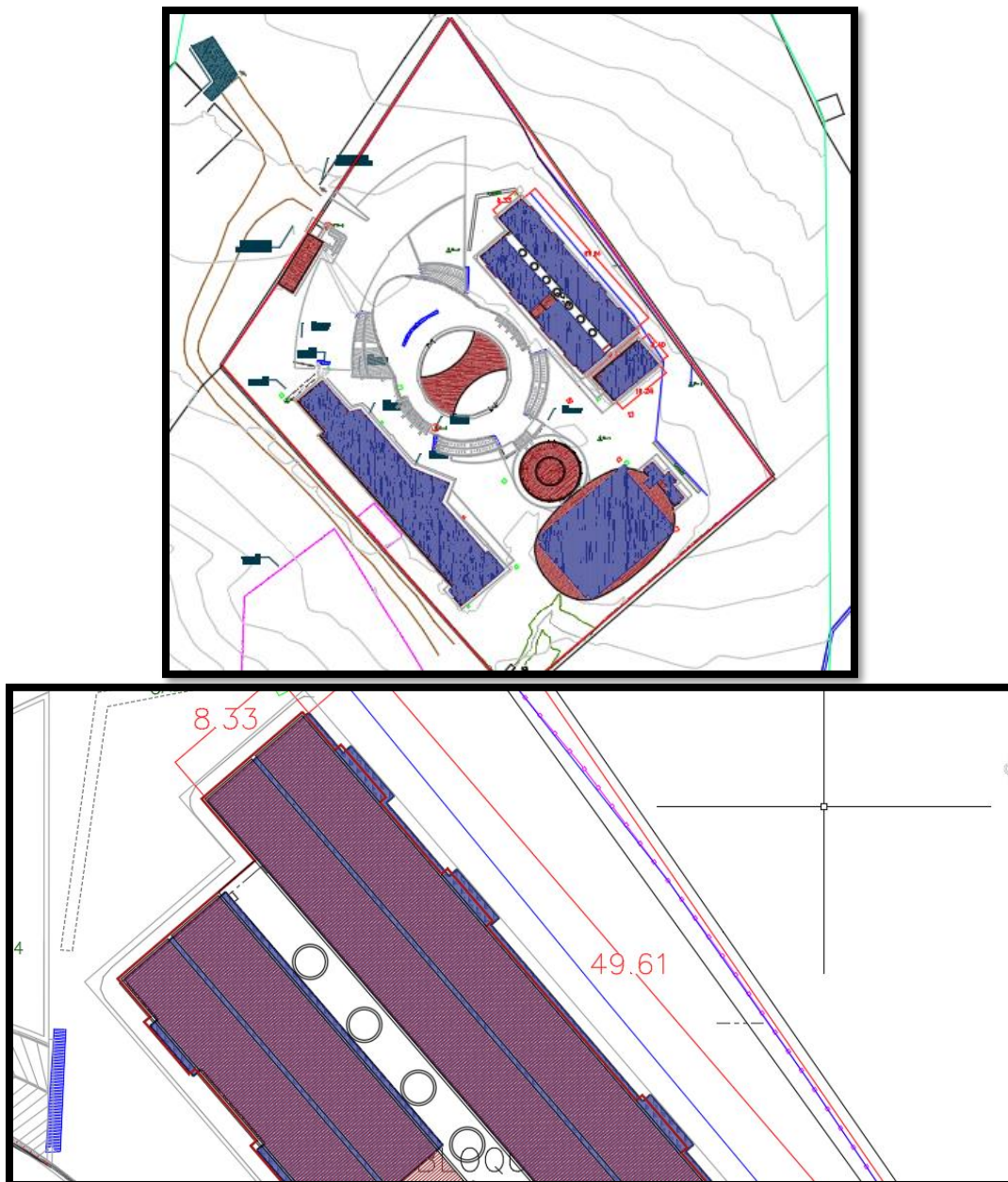
Se realizó inicialmente una verificación acotando los modelos obtenidos y comparándolos con las cotas de los planos récord, en donde se encontraron diferencias, las diferencias sobre las cubiertas pueden ser atribuidas a que los planos no fueron actualizados.

**Figura 28:** Comparaciones acotadas



Como se muestra en las imágenes y descripción anterior esta es una forma de verificar estructuras puntuales y comparar sus dimensiones, otra forma de verificación que se planteo es la de localización general de las estructuras, vías y demás áreas, está la logramos sobreponiendo un plano sobre el otro verificando sus áreas generales.

*Figura 29: Comparación por sobreposición*



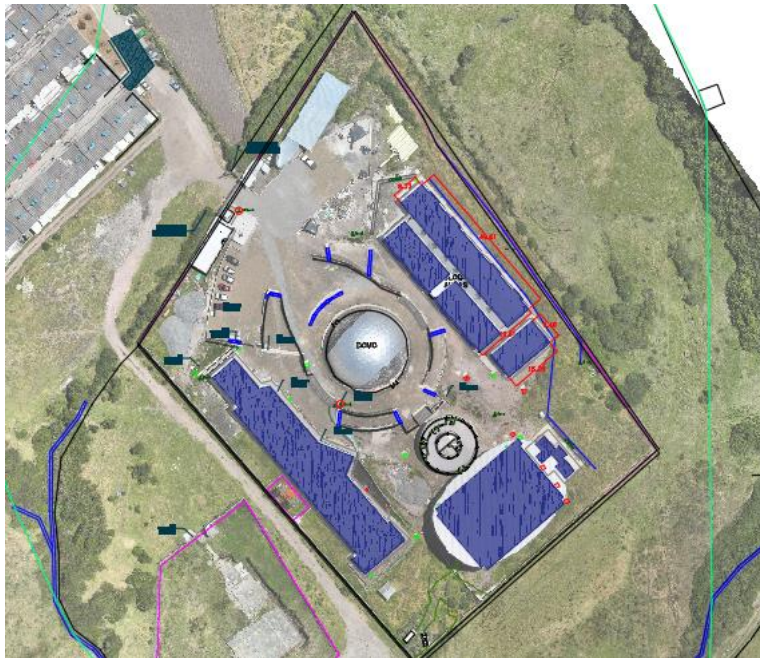
En la figura 26 evidenciamos el desfase que hay entre los planos récord y lo construido, en color rojo se encuentran los elementos planteados y en color gris lo que se construyó, si bien las dimensiones están acorde a lo diseñado la ubicación no es exacta con lo planeado, es aquí donde evidenciamos la importancia del trabajo que se está realizando, ya que normalmente en campo un interventor o supervisor sin mayor equipo lo que hace es verificar las dimensiones y dar su concepto en base a esto, mas no tiene la posibilidad de evidenciar la localización real de las estructuras construidas.

De esta manera podemos realizar una revisión exhaustiva de cada uno de los elementos que componen la infraestructura y verificar si existe algún tipo de desfase en cuanto a implantación o se puede realizar de manera rápida y eficiente la verificación de cantidades.

#### **4.6 Comparación entre orto mosaico y planos topográficos.**

Para realizar este proceso debemos contar con nuestro orto mosaico escalado en AutoCAD y se recomienda tener los planos récord en bloque ya limpio de ruido visual y con los elementos que se desea realizar la verificación, una vez se tengan estos dos elementos se debe sobreponer los planos sobre el orto mosaico ubicando sus puntos de control o punto de referencia.

**Figura 30:** Sobreposición de ortofoto con planos topográficos



Este es un método de verificación mucho más rápido que el anterior y permite de igual manera dibujar o tomar medidas sobre él, sin mucho trabajo en la fotointerpretación, aunque esto depende del resultado esperado y del modelo de presentación que se requiera.

**Figura 31:** Sobreposición y verificación de perímetro de bloques en aulas



En la figura anterior se identifica claramente el desfase que presenta la implantación en el bloque de aulas, la cual puede servir como referencia de verificación rápida o podemos acotar.

**Figura 32:** Verificación de rejillas de piso y formas de diseño exterior



En la figura 32 se puede observar claramente los desfases que presentan los andenes, sumidero y cámara de inspección de alcantarillado, entonces si observamos simplemente el acta de obra y lo confrontamos con lo construido en calidad de interventores o supervisores de obra podríamos dar nuestro visto bueno porque las actividades están realizadas, pero como observamos en el ejemplo propuesto, los planos récord nunca fueron actualizados y no se dibujaron las estructuras en su lugar de construcción. Es así como con unos rápidos pasos podemos tener una herramienta muy eficiente en las manos de los interventores y supervisores a un bajo costo. Lo presentado en el caso anterior se hace a modo de ejemplo, ya que se podría realizar acotaciones sobre todo el proyecto y realizar una serie de observaciones las cuales se

deberían presentar al contratista para que sean subsanadas antes de la liquidación del proyecto o de la aprobación de los planos récord del mismo.

Los métodos previamente mencionados se presentan de manera apreciativa o cualitativa, utilizando algunas mediciones como referencia. Sin embargo, es posible realizar mediciones precisas según las necesidades específicas del proyecto o la revisión. Para verificar la precisión del método, se llevó a cabo un ejercicio comparativo del área total del lote intervenido, contrastando el levantamiento topográfico original del proyecto con la fotointerpretación realizada en AutoCAD.

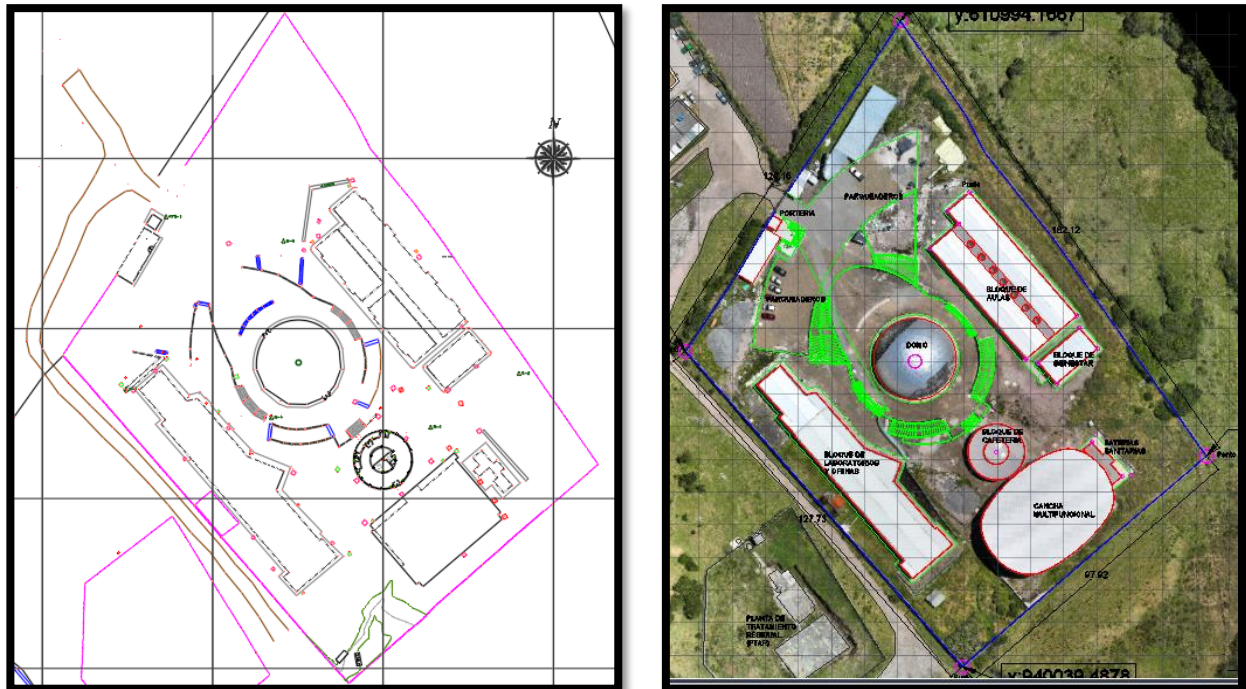
**Tabla 1: Comparación topografía tradicional con topografía con dron**

<b>LOTE GENERAL - TECNOACADEMIA</b>			
<b>LADO O LINDERO</b>	<b>TOPOGRAFIA TRADICIONAL</b>	<b>LEVANTAMIENTO CON DRON</b>	<b>VARIACION</b>
1-2	161,47	162,12	0,65
2-3	97,5	97,92	0,42
3-4	127,74	127,73	0,01
4-1	120	120,16	0,16
<b>PERIMETRO (ML)</b>	506,71	507,93	1,22
<b>AREA TOTAL (M2)</b>	<b>15028,43</b>	<b>15203,22</b>	<b>174,79</b>
		<b>98,85%</b>	<b>1,15%</b>

En la tabla anterior , los resultados obtenidos entre la topografía tradicional y el método de drones son prácticamente iguales por lo que se obtuvo una diferencia del 1.15%, dando como resultado y conclusión de que los dos métodos de trabajo pueden ser precisos y la diferencia no es muy significativa pero la podríamos obtener es con respecto al proceso, facilidad y rapidez que estos métodos no ofrecen, el uso de la fotogrametría es totalmente competitiva con los resultados

obtenidos ya que en la topografía tradicional da garantías de buenos resultados pero también se pueden encontrar errores que no ayudan a tener y obtener la información completamente, que para garantizar buenos resultados depende de más cuidado y que no haya ningún tipo de error manual a la hora de realizar el estudio, también las desventajas que tiene el sistema tradicional es que se necesita de dos o más personas para realizar el trabajo y el tiempo que conlleva este estudio es más de lo que se requiere.

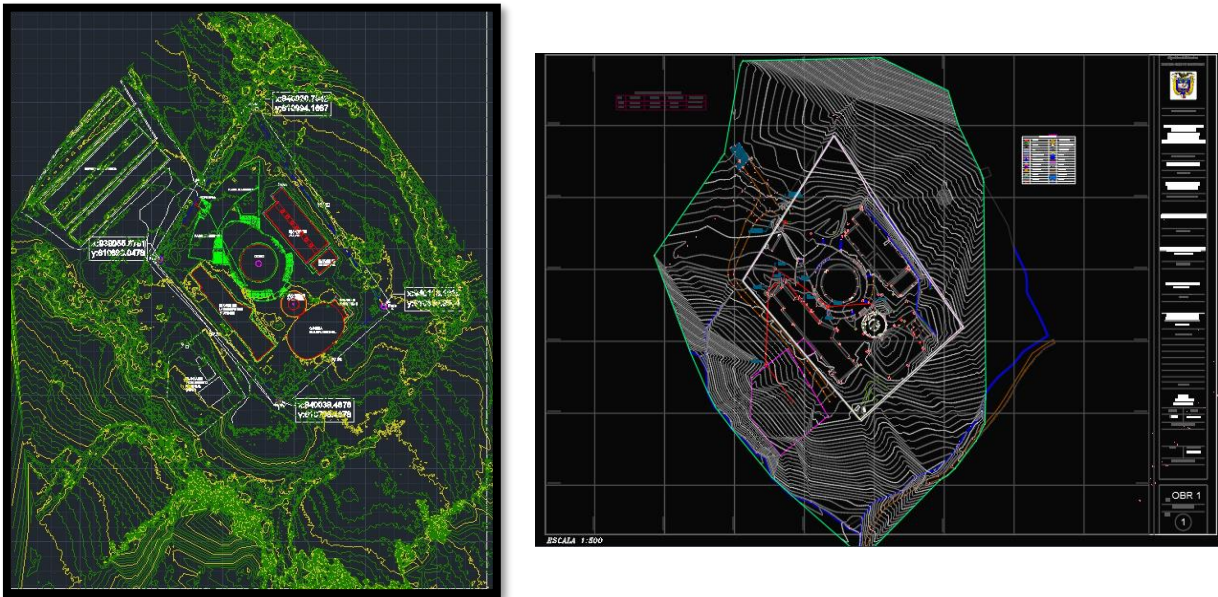
*Figura 33: Comparación grafica del lote-área*



Se compara las áreas de concreto, como en los filos y bordillos, cajillas de inspección, rejillas de piso, andenes y cubierta de los bloques ejecutados, por lo que un interventor y supervisor debe tener bien claro que estas actividades son el inicio para que la obra tenga un buen proceso acorde a lo que se contrató inicialmente, dicho esto sin tener las herramientas

necesarias como lo es las medición topográfica y los equipos necesarios no se obtendrá buenos resultados en el proceso la obra en general.

**Figura 31:** Comparación grafica del lote-curvas de nivel



Al igual que la comparación que se realizó en las áreas y ubicación de la construcción como tal, también se tiene en cuenta, la generación de la topografía (curvas de nivel), comparando la técnica tradicional con estación total y la que se genera con los drones y sus aplicaciones, para este caso se puede observar la gran diferencia que han entre una y otra siendo la imagen de la derecha como la tradicional y la izquierda la generada por el levantamiento con drones, el detalle de la curvas concuerda más con la realidad y se puede obtener un trabajo más completo con respecto a la localización de los elementos estructurales, arquitectónicos y ambientales existentes en el medio intervenido.

## 5. Conclusiones

Realizado la investigación, y elaborado el análisis comparativo entre un levantamiento topográfico tradicional realizado en el año 2019 y un levantamiento topográfico con tecnología de Drones realizado en la actualidad a un predio de propiedad del SENA en el municipio de Tuquerres Nariño con el proyecto “CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA ETAPA DE LA TECNOACADEMIA DEL SENA”. se puede concluir lo siguiente.

Al generar comparación de linderos se puede evidenciar que, en el levantamiento tradicional y el levantamiento con Dron a pesar de existir variaciones en los linderos, la diferencia en cuanto a los perímetros es de solo 1.22 metros lineales, tenido como resultado final una variación mínima del 1.15 % del área de lote, es decir 15028.43 para lote con topografía tradicional y 15203.22 metros cuadrados para levantamiento con drones, teniendo a si solo una diferencia de 174.79 metros cuadrados de diferencia.

Como conclusión del análisis podemos decir que entre el método tradicional y el de drones no se presenta gran diferencia a la hora de obtener resultados, pero, sí que en el caso de los drones, tendría varias características que lo acreditan como la mejor opción para realizar levantamientos topográficos, ya que da garantías en las dimensiones de áreas, mayor precisión a la hora de generar curvas de nivel, volúmenes de terreno, longitudes y uno de los mejores resultados es que el ahorro de tiempo es muy significativo con respecto al otro método.

En la parte técnica, la forma del lote, tiene las mismas características entre el levantamiento tradicional y el levantamiento en Dron, la geometría de los lotes en ambos levantamientos, en el caso de la carta cartográfica que nos presenta la página del IGAC

nos podemos dar cuenta que la información del lote si concuerda con los datos, pero en la parte técnica no está actualizada, siendo esto un inconveniente para poder realizar un trabajo acorde a la necesidad que tenemos.

Para la información encontrada en la página del IGAC se puede concluir que por falta de actualización de la información cartográfica no podemos establecer el cerramiento exacto de la construcción como tal TECNOACADEMIA DEL SENA y que por tal motivo también presenta gran diferencia con respecto a los dos métodos también analizados en este proceso.

Es muy importante destacar como mejor alternativa la utilización del método de drones para este tipo de trabajos, ya que mejora la efectividad de la entrega de actividades y que como interventores y supervisores tendremos más eficiencia a la hora de analizar la situación y proceso de una obra en ejecución, se obtendrían mejores resultados tanto técnicos, financieros y administrativos de lo que en realidad se está realizando en obra.

### Referencias

- ACRE. (s. f.). *Pix4DMapper Pro: Software de procesamiento de imágenes*. Grupo ACREPerú.  
Recuperado 22 de julio de 2023, de <https://grupoacre.pe/catalogo-productos/pix4dmapper/>
- Autodesk. (s. f.). *Software de ReCap*. Recuperado 2 de agosto de 2023, de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/recap/overview>
- Berrio Fernández, S. (2019, septiembre 19). Tour virtual, ¿qué es un tour virtual? *Espacio BIM*.  
<https://www.espaciobim.com/tour-virtual>
- Carrillo Ramírez, J. E. (2021). *El dron método de levantamiento topográfico más eficaz para el municipio de Villanueva departamento del Casanare Colombia*.  
<http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/40316>
- CONCOORD - Conversión y Transformación Coordenadas - Información general. (2016).
- CONCOORD - Conversión y Transformación Coordenadas—Información general.  
<https://eab-sigue.maps.arcgis.com/home/item.html?id=3d6e409767874e14b1155407b49d6a92>
- Congreso 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*.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>
- Congreso 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*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43388>

Congreso de Colombia. (2019). *Ley 1978 de 2019, por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=98210>

Del Río Santana, O., Gómez Córdova, F. de J., López Carrillo, N. V., Sáenz Esqueda, J. A., & Espinoza Fraire, A. T. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería, 14(2)*, 1-10.

Foto arquitectura. (2020, junio 15). *¿Qué es fotogrametría?* Render arquitectura.

<https://www.renderarquitectura.mx/post/que-es-fotogrametría>

Geocom. (2022). *Creación de ortofotos e imágenes rectificadas.*

Geocom. <https://www.geocom.cl/blogs/consejos-tbc/consejo-tbc-n-49-creacion-de-ortofotos-e-imagenes-rectificadas>

Geoilenergy. (s. f.). *Global Mapper | GeOilEnergy*. Recuperado 2 de agosto de 2023, de

<https://www.geoilenergy.com/es/software/geosoluciones/global-mapper>

Hilario Tacca, Q. (2020). Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275291>

IGAC. (2022). *¿En qué consiste un levantamiento topográfico?* Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico>

Jiménez Calero, N. M., Magaña Monge, A. O., & Soriano Melgar, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos* [Tesis de Pregrado, Universidad del Salvador].

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20total%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20Drones%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf>

Mejía, A., Ospina, F., Sierra, A., & Zapata, O. (2007). *Propuesta de modernización de enseñanza de topografía en la facultad de minas*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77862/CUADERNOS\\_TOPOGRAFIA\\_ALTIMETRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77862/CUADERNOS_TOPOGRAFIA_ALTIMETRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

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

<https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Resoluciones%20TA%202018/RESL.%20%20N%C2%B0%2004201%20%20DIC%2027%20de%20%202018.pdf>

Orozco, C. (2023). *Planeación*. <https://guiadelempresario.com/administracion/planeacion/>

Presidente 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*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=136671>

Pymet. (s. f.). Levantamiento Topográfico. *Pymet - Proyectos y mediciones topográficas*.

Recuperado 22 de julio de 2023, de <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>

¿Qué es una obra Civil? ((H.Otero,L.S)).¿*Qué es una obra Civil?*

[https://www.hermanosotero.com/que-es-una-obra-civil\\_fb81647.html](https://www.hermanosotero.com/que-es-una-obra-civil_fb81647.html)

¿Qué es la Arquitectura? (concepto). *¿Qué es la Arquitectura?* <https://concepto.de/arquitectura-2>

¿Qué es AutoCAD y cuáles son sus características principales? (2022, junio 7). *¿Qué es AutoCAD y cuáles son sus características principales?* 3Dnatives.

<https://www.3dnatives.com/es/autocad-cuales-caracteristicas-del-software-020420202/>

¿Qué es la topografía? (2020, febrero 21). *¿Qué es la topografía?* Escuela Europea Versailles.

<https://escuelaversailles.com/topografia/>

¿Qué es la topografía? (Jack Mc Cormac, 2006). *Topografía*

<https://es.slideshare.net/slideshow/topografia-mc-cormac/50169440>

¿Qué es Planimetría?. (2020, septiembre 15). *Que es Planimetría*. Arcux.

<https://arcux.net/blog/que-es-planimetria/>

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*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=136670>

Resources. (s. f.). *¿Qué es ArcGIS?* Recuperado 2 de agosto de 2023, de

<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Rodao, L. (2021). *Google Earth y Google Maps*. prezi.com.

<https://prezi.com/p/bkvivyms3oab/google-earth-y-google-maps/>

Rodríguez, S. (2021). *¿Qué es un plan de obra y por qué debes conocerlo?*

<https://www.admagazine.com/arquitectura/que-es-un-plan-de-obra-importancia-en-la-arquitectura-20201002-7520-articulos>

Superintendencia de Notariado y Registro. (2021). *Manual de Supervisión e Interventoría para la Superintendencia de Notariado y Registro*.

<https://servicios.supernotariado.gov.co/files/portal/sgc-204-2021111192014.pdf>

Topografía - Concepto, historia, ramas, usos y medición. (2020). *Topografía—Concepto, historia, ramas, usos y medición*. <https://concepto.de/topografia/>

Unidades Administrativas Especiales. (2018). *Resolución número 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»*. vLex. <https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-01594-2018-729748773>

Wingtra. (2019). *Topografía con un dron: ¿Cuáles son los beneficios y cómo empezar?*

<https://wingtra.com/es/aplicaciones-cartograficas-drones/topografia-sig/>

**Apéndice**

**Apéndice A.** *Informe técnico topografía 2019*

**Apéndice B.** *Informe de reporte ortomosaico*