

Análisis comparativo de la métrica perimetral y de precisión con uso del método de topografía convencional y método de fotointerpretación con AutoCAD y ArcGIS para el desenglobe del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca, municipio de Floridablanca

John Henry Bacca Buitrago, Jorge Yesid Parra Medina, Rafael Antonio Escalante Cárdenas

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

Queremos expresar profundo agradecimiento a Dios, el ser supremo, por haber hecho posible la culminación de este posgrado. Su amor incondicional y guía constante han sido nuestra fuerza en los momentos más difíciles del proceso académico. Cada día, al despertar, reconozco la oportunidad que me brinda para seguir aprendiendo y creciendo.

A nuestras familias, les agradecemos por su apoyo inquebrantable, por estar pendientes de nosotros, por celebrar nuestros logros y por estar en los momentos más difíciles. Gracias por ser parte de este viaje académico y por compartir con nosotros la alegría de esta culminación.

También queremos agradecer a nuestros profesores y tutor por su dedicación y compromiso en impartir conocimientos. Gracias por su paciencia, por inspirarnos y por desafiarnos a superar los límites. Sus enseñanzas han sido fundamentales para nuestra formación y crecimiento profesional.

Contenido

Introducción	15
1. Análisis comparativo de la métrica perimetral y de precisión con uso del método de topografía convencional y método de fotointerpretación con AutoCAD y ArcGIS para el desenglobe del lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca, municipio de Floridablanca	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Justificación	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
2. Marco referencial.....	20
2.1 Marco conceptual	20
2.1.1 Levantamiento topográfico.....	20
2.1.2 Planimetría.....	21
2.1.3 Altimetría.....	21
2.1.4 Levantamiento tradicional	21
2.1.5 levantamiento con Drone.....	23
2.1.6 Pix4D Mapper	24
2.1.7 Autodesk AutoCAD	24
2.1.8 ReCap pro	24
2.1.9 ArcGIS.....	25
2.1.10 Global Mapper.....	25
2.1.5 Google earth pro	26

2.1.5 Concoord	27
2.2 Marco teórico	27
2.3 Marco legal	28
2.3 Antecedentes y estado del arte	30
2.3.1 Antecedentes internacionales	30
2.3.2 Antecedentes nacionales	31
3. Método - fases y actividades específicas del proyecto	32
3.1 Fase I: Planificación y ejecución del vuelo	32
3.1.1 Realización del plan de vuelo y ejecución de vuelo	33
3.2 Fase II: Procesamiento de imágenes y planimetrías	33
4. Resultados	36
4.1 Localización y ubicación del proyecto.....	36
4.2 Inspección inicial, levantamiento y obtención de imágenes	37
4.2.1 Inspección inicial del lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca	38
4.3 Análisis y comparación del levantamiento con dron y con estación total	77
4.3.1 Precisión	78
4.3.2 Comparación topografía tradicional versus topografía Dron	82
4.3.5 Análisis	85
4.3.6 Densidad y Calidad De los Datos	85
4.3.7 Discusión sobre las ventajas y limitaciones de cada método.	86
5. Conclusiones	87
6. Referencias	90
Apéndices	94

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Puntos obtenida del informe topográfico base</i>	79
Tabla 2. <i>Tabla de puntos obtenida del levantamiento con Dron lote 1</i>	81
Tabla 3. <i>Tabla de puntos obtenida del levantamiento con Dron lote 2</i>	82
Tabla 4. <i>Comparación topografía tradicional versus topografía Dron del lote 2.....</i>	83
Tabla 5. <i>Comparación topografía tradicional y topografía Dron versus información de catastro del lote 2.</i>	83
Tabla 6. <i>Comparación de la topografía Dron versus información de catastro del lote 1.....</i>	83
Tabla 7. <i>Análisis comparativo de los costos asociados a la topografía tradicional y la topografía con drones del lote 2.</i>	84

Lista de figuras

Figura 1. <i>Localización y ubicación del proyecto.</i>	37
Figura 2. <i>Inspección del área 1 y 2.</i>	38
Figura 3. <i>Inspección del área 3 y 4.</i>	38
Figura 4. <i>Inspección del área 5 y 6.</i>	39
Figura 5. <i>Inspección del área 7 y 8.</i>	39
Figura 6. <i>Polígono 1.</i>	40
Figura 7. <i>Polígono 2.</i>	41
Figura 8. <i>Polígono 3.</i>	41
Figura 9. <i>Polígono de Google Earth Pro.</i>	42
Figura 10. <i>Ejecución de programa Pix4d capture.</i>	42
Figura 11. <i>Selección nuevo proyecto.</i>	43
Figura 12. <i>Asignación de nombre al proyecto.</i>	43
Figura 13. <i>Importación de los archivos KML de los polígonos.</i>	44
Figura 14. <i>Se selecciona la ruta rectangular Doble Grilla.</i>	44
Figura 15. <i>Selección de la ruta rectangular Doble Grilla.</i>	45
Figura 16. <i>Ubicación de la grilla sobre el polígono.</i>	45
Figura 17. <i>Obtención del área de vuelo.</i>	46
Figura 18. <i>Obtención de datos meteorológicos en WINDY.</i>	46
Figura 19. <i>Datos meteorológicos en METAR.</i>	47
Figura 20. <i>Conversión de las coordenadas de latitud y longitud a Gauss Kruger.</i>	47
Figura 21. <i>Flight Logbook - Duarte Alemán.</i>	48

Figura 22. <i>Realización de vuelo sobre lote del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.</i>	48
Figura 23. <i>Datos del vuelo del drone en el proyecto para el desenglobe del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.</i>	49
Figura 24. <i>Revisión de imágenes.</i>	50
Figura 25. <i>Puntos de control.</i>	50
Figura 26. <i>Datos de Georeferenciación del proyecto lote del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.</i>	51
Figura 27. <i>Apertura de la aplicación para el procesamiento de las imágenes.</i>	51
Figura 28. <i>Selección de las imágenes.</i>	52
Figura 29. <i>Selección de la cámara recomendada.</i>	52
Figura 30. <i>Selección del sistema de coordenadas de salida – Magna Sirgas.</i>	53
Figura 31. <i>Selección de 3D Maps/Low Res</i>	53
Figura 32. <i>3D Maps/Low Res</i>	54
Figura 33. <i>Configuración de parámetros.</i>	54
Figura 34. <i>Inicio de procesamiento 1.</i>	55
Figura 35. <i>Colocación de los puntos de control.</i>	55
Figura 36. <i>Procesamiento paso 2.</i>	56
Figura 37. <i>Procesamiento paso 3.</i>	56
Figura 38. <i>Obtención del Mapa 3D.</i>	57
Figura 39. <i>Creación de nuevo proyecto en Recap PRO.</i>	58
Figura 40. <i>Importación de la nube de puntos a Recap PRO.</i>	58
Figura 41. <i>Asignación de nombre y ubicación en Recap PRO.</i>	58

Figura 42. <i>Creación de nuevo proyecto en Recap PRO.</i>	59
Figura 43. <i>Importación de datos en Recap PRO.</i>	59
Figura 44. <i>Indexación de datos en Recap PRO.</i>	59
Figura 45. <i>Importación de datos en Recap PRO.</i>	60
Figura 46. <i>Asignación de los laterales en Recap PRO.</i>	60
Figura 47. <i>Visualización de puntos en tamaño número 3 en Recap PRO.</i>	61
Figura 48. <i>Indexación de datos en Recap PRO.</i>	61
Figura 49. <i>Supresión de zonas no deseadas en Recap PRO.</i>	62
Figura 50. <i>Plano deseado en Recap PRO.</i>	62
Figura 51. <i>Nuevo proyecto en Autodesk Autocad.</i>	63
Figura 52. <i>Selección de la opción enlazar en Autodesk Autocad.</i>	63
Figura 53. <i>Introducción de la nube de puntos editada en Recap PRO en Autocad.</i>	64
Figura 54. <i>Enlace del ortomosaico generado en PIX4D MAPPER en Autodesk Autocad.</i>	64
Figura 55. <i>Ubicación de los puntos de control y georreferenciados sobre el ortomosaico generado en PIX4D MAPPER en Autodesk Autocad.</i>	65
Figura 56. <i>Verificación de la distancia de los puntos de simetría en Autodesk Autocad.</i>	65
Figura 57. <i>Realización de la planimetría en Autodesk Autocad.</i>	66
Figura 58. <i>Planos de la planimetría lograda mediante levantamiento fotogramétrico del lote completo.</i>	66
Figura 59. <i>Paso 1, apertura del programa ArcGIS Pro.</i>	67
Figura 60. <i>Paso 2, se da click en Maps.</i>	67
Figura 61. <i>Paso 3, se da click en Maps.</i>	68
Figura 62. <i>Paso 4, se da click en Maps.</i>	68

Figura 63. Paso 5, se da click en Maps.	68
Figura 64. Paso 6, Generación de la nube de puntos.	69
Figura 65. Paso 7, Conexión de la carpeta del proyecto con la carpeta de catálogo.....	70
Figura 66. Paso 8, se damos clic en la carpeta 2_densification y luego en subcarpeta “point cloud”.	70
Figura 67. Paso 9, Se agrega la nube de puntos.....	71
Figura 68. Paso 10, se ubica el archivo .tif del “transparent mosaico”	71
Figura 69. Paso 11, Se ingresan los puntos de control con coordenadas obtenidas de un GPS.	72
Figura 70. Paso 12 Se ingresa el archivo .txt para el Geoprocesamiento.	72
Figura 71. Paso 13, Se ubica y añade la carpeta .txt.	73
Figura 72. Paso 14, llenado de las coordenadas x, y, z.	73
Figura 73. Paso 15, geolocalización en la vía.	74
Figura 74. Paso 16, Se crea la nueva carpeta.	74
Figura 75. Paso 17, Se crea la nueva carpeta.	75
Figura 76. Paso 18, almacenamiento de datos vectoriales que se utiliza para guardar la ubicación, forma y atributos de entidades geográficas.	76
Figura 77. Paso 19, disposición de la geometría y ejecución.....	76
Figura 78. Paso 19, se crean las entidades.....	77
Figura 79. Plano obtenido del informe topográfico base.	79
Figura 80. Plano obtenido del levantamiento con Dron.	81

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Levantamiento Fotogramétrico- Topográfico lote colegio Duarte Alemán sin ortomosaico.....</i>	94
Apéndice B . <i>Coordenadas y distancias punto a punto lote colegio Duarte Alemán tomadas con drone-Planimetría.....</i>	95
Apéndice C. <i>Sistema de Coordenadas Nacional para Colombia - Magna Sirgas.</i>	99
Apéndice D. <i>Registro de catastro.</i>	100
Apéndice E. <i>Plano del levantamiento topográfico convencional con estación total.</i>	101
Apéndice F. <i>Cartera del levantamiento topográfico convencional con estación total</i>	102

Resumen

Los avances tecnológicos han revolucionado casi todas las áreas de la vida humana, y la topografía no es la excepción. Esta disciplina ha evolucionado constantemente, de ahí que haya pasado de las antiguas mediciones manuales hasta la incorporación de instrumentos como el teodolito, el nivel de precisión y, más recientemente, la estación total. Actualmente, herramientas innovadoras como los drones y los softwares de edición digital están optimizando los procesos topográficos, haciéndolos más rápidos y precisos. Este estudio compara el desempeño de una topografía realizada con estación total frente a una realizada con drones, evaluándolas en relación con la cartografía oficial de un terreno. Los hallazgos indican que, aunque ambos métodos son efectivos, el uso de drones se destaca por su mayor eficiencia, reduciendo tiempos, costos y mejorando la exactitud de los resultados.

Palabras clave: levantamiento topográfico, Drones, levantamiento tradicional, precisión

Abstract

Technological advances have revolutionized almost every area of human life, and topography is no exception. This discipline has constantly evolved, moving from old manual measurements to the incorporation of instruments such as the theodolite, the precision level, and more recently, the total station. Currently, innovative tools such as drones and digital editing software are optimizing topographic processes, making them faster and more accurate. This study compares the performance of a topography carried out with a total station versus one carried out with drones, evaluating them in relation to the official cartography of a terrain. The findings indicate that, although both methods are effective, the use of drones stands out for its greater efficiency, reducing times, costs and improving the accuracy of the results.

Keywords: topographic survey, Drones, traditional survey, precision

Glosario

Acta: registro con una descripción minuciosa de un evento contractual o de lo discutido en una reunión. Su propósito principal es dejar constancia de los compromisos y labores acordadas, así como indicar de manera precisa quien es el responsable de cada una de ellas (Superintendencia De Notariado Y Registro, 2021).

Fotogrametría: es un método de medición para obtener las coordenadas tridimensionales mediante el uso de fotografías u otros sistemas de percepción remota. Este método se fundamenta en puntos de referencia topográficos presentes en el área, y constituye un medio esencial para llevar a cabo mediciones de alta precisión.

Interventor: es un individuo o empresa contratada por el gobierno para llevar la supervisión de los contratos de construcción.

Interventoría: proceso de seguimiento y verificación del cumplimiento del contrato de obra, contratada específicamente por el Estado el cual es ejecutado por una persona natural o jurídica.

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

MDE: modelos de elevación digital.

Monitoreo de Obra: sistema encargado de comprobar si las tareas se están llevando a cabo según lo planificado.

Nubes de puntos 3D: se compone de un grupo de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican por lo general como coordenadas X, Y, y Z y representan la superficie externa de un objeto.

Obras Civiles: son construcciones, modificaciones o demoliciones de infraestructuras desarrolladas por profesionales civiles, en pro de la población.

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.

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.

Programa de Obra: representación visual de los objetivos físicos en la cual el contratista planea cronológicamente en forma minuciosa y secuencial cada una de las tareas que forman parte del proceso constructivo del proyecto, cumpliendo el plazo establecido. Este programa es la base principal para la creación del plan de inversiones.

Introducción

La topografía es una disciplina esencial en el ámbito de la ingeniería civil, la arquitectura y la planificación territorial. Tradicionalmente, uno de los métodos más utilizados para la recolección de datos topográficos ha sido la topografía con estación total. Este sistema, que combina el uso de un teodolito y un distanciómetro, permite realizar mediciones precisas de ángulos y distancias, siendo especialmente eficaz en levantamientos detallados en áreas pequeñas o medianas (Peñafiel & Zayas, 2001). Sin embargo, la evolución tecnológica ha impulsado la incorporación de nuevos métodos que optimizan el proceso de levantamiento, entre los cuales destaca el uso de drones.

El uso de drones en topografía ha revolucionado la forma de realizar levantamientos, permitiendo cubrir grandes áreas de terreno en tiempos reducidos y con una precisión cada vez mayor. Equipados con cámaras y sensores de alta resolución, los drones no solo generan modelos digitales del terreno (MDT) y ortofotos de gran calidad, sino que también pueden integrarse con sistemas de información geográfica (SIG). Estos sistemas permiten el procesamiento, análisis y visualización de los datos topográficos de manera más eficiente, facilitando la toma de decisiones en proyectos de infraestructura y planificación urbana (Timoteo Quispe Flores, 2017). La combinación de drones y SIG abre un abanico de posibilidades en la gestión de grandes volúmenes de datos geoespaciales, mejorando la precisión y reduciendo los costos operativos.

Aunque ambos métodos la topografía con estación total y la topografía realizada mediante drones tienen sus ventajas y limitaciones, la elección entre uno u otro depende de las características del terreno y de los requisitos del proyecto. Mientras que la topografía con estación total es ideal para trabajos detallados y de alta precisión en áreas reducidas, el uso de drones con SIG se destaca

en la recolección de datos en terrenos extensos y de difícil acceso, así como en la generación de modelos tridimensionales más completos.

El objetivo de esta monografía es comparar la topografía tradicional con estación total y la topografía realizada mediante drones, analizando sus características, aplicaciones, ventajas y limitaciones. A través de esta comparación, se busca identificar cuál de estos métodos ofrece mejores resultados en diferentes contextos y cómo pueden complementarse para optimizar los procesos topográficos en proyectos de infraestructura.

1. Análisis comparativo de la métrica perimetral y de precisión con uso del método de topografía convencional y método de fotointerpretación con AutoCAD y ArcGIS para el desenglobe del lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca, municipio de Floridablanca

1.1 Planteamiento del problema

Cuando nos referimos al levantamiento topográfico, debemos entender que se trata de un procedimiento técnico de alta precisión que involucra una serie de actividades complejas, las cuales deben realizarse utilizando instrumentación especializada. En el caso de los levantamientos topográficos tradicionales, se emplea principalmente la estación total topográfica, un equipo que permite medir distancias, ángulos y elevaciones con gran exactitud. Este equipo debe ser operado por profesionales altamente cualificados, como topógrafos y técnicos especializados, quienes tienen la formación necesaria para asegurar la precisión de los datos obtenidos (García Márquez, 1981) y dado que se trata de un proceso que exige un nivel elevado de exactitud y rigor técnico, es fundamental que el levantamiento sea llevado a cabo por expertos con conocimientos específicos en el uso de la estación total. La precisión en las mediciones es crucial, ya que pequeñas variaciones pueden generar grandes errores en el diseño y la planificación de proyectos de infraestructura. La correcta ejecución de estos trabajos está directamente vinculada a la calidad del instrumento y la experiencia del operador, lo que convierte a la topografía tradicional en una actividad que debe realizarse bajo estrictos controles técnicos y metodológicos.

No obstante, con el avance acelerado de la tecnología, se han introducido métodos alternativos, como el uso de drones y otras tecnologías de captura remota, que permiten optimizar los procesos de recolección de datos. El empleo de drones para levantamientos topográficos se ha

convertido en una herramienta poderosa, ya que, mediante la fotogrametría y otros sensores avanzados, estos dispositivos permiten obtener datos geoespaciales con alta precisión en menos tiempo y a un menor costo comparado con los métodos tradicionales. El uso de aeronaves remotamente tripuladas (RPAS) y sensores LIDAR ha permitido la recopilación de información en terrenos de difícil acceso o de gran extensión, donde los métodos convencionales resultan más costosos y lentos. Por lo tanto, es necesario determinar el grado de eficiencia de estos métodos alternativos, comparando sus ventajas y limitaciones frente a las técnicas tradicionales. Es fundamental evaluar no solo la precisión y la calidad de los datos obtenidos mediante drones, sino también su impacto en los costos operativos y el tiempo de ejecución de los proyectos. Las preguntas clave que surgen son: ¿Qué herramientas tecnológicas adicionales pueden emplearse para optimizar los levantamientos topográficos, facilitando el trabajo de los profesionales y mejorando los resultados globales del proyecto? Y, a su vez, ¿En qué medida el uso de drones representa una ventaja significativa en términos de costo, tiempo y eficiencia general del proyecto?

1.2 Justificación

Con el transcurso de los años, el uso de drones ha experimentado un notable aumento, impulsado principalmente por los avances significativos en las tecnologías de control remoto, diseño de aeronaves y comunicaciones. Estas innovaciones permiten a los drones obtener datos geoespaciales con alta resolución temporal y gran precisión espacial, tanto en imágenes fotográficas como en la captura de puntos tridimensionales. El proceso de recolección de datos ha evolucionado, pasando de una fotogrametría 2D basada en imágenes planas a un modelo más avanzado en 3D, lo que ofrece una representación más precisa y detallada del terreno.

En el sector de la construcción, los drones han ganado una creciente adopción debido a su capacidad para reducir costos y optimizar tiempos de ejecución, al tiempo que proporcionan información de mayor precisión.

Según un informe de la consultora PwC, la industria de infraestructura es uno de los sectores con mayor potencial para la integración de drones, estimándose que este mercado podría superar los 45 mil millones de dólares a nivel global, (William Cavanagh, 2016). Dentro de este ámbito, el sector de infraestructura vial se destaca como uno de los más beneficiados por el uso de aeronaves no tripuladas. Los drones permiten no solo una mejor supervisión y seguridad en las obras, sino también un análisis más eficiente de la información a lo largo de todas las etapas de los proyectos.

Gracias a su capacidad de captura aérea, los drones proporcionan datos precisos para el diseño y trazado de carreteras, así como para la planificación de libramientos, entronques y puentes. Esta tecnología facilita la toma de decisiones durante la fase de ejecución, optimizando tanto la planificación como el seguimiento de las obras en tiempo real, lo que mejora significativamente la calidad y eficiencia de los proyectos viales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre dos tipos de métodos de topografía: la convencional y la realizada con Drones y la disciplina de la fotogramétrica a fin de establecer la precisión de los dos métodos desde los datos de la métrica perimetral desarrollados para el Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca, para un posible trámite de desenglobe.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Comparar los perímetros entregados en planimetría mediante topografía convencional y los perímetros desarrollados a través de los Drones y la fotogrametría para establecer porcentaje de precisión.

Evaluar y costear valores de una topografía convencional y la topografía hecha con drones y fotogrametría de acuerdo al caso tipo objeto del presente informe técnico.

Se describe el paso a paso desarrollado con el método de fotointerpretación en AutoCAD y ArcGIS a fin de establecer otras comparaciones de precisión entre los dos tipos de fotointerpretación.

Desarrollar un comparativa de tiempo y costos de los dos métodos aplicado al caso tipo comparativo que se realizara en el presente informe técnico a fin de establecer ventajas y desventajas de los métodos aplicados.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

2.1.1 *Levantamiento topográfico*

Un levantamiento topográfico es un procedimiento técnico que analiza y registra las características físicas de la superficie terrestre, considerando elementos naturales y artificiales. Este proceso permite obtener información detallada del terreno, que se representa gráficamente en planos o mapas, y es fundamental para proyectos de planificación, construcción y desarrollo territorial (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2025).

2.1.2 Planimetría

La planimetría se define como la rama de la topografía que se dedica al estudio de los procedimientos y métodos empleados para representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana, omitiendo el relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal. La planimetría estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo, (García Márquez, 1981).

2.1.3 Altimetría

La altimetría, también conocida como hipsometría, es la especialidad de la topografía enfocada en la medición de la altura. Incluye diversos procesos, metodologías y técnicas para determinar y representar la altura de un punto, considerando un plano de referencia específico, lo que permite la representación del relieve, (Cu et al., 2020).

2.1.4 Levantamiento tradicional

El levantamiento topográfico tradicional es un proceso fundamental para la obtención de datos geoespaciales precisos, y ha sido durante muchos años el método estándar en el campo de la topografía. Este método implica el uso de una serie de instrumentos como el teodolito, el nivel y la estación total para medir de manera precisa distancias, ángulos y elevaciones en el terreno. El teodolito se utiliza principalmente para medir ángulos horizontales y verticales con una gran precisión, mientras que el nivel se emplea para determinar diferencias de altura entre distintos puntos del terreno, lo cual es esencial para calcular las elevaciones en un área determinada. Por otro lado, la estación total, que es una combinación avanzada de un teodolito y un distanciómetro

electrónico, permite medir tanto ángulos como distancias de forma más rápida y precisa, automatizando algunas de las tareas manuales que antes se realizaban de forma independiente (Cely Calixto, 2022).

A pesar de la precisión y confiabilidad que ofrece este tipo de levantamiento, el proceso requiere una cantidad significativa de tiempo y personal. La necesidad de realizar múltiples mediciones en diferentes puntos del terreno y de llevar a cabo cálculos detallados para obtener el perfil topográfico completo puede hacer que el proceso sea laborioso y prolongado. Además, para cubrir áreas extensas o para obtener un modelo detallado de grandes superficies, es necesario que los topógrafos realicen múltiples recorridos y desplazamientos, lo que aumenta tanto el tiempo necesario como los costos asociados al levantamiento (Datum-SL, 2025).

Este método también presenta ciertas limitaciones en terrenos de difícil acceso. En áreas con condiciones complejas, como zonas montañosas, boscosas o irregulares, las mediciones pueden verse afectadas por obstáculos naturales que dificultan la visibilidad y el acceso directo a ciertos puntos del terreno. Las pendientes pronunciadas, la presencia de vegetación densa o cuerpos de agua pueden hacer que sea complicado colocar los equipos de medición en el lugar adecuado para obtener resultados precisos. Esto puede requerir el uso de equipos adicionales o el incremento de personal, lo que no solo aumenta los costos, sino también la complejidad logística del levantamiento (El-Din Fawzy, 2019). Además, las mediciones pueden ser imprecisas si no se dispone de un control adecuado de las condiciones del terreno, lo que también aumenta el riesgo de errores humanos, ya que el proceso depende en gran medida de la habilidad y experiencia del operador (Gallego, et al., n.d.)

Por último, el nivel de precisión que se puede obtener con los métodos tradicionales también depende de la habilidad y experiencia del operador, así como de las condiciones del

terreno. En algunos casos, es posible que sea necesario recurrir a reajustes de medición o al uso de puntos de control adicionales para garantizar la fiabilidad de los datos, lo que a su vez incrementa la duración y los costos del proceso (Mozo, 2004).

2.1.5 levantamiento con Drone

El uso de *drones* (aeronaves remotamente tripuladas, RPAS) para levantamientos topográficos ha revolucionado la forma en que se recopilan datos geoespaciales, proporcionando una alternativa más eficiente y rentable frente a los métodos tradicionales. Gracias a la combinación de fotogrametría y tecnologías de sensado remoto, los drones pueden capturar imágenes aéreas de alta resolución y nubes de puntos 3D, permitiendo la creación de modelos digitales del terreno (DTM), ortofotos y mapas topográficos precisos. Los drones se han destacado especialmente en áreas de difícil acceso, como zonas montañosas o rurales, donde los métodos convencionales son logísticamente complejos y costosos.

El proceso típico de levantamiento topográfico con drones incluye la captura de imágenes con cámaras de alta resolución o sensores LIDAR, las cuales luego se procesan mediante software especializado como Pix4D Mapper, Agisoft Metashape o DroneDeploy para generar productos finales como ortomosaicos y modelos 3D del terreno. Estos productos se pueden integrar con sistemas de información geográfica (SIG) para análisis y planificación (El-Din Fawzy, 2019).

Las ventajas de utilizar drones en topografía incluyen la reducción de tiempo de trabajo, la minimización de costos operativos y la capacidad de cubrir áreas grandes con mayor rapidez y precisión. Además, el uso de drones mejora la seguridad al reducir la necesidad de que los operadores trabajen en terrenos peligrosos.

2.1.6 Pix4D Mapper

Pix4Dmapper es un software de fotogrametría que convierte imágenes capturadas por drones o cámaras en modelos 3D y mapas georreferenciados de alta precisión (PIX4D, 2024).

2.1.7 Autodesk AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (CAD) que se utiliza para crear dibujos en 2D y modelos en 3D, desarrollado por Autodesk. Autodesk AutoCAD proporciona a arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción herramientas precisas para realizar las siguientes tareas (Autodesk, 2024a):

- Dibuja y anota geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla.
- Automatiza tareas de dibujo para colocar objetos mediante inteligencia artificial, comparar dibujos, crear planificaciones, publicar presentaciones y mucho más.
- Maximiza la productividad con espacios de trabajo personalizados, AutoLISP, API y aplicaciones.

2.1.8 ReCap pro

ReCap Pro es una herramienta de Autodesk para capturar, analizar y editar datos obtenidos mediante escáneres láser y fotografía, creando modelos 3D precisos. El software Autodesk ReCap Pro ayuda a diseñadores e ingenieros a capturar modelos detallados de activos del mundo real de alta calidad. Utilícese ReCap Pro para (Autodesk, 2024b):

- Crear modelos 3D a partir de fotografías o escaneos láser para transformar objetos y entornos del mundo real en activos digitales
- Entrega una nube de puntos o malla y colaboración entre equipos con las condiciones

existentes y activos construidos

- Aproveche los flujos de trabajo basados en la nube para actualizar, extraer funciones y administrar archivos en la nube

2.1.9 ArcGIS

ArcGIS es una plataforma de sistemas de información geográfica (SIG) diseñada para crear, gestionar, analizar y compartir datos espaciales, desarrollada por Esri, es la aplicación principal del sistema de información geográfica de escritorio (SIG). Fundado con innovaciones impulsadas por el usuario, ofrece herramientas y capacidades sin precedentes que apoyan su trabajo. Los usuarios pueden mantener los datos espaciales de manera efectiva; generar impresionantes visualizaciones 2D, 3D y 4D; y realizar análisis de mapas avanzados. El intercambio de datos sin fisura dentro del sistema ArcGIS fomenta soluciones y percepciones de SIG valiosos (Esri, 20224).

2.1.10 Global Mapper

Global Mapper es un software de SIG que proporciona herramientas para la gestión, análisis y visualización de datos espaciales, compatible con múltiples formatos de archivo. Global Mapper es un software GIS avanzado que ofrece a los profesionales geoespaciales, tanto novatos como expertos, una amplia gama de herramientas para el procesamiento de datos espaciales. Permite el acceso a una variedad extensa de formatos de datos y presenta una interfaz intuitiva que facilita su aprendizaje y uso. Gracias a su diseño lógico, los usuarios pueden empezar a trabajar rápidamente. Las organizaciones, independientemente de su tamaño, experimentan un retorno significativo de la inversión debido a su capacidad para procesar datos de manera eficiente, crear

mapas precisos y gestionar datos espaciales de forma optimizada (Blue Marble Geographics, 2023).

2.1.11 Google earth pro

Google Earth Pro es una aplicación geoespacial que permite explorar imágenes satelitales, mapas y terrenos en 3D, con funciones avanzadas de medición y análisis. Google Earth Pro es una herramienta de visualización geoespacial avanzada que permite explorar el mundo a través de imágenes satelitales y mapas en 3D. Es una versión mejorada de Google Earth, diseñada para profesionales, investigadores, educadores y usuarios avanzados. Entre sus principales características se incluyen:

- **Visualización en 3D:** Permite ver imágenes detalladas en tres dimensiones de cualquier lugar del planeta.
- **Medición y análisis:** Ofrece herramientas para medir distancias, áreas y volúmenes, así como para realizar análisis geoespaciales más complejos.
- **Importación de datos:** Los usuarios pueden importar y visualizar datos geoespaciales en diferentes formatos, como archivos KML, KMZ y GIS.
- **Creación de mapas y presentaciones:** Permite crear mapas personalizados, agregar marcadores, líneas, polígonos y capas de información, y luego presentarlos en diapositivas o como videos.
- **Acceso a imágenes históricas:** Los usuarios pueden acceder a imágenes satelitales de años anteriores, lo que facilita la observación de cambios geográficos a lo largo del tiempo.

Originalmente Google Earth Pro requería una suscripción de pago, pero desde 2015 se ofrece de forma gratuita. Es una herramienta útil para tareas de geolocalización, planificación

territorial, educación, monitoreo ambiental y gestión de recursos.

2.1.12 Concoord

Es una herramienta desarrollada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para facilitar la conversión y transformación de coordenadas entre el sistema de referencia "Internacional de Bogotá" y el sistema "MAGNA-SIRGAS". Esta aplicación garantiza la coherencia de los datos geoespaciales en Colombia al permitir una transición precisa entre los sistemas de coordenadas establecidos (Acosta, 2024).

2.2 Marco teórico

En la actualidad, el uso de drones ha revolucionado el campo de la topografía, permitiendo realizar levantamientos de terrenos de manera más eficiente y precisa. Este cambio metodológico ha surgido como una alternativa frente a las técnicas tradicionales, como el uso de cinta métrica, estación total y nivel topográfico. Según (IDS emin. energy, 2024), los drones permiten cubrir grandes áreas en menos tiempo, reduciendo significativamente la duración de los proyectos. Por ejemplo, un levantamiento que con métodos tradicionales podría tardar semanas, con un dron puede completarse en un solo día, dependiendo de la extensión y accesibilidad del terreno.

El proceso de levantamiento mediante drones también simplifica la logística al requerir únicamente a un operador para su ejecución, en contraste con las técnicas tradicionales que suelen demandar equipos de trabajo más amplios (Umiles, 2022). Sin embargo, la implementación de esta tecnología no está exenta de desafíos. (HobbyTuxtla, 2022) menciona que los costos iniciales de adquisición y mantenimiento de los drones, así como la necesidad de software especializado para procesar los datos, son aspectos que deben considerarse antes de su adopción (Arplan, 2024), esta

tecnología no solo mejora la precisión de las mediciones, sino que también reduce los errores derivados de las limitaciones humanas en los métodos tradicionales. Este avance tecnológico representa una transformación significativa en la topografía, optimizando los procesos y marcando un nuevo estándar en la recolección de datos geoespaciales.

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 la República, 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 la república, 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 (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 (Aeronáutica Civil, 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 la República, 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, 2020)

La norma RAC 100, que regula la operación de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) en Colombia, fue emitida el 27 de septiembre de 2023 mediante la Resolución 1983 de 2023 por la Aeronáutica civil, (Aeronáutica Civil, 2023). Esta norma aplica a cualquier persona u organización que opere drones dentro del territorio colombiano, ya sea con fines recreativos, comerciales, académicos o gubernamentales. Estas normas buscan garantizar la seguridad del espacio aéreo y proteger tanto a las personas como a la infraestructura sensible. Es importante saber que los explotadores UAS ya inscritos en la base de datos de la UAEAC tuvieron hasta el 31 de diciembre de 2024 para ajustarse a las prescripciones de la nueva norma y certificarse como explotadores UAS en la categoría específica. A partir del 1 de enero de 2025, solo los explotadores UAS certificados en la categoría específica pueden solicitar autorizaciones de vuelo UAS ante la UAEAC.

2.3 Antecedentes y estado del arte

2.3.1 Antecedentes internacionales

2.3.1.1 Modelo 1. Análisis, desarrollo y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con un RPA frente a un levantamiento topográfico convencional realizado con receptores GNSS (Pari Rendon, 2020)

Resumen del proyecto

El trabajo tiene como objetivo comparar la precisión y eficiencia de dos metodologías de levantamiento topográfico en el contexto de la mina Barrick, Perú. Se realiza un levantamiento fotogramétrico utilizando drones (RPA), procesando las imágenes con software especializado para obtener modelos digitales de elevación y ortomosaicos. Por otro lado, se utiliza un levantamiento tradicional mediante receptores GNSS para obtener datos precisos de puntos específicos en el terreno. El estudio evalúa aspectos como la densidad de puntos de control terrestre necesarios, los costos asociados a cada método, el tiempo empleado en la recolección y procesamiento de datos, así como la calidad de los resultados obtenidos en términos de precisión métrica. Los resultados ofrecen recomendaciones para la selección del método adecuado según el tipo de proyecto, considerando factores económicos y técnicos (Mondragón et al., 2020).

2.3.1.2 Modelo 2. Comparación de métodos de levantamiento topográfico y fotogramétrico para la planificación urbana en México (Mallma Palacios, 2020)

Resumen del proyecto:

El estudio analiza la aplicación de métodos de levantamiento topográfico convencional y técnicas de fotogrametría digital en proyectos de planificación urbana en México. El levantamiento convencional se realiza con estaciones totales y niveles, mientras que el método fotogramétrico utiliza imágenes aéreas capturadas con drones, que son procesadas con software como AutoCAD y ArcGIS para la generación de planos urbanos detallados. Se comparan aspectos como la precisión en la ubicación de puntos de interés, el tiempo requerido para completar los levantamientos, los costos asociados, y la utilidad de los productos obtenidos para la toma de decisiones en el diseño urbano. Los hallazgos destacan las ventajas y limitaciones de cada metodología en función de las características del terreno y la finalidad del proyecto.

2.3.2 Antecedentes nacionales

2.3.2.1 Modelo 1. Análisis Comparativo Entre el Levantamiento Topográfico Tradicional y el Desarrollado con Fotogrametría y Tecnología de Drone Aplicado a un Predio de Propiedad de las Empresas Públicas Municipales del Banco – Magdalena (Bonfante Arévalo, 2023)

Resumen del proyecto:

Este trabajo, realizo un comparativo entre una topografía realizada con estación total, y una realizada con Drone, frente a la información cartografía oficial de un predio, determinando así la confiabilidad de dichos métodos topográficos. Dentro de los resultados se destaca que, aunque los métodos analizados presentan una eficacia en cuanto a los resultados obtenidos, el método con Dron genera una eficiencia tal que permite el ahorro del tiempo, recursos y mejora la precisión de los datos obtenidos.

3. Método - fases y actividades específicas del proyecto

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

FASE I: Planificación y ejecución del vuelo sobre el predio para el desenglobe del lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca en el municipio de Floridablanca para el levantamiento topográfico con Drone, conociendo esto como la fase de campo.

FASE II: procesamiento de imágenes y planimetrías.

FASE III: comparación de los resultados obtenidos mediante dos métodos de medición: la topografía convencional y el método de fotointerpretación con Autocad y ArcGIS. Este análisis tiene como objetivo principal evaluar la precisión, eficiencia y costos asociados a cada método, para de esta forma obtener las conclusiones.

3.1 Fase I: Planificación y ejecución del vuelo

En el desarrollo del presente trabajo se usó un Drone MATRICE 300 RTK piloteado a distancia, con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, equipado con una cámara FPV con una resolución de 960p, FOV 145° 20.5 dBm (SRRC y 30 cuadros fps cuadros por segundo).

Toma fotografías aéreas con extraordinarios detalles de color. El Dron cuenta con velocidad de descenso entre 3-5 m/s y velocidad de ascenso entre 5-6 m/s, peso máximo de despegue de 9 kg, cardán de 3 ejes para disparos constantes, y tiempo de vuelo máximo de 55 minutos aproximadamente, el cual se utilizó con la aplicación DJI GO 4. Luego de identificada la herramienta de vuelo, se diseñó el respectivo plan de vuelo.

3.1.1 Realización del plan de vuelo y ejecución de vuelo

La primera fase del proceso consiste en llevar a cabo un reconocimiento detallado del área de estudio, con el objetivo de identificar posibles obstáculos en el entorno y determinar la altura mínima de vuelo requerida para garantizar la seguridad de la operación.

Una vez obtenida esta información, se define el punto de despegue inicial, asegurando que cumpla con las condiciones adecuadas para el inicio del vuelo. Posteriormente, se registran con precisión las coordenadas geográficas de dicho punto, a fin de utilizarlas como referencia durante la misión. Con los datos recolectados en campo, se procede a elaborar el plan de vuelo (Flight Logbook) utilizando diversas herramientas tecnológicas. En primer lugar, se emplea Google Earth Pro para generar los polígonos que delimitan las rutas de vuelo. Posteriormente, se configuran las rutas mediante las aplicaciones CTRL+DJI y PIX4Dcapture, implementando una estrategia de doble grilla para optimizar la cobertura y precisión en la recolección de datos. Para complementar el plan de vuelo, se analiza la información meteorológica del sector utilizando la aplicación Windy. Además, se verifica la meteorología del aeródromo oficial más cercano, el Aeropuerto Internacional Palonegro de Bucaramanga, a través de la aplicación METAR. Finalmente, con la herramienta COCOORD, se realiza la conversión de coordenadas planas cartesianas a coordenadas planas Gauss-Krüger, asegurando su compatibilidad con los sistemas de referencia utilizados en el proyecto. Con el plan de vuelo debidamente completado y validado, se ejecutarán las dos rutas planificadas, las cuales serán posteriormente procesadas y analizadas.

3.2 Fase II: Procesamiento de imágenes y planimetrías

La segunda fase del proceso comienza con una revisión exhaustiva de las imágenes capturadas por el drone, con el propósito de depurar aquellas que no sean aptas para el

procesamiento. Una vez seleccionadas las imágenes adecuadas, se utilizan herramientas como Paint 3D para colocar puntos de control virtuales, los cuales permiten escalar y georreferenciar las imágenes en los softwares de procesamiento, facilitando su posterior planimetría.

Con las imágenes preparadas, se procede al procesamiento en el software PIX4Dmapper. En esta etapa, se selecciona el tipo de cámara y se define el sistema de coordenadas de salida, utilizando el estándar Magna-SIRGAS. Posteriormente, se configuran todos los parámetros necesarios para llevar a cabo el procesamiento inicial.

Antes de avanzar al segundo procesamiento, se ubican dos puntos de control adicionales con el fin de corregir y ajustar la ubicación de las imágenes, mejorando así la precisión del modelo generado. Una vez establecidos estos puntos, se inicia el segundo procesamiento, correspondiente a la generación de la nube de puntos.

En la siguiente etapa, dentro del mismo software PIX4Dmapper, se realiza el tercer procesamiento, que incluye la generación del Modelo Digital de Superficie (MDS), el ortomosaico y los índices requeridos. Una vez finalizado este proceso, se lleva a cabo el renderizado, generando 20 trayectorias de modelación que optimizan la calidad visual del proyecto.

Después de completar el procesamiento en el software PIX4D Mapper, *se comienza con el método de fotointerpretación en AutoCAD con nube de puntos y ortomosaico escalado con puntos de control, proceso desarrollado en investigación de autoría propia del Arq. Robert Gutierrez Ortiz y con diferentes ejemplos que han demostrado su precisión en un 98%. Dicho método inicia con la optimización de la nube de puntos de archivo LAS que Pix4d Mapper entrega y que se escanea desde la plataforma Autodesk Recap Pro.*

En dicha plataforma, se trabaja con el archivo ubicado en la carpeta 2_densification > point cloud con extensión. LAS. Aquí, se resaltan los contornos y se densifica la nube de puntos, lo que mejora significativamente la calidad visual y facilita la interpretación de la ortofoto generada.

Posteriormente, se desarrolla la planimetría utilizando AutoCAD, donde se vincula la ortofoto previamente editada en Recap Pro. Es necesario mencionar que, en este caso, se establecieron dos puntos de control adicionales para la correcta georreferenciación del modelo. Luego, se lleva a cabo la fotointerpretación necesaria para completar la planimetría con alta precisión.

Finalmente, el procesamiento concluye en el software ArcGIS, donde se integran la nube de puntos y el ortomosaico para generar la planimetría detallada del predio. Esta última etapa asegura un modelo geoespacial completo y preciso, adecuado para los objetivos del proyecto.

3.3 Fase III: Análisis y comparación de los resultados obtenidos

La tercera fase del proceso se centra en la comparación de los resultados obtenidos mediante dos métodos de medición: la topografía convencional y la medición asistida por drones. Este análisis tiene como objetivo principal evaluar la precisión, eficiencia y costos asociados a cada método.

Inicialmente, se realiza un análisis detallado de los perímetros y áreas del predio calculados con ambos métodos. Para ello, se recopilan los datos obtenidos a través de levantamientos topográficos convencionales, utilizando equipos como estaciones totales y niveles, los cuales se contrastan con los datos generados a partir de las ortofotos y nubes de puntos procesadas en las fases anteriores.

El siguiente paso consiste en calcular el margen de error entre los dos métodos, analizando las diferencias en términos de exactitud y consistencia en los resultados obtenidos. Este análisis permite identificar posibles desviaciones y validar la confiabilidad del modelo generado por el dron frente a los métodos tradicionales de topografía.

Además, se lleva a cabo un análisis comparativo en cuanto a los tiempos requeridos para la ejecución de cada método. Se documenta el tiempo total empleado en la recolección y procesamiento de datos tanto en el levantamiento clásico como en el asistido por drones, destacando las ventajas operativas y logísticas de cada enfoque.

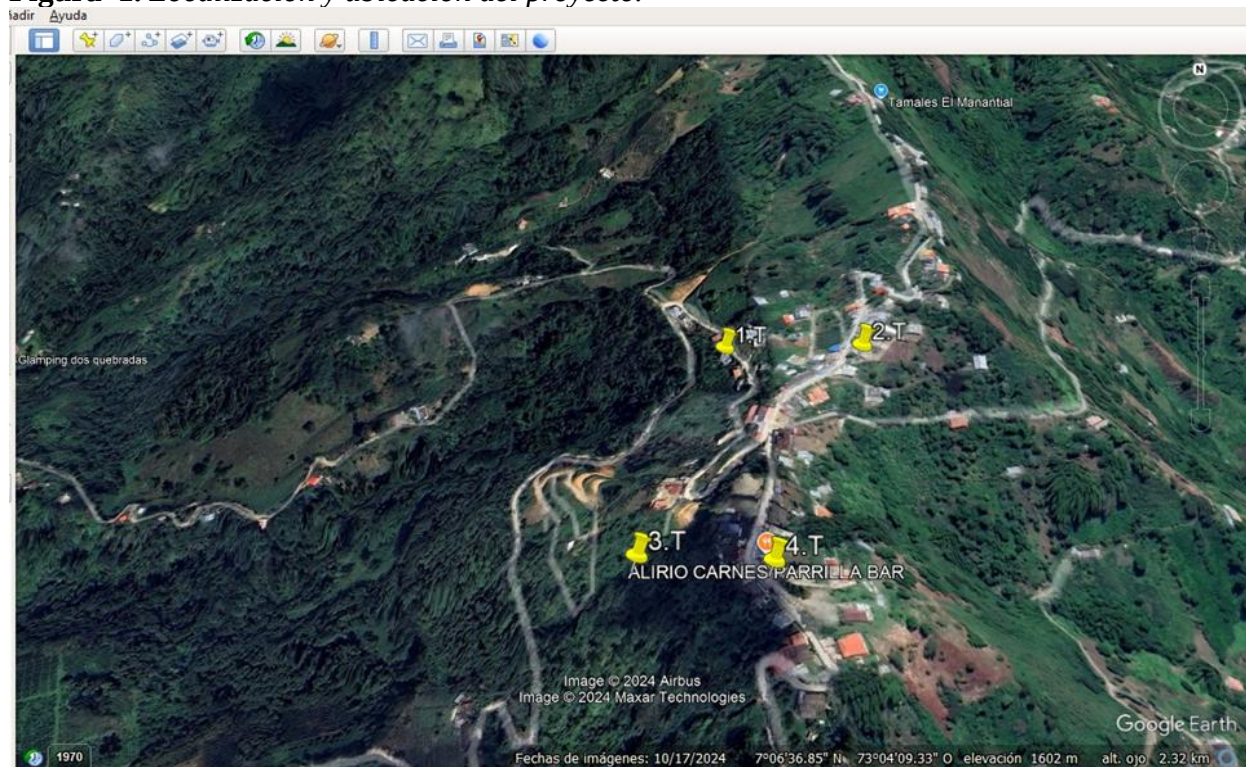
Finalmente, se elabora un estudio comparativo de costos, considerando tanto los recursos humanos como los materiales y tecnológicos involucrados en cada método. Este análisis económico permite evaluar la rentabilidad y viabilidad de implementar tecnologías avanzadas en proyectos futuros, optimizando así los recursos disponibles.

La comparación exhaustiva de los resultados, tiempos y costos proporcionará una visión integral de las ventajas y limitaciones de cada técnica, permitiendo tomar decisiones informadas sobre la metodología más adecuada para proyectos similares.

4. Resultados

4.1 Localización y ubicación del proyecto

El predio objeto de estudio y comparación se encuentra localizado en el municipio de Floridablanca, departamento de Santander, sobre la vía rural de la Vereda Rosa Blanca, en el cual funciona el Lote del colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca, ver Figura 1.

Figura 1. Localización y ubicación del proyecto.

Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

4.2 Inspección inicial, levantamiento y obtención de imágenes

El levantamiento topográfico mediante RPAS se ha convertido en una herramienta esencial en la ingeniería y la arquitectura debido a su capacidad para capturar información precisa y detallada en tiempos significativamente reducidos. Esta tecnología permite realizar modelos tridimensionales de alta resolución, facilitando el análisis y la planificación de proyectos de diversa índole.

En el presente informe técnico se muestra el proceso de levantamiento del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca, ubicado en Floridablanca. Para ello, se utilizó un drone Matrice 300 RTK, reconocido por su capacidad de generar imágenes aéreas de alta calidad, que posteriormente fueron procesadas mediante herramientas especializadas como Pix4D, Recap Pro, AutoCAD, ArcGIS y Global Mapper. El objetivo de este levantamiento fue obtener un modelo

tridimensional del lote del colegio combinando técnicas de fotogrametría aérea y sistemas de información geográfica. Este enfoque no solo garantiza precisión en la captura de datos, sino que también optimiza el tiempo y los recursos requeridos.

4.2.1 Inspección inicial del lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca

Inicialmente se procede a realizar una inspección del área donde se va a realizar el levantamiento con el fin de recolectar información que permita identificar posibles limitaciones y dificultades como líneas eléctricas o edificios de gran altura o árboles, ver Figuras 2-5.

Figura 2. *Inspección del área 1 y 2*



Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

Figura 3. *Inspección del área 3 y 4*



Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

Figura 4. *Inspección del área 5 y 6*

Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

Figura 5. *Inspección del área 7 y 8*

Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

4.2.1.1 Lugar seleccionado. Luego de realizar el reconocimiento del área, se seleccionó como punto de inicio del vuelo un área libre de árboles en el lote de estudio. Esta ubicación fue elegida por ser la más adecuada, ya que se encontraba despejada, sin viviendas ni personas, y era la zona más abierta y con menos obstáculos, lo que garantiza condiciones seguras y óptimas para la operación del drone.

4.2.1.2 Generación de polígonos con Google Earth. Se procede a generar los polígonos los cuales se utilizarán para generar los recorridos del drone, ver Figura 6-8, que serán ejecutados mediante dos rutas tipo rectangular doble.

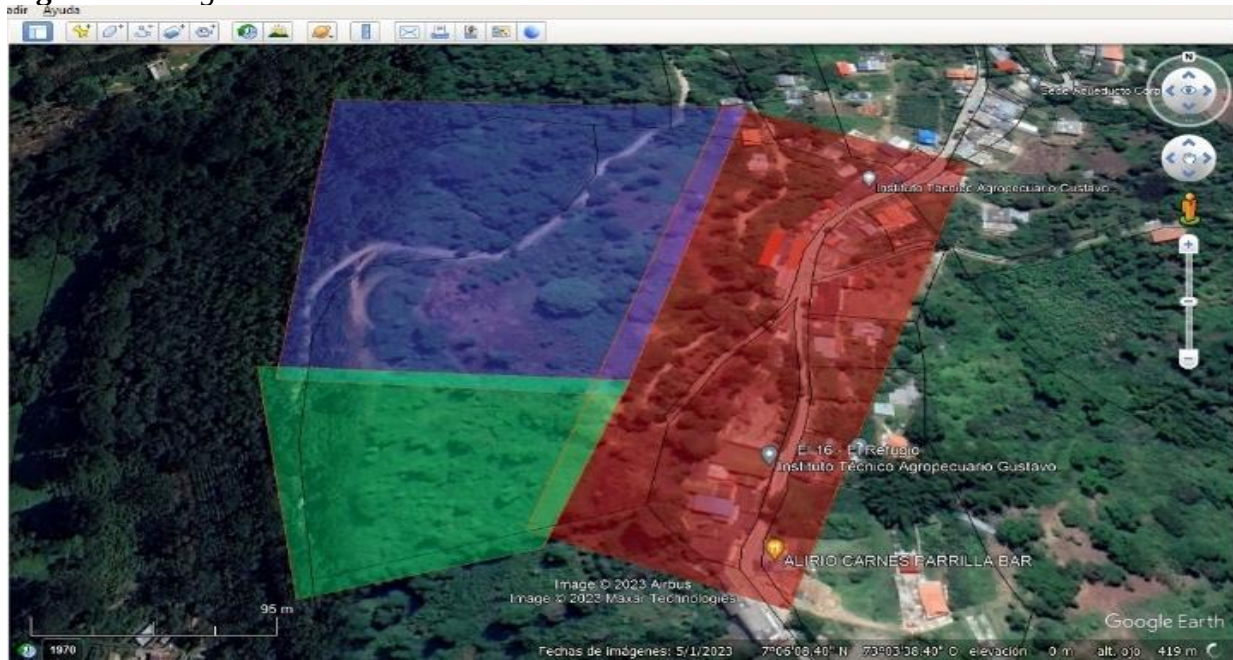
Figura 6. *Polígono 1.*



Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

Figura 7. Polígono 2.

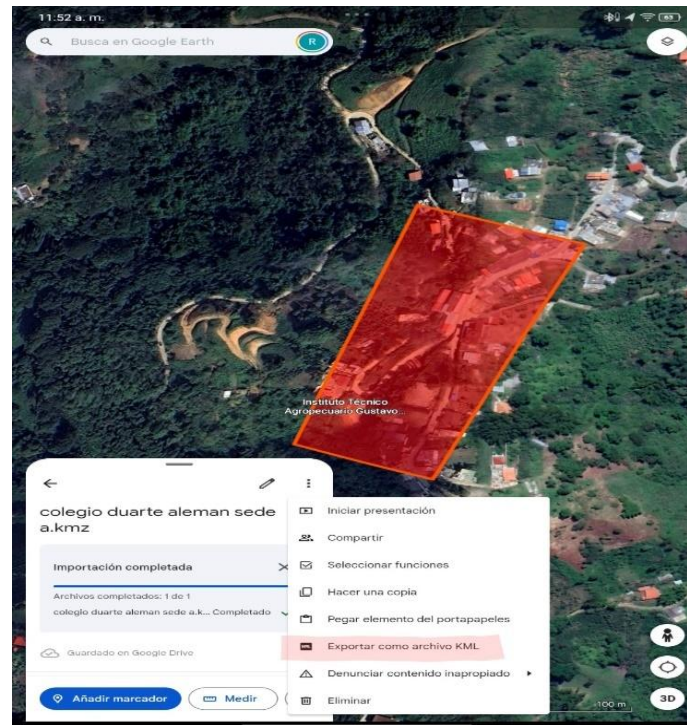
Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

Figura 8. Polígono 3.

Adaptado de Google Earth Pro, (2025)

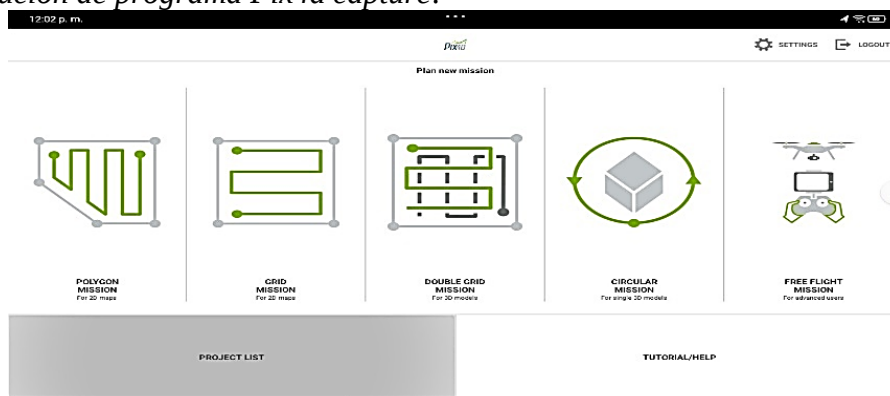
4.2.1.3 Configuración de rutas en Pix4D CAPTURE. Se procede a cargar los polígonos obtenidos de Google Earth Pro, ver Figura 9 para configurar las rutas seleccionadas para el vuelo.

Figura 9. Polígono de Google Earth Pro.



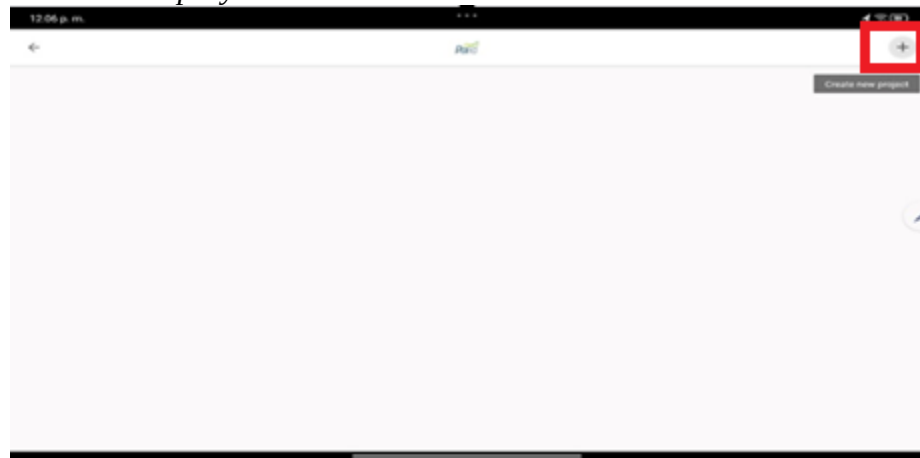
Luego, se procede a abrir la aplicación Pix4d capture y se selecciona la opción PROJECT LIST, ver Figura 10.

Figura 10. Ejecución de programa Pix4d capture.



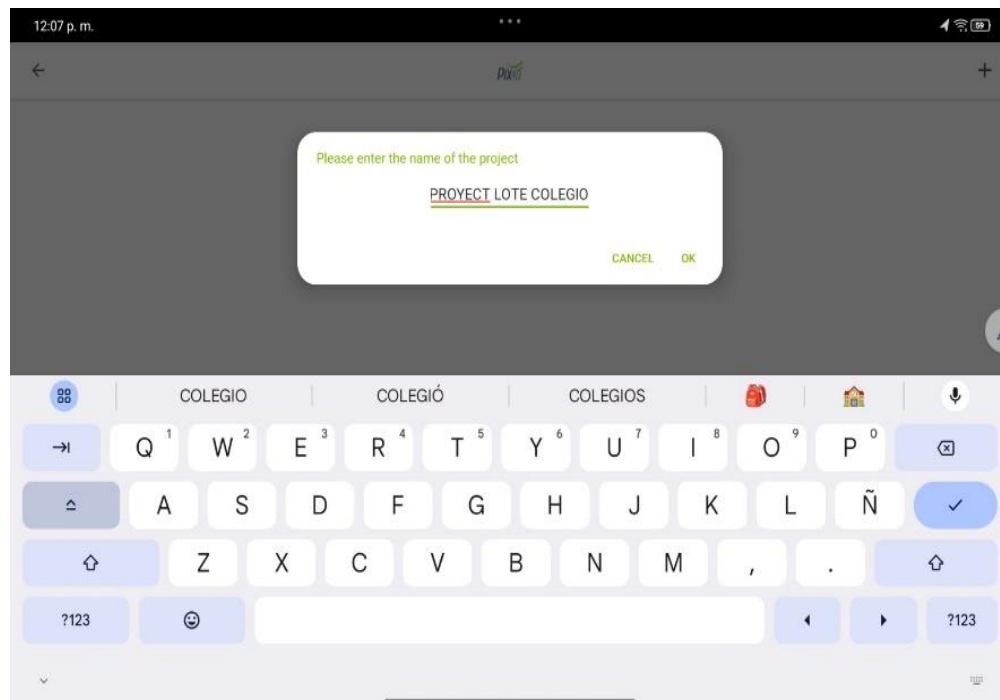
Se selecciona “+” para crear un nuevo proyecto, ver Figura 11.

Figura 11. Selección nuevo proyecto.

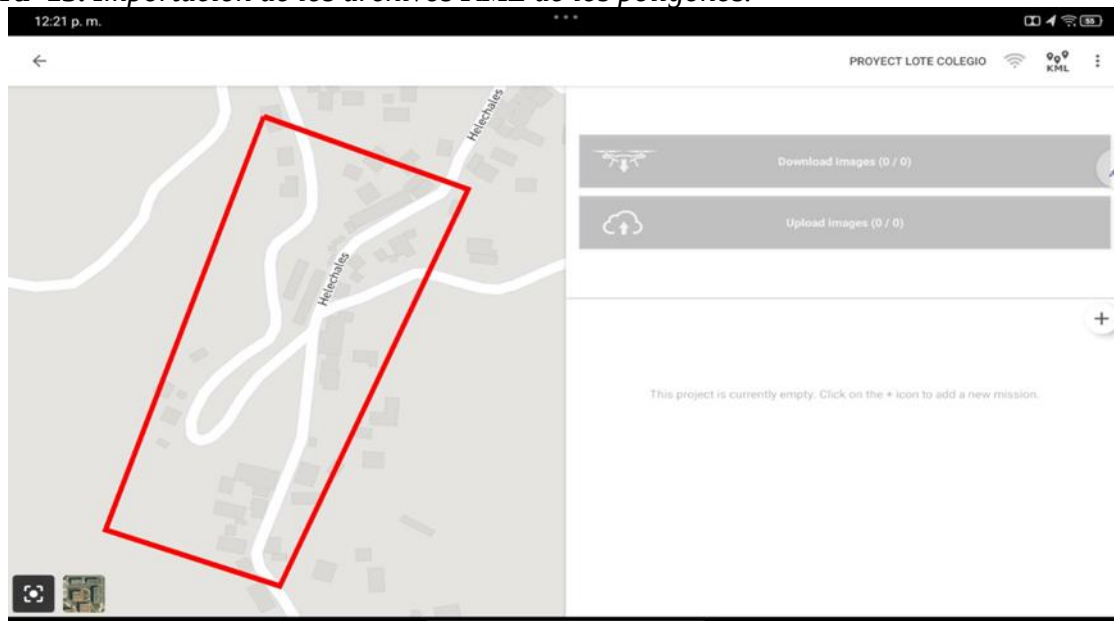


Ahora, se le asigna el nombre del proyecto a ejecutar, ver Figura 12.

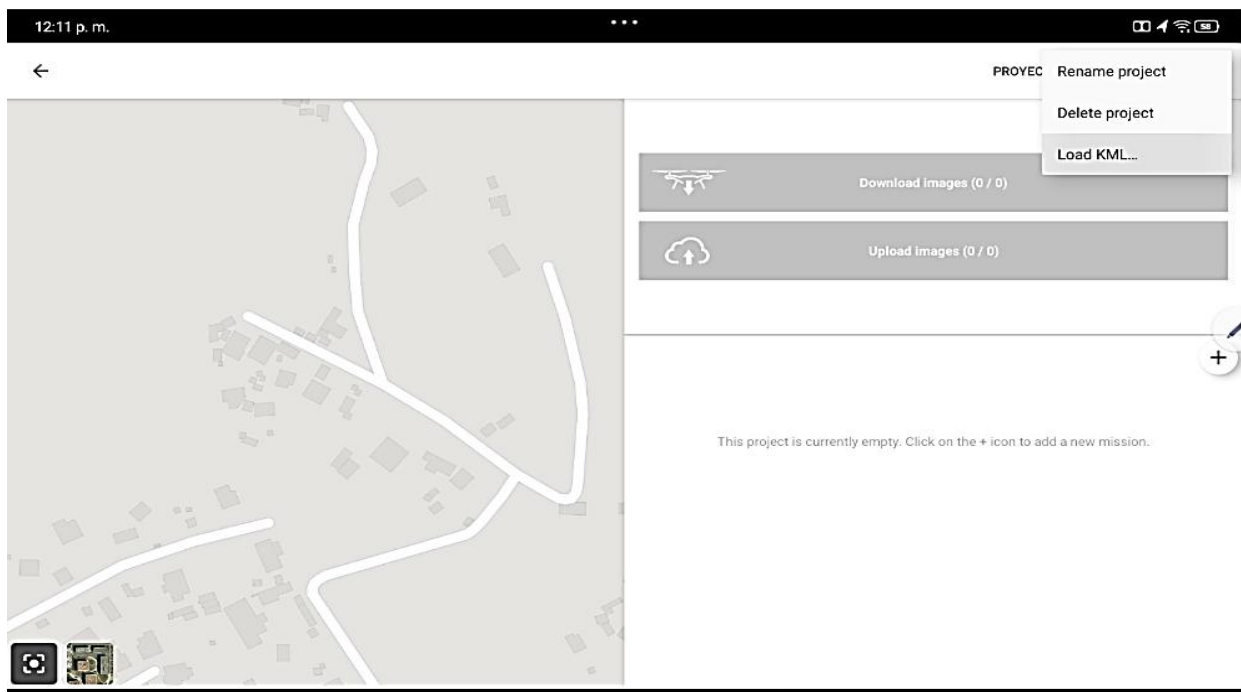
Figura 12. Asignación de nombre al proyecto.



Se procede a importar el archivo KML de cada uno de los polígonos que se vayan a realizar, ver Figura 13.

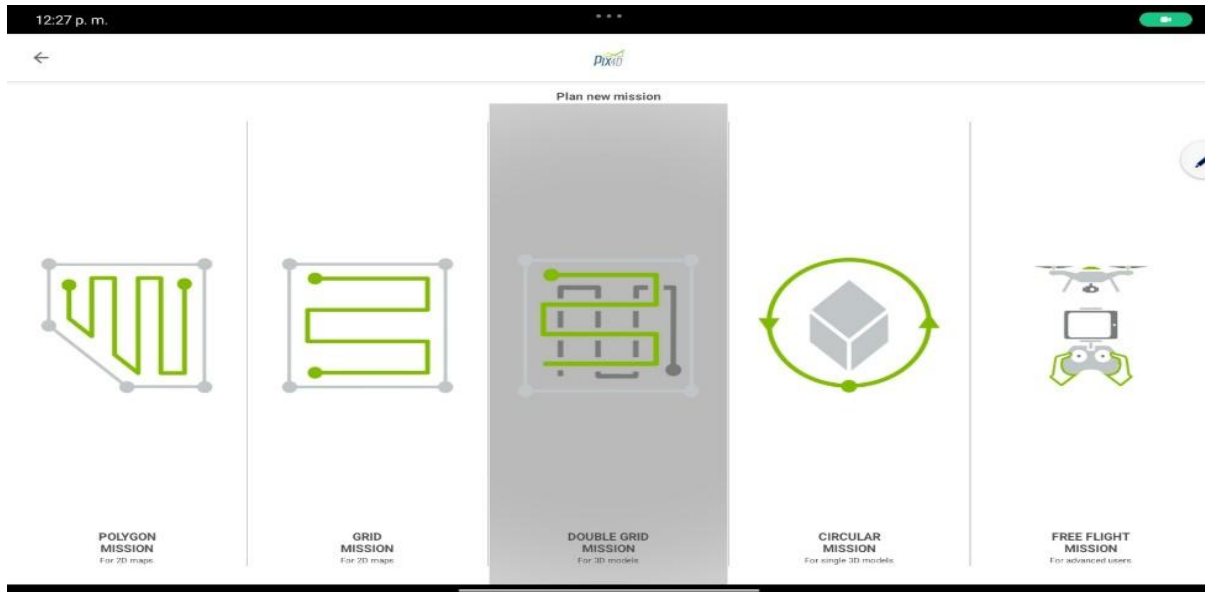
Figura 13. *Importación de los archivos KML de los polígonos.*

Después de importar el KML, se localiza geográficamente el polígono creado, ver Figura 14.

Figura 14. *Se selecciona la ruta rectangular Doble Grilla.*

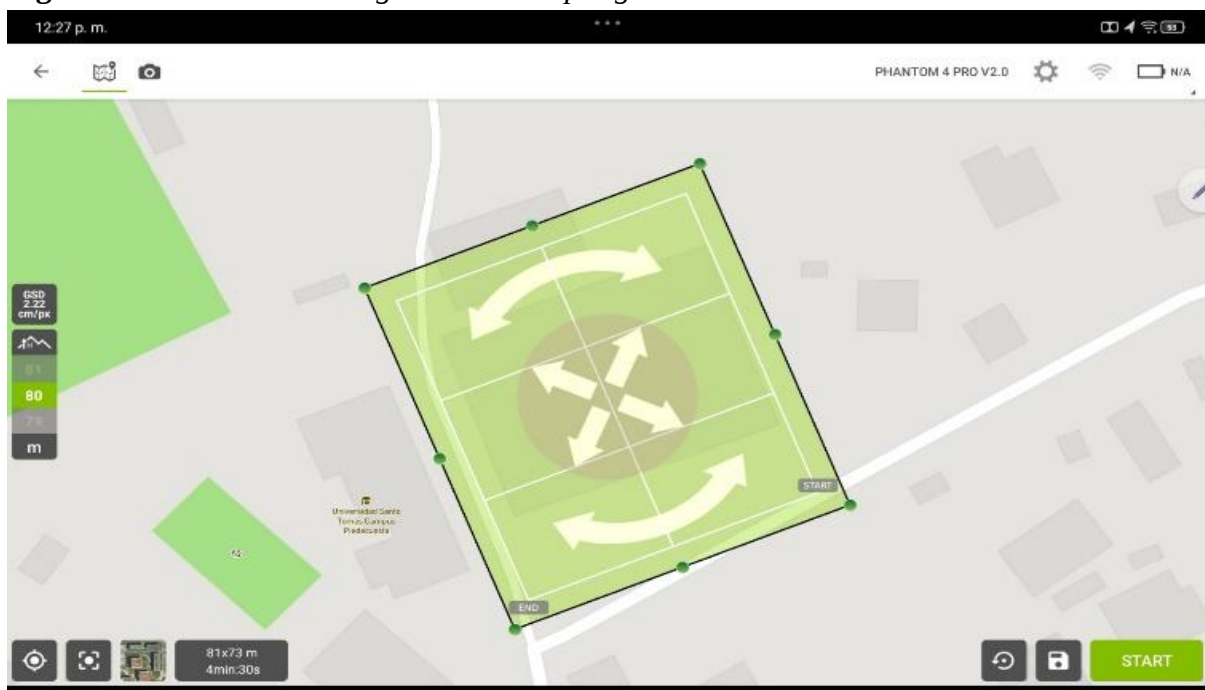
Se selecciona la ruta rectangular Doble Grilla, ver Figura 15.

Figura 15. Selección de la ruta rectangular Doble Grilla.



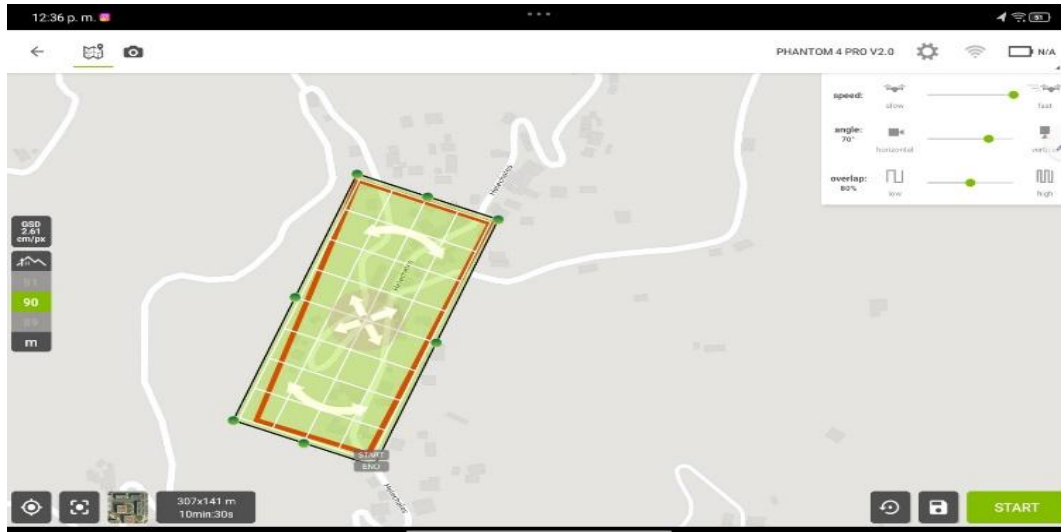
Se procede a ubicar la grilla sobre el polígono generado, ver Figura 16.

Figura 16. Ubicación de la grilla sobre el polígono.



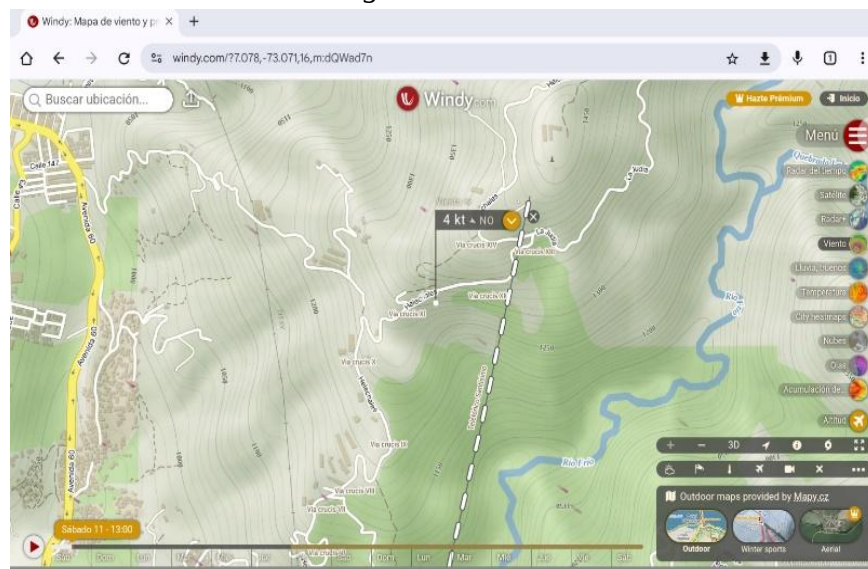
Se ajusta la grilla sobre el polígono y obtenemos los datos del aérea del vuelo a realizar, además de los ángulos de la cámara, ver Figura 17.

Figura 17. Obtención del área de vuelo.



4.2.1.4 Condiciones Meteorológicas. Con el fin de hacer la verificación de las condiciones meteorológicas se accede a la página de WINDY.COM y se obtienen los datos meteorológicos de la zona de estudio, ver Figura 18.

Figura 18. Obtención de datos meteorológicos en WINDY.



A continuación, accedemos a la aplicación METAR donde obtenemos los datos meteorológicos del aeródromo más cercano, ver Figura 19.

Figura 19. Datos meteorológicos en METAR.

```
Bucaramanga / Palonegro, Colombia (SKBG) 07-06N 073-12W  
Jan 11, 2025 - 11:00 AM EST / 2025.01.11 1600 UTC  
Wind: from the NW (320 degrees) at 8 MPH (7 KT):0  
Visibility: greater than 7 mile(s):0  
Sky conditions: partly cloudy  
Temperature: 77 F (25 C)  
Dew Point: 66 F (19 C)  
Relative Humidity: 69%  
Pressure (altimeter): 30.00 in. Hg (1016 hPa)  
ob: SKBG 111600Z 32007KT 9999 SCT015 25/19 Q1016  
cycle: 16
```

Por último, mediante el programa CONCOORD 1.0 convertimos las coordenadas de latitud y longitud a GAUSS – KRUGER, ver Figura 20.

Figura 20. Conversión de las coordenadas de latitud y longitud a Gauss Kruger.

The screenshot shows the CONCOORD 1.0 application window. The title bar reads 'CONCOORD 1.0'. The menu bar includes 'Menú', 'Transformación', and 'Ayuda'. The toolbar has three buttons: 'Procesar Punto', 'Procesar Archivo', and 'Procesar Velocidades'. The main interface is divided into two sections, 'DE:' and 'A:'. Each section contains a group box with radio buttons for 'Bogotá' and 'Magna-Sirgas'. Below this is another group box with radio buttons for 'Planas Cartesianas', 'Geográficas', and 'Planas Gauss-Krüger'. To the right of these group boxes are input fields for 'Norte' and 'Este' coordinates, and a field for 'Altura' in the 'DE:' section. The 'DE:' section shows 'Norte' as 7442.63, 'Este' as 73531.77, and 'Altura' as an empty field. The 'A:' section shows 'Norte' as 907485.845 and 'Este' as 973530.169. An 'OK' button is located at the bottom center of the window.

Section	Coordinate Type	Value
DE:	Norte	7442.63
	Este	73531.77
	Altura	
A:	Norte	907485.845
	Este	973530.169

Figura 21. *Flight Logbook - Duarte Alemán.*

Figura 22. Realización de vuelo sobre lote del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.



4.2.1.7 Puesta en marcha del Drone para obtención de imágenes PIX4D MAPPER.

Mediante este software especializado se hará el procesamiento de datos geoespaciales obtenidos a través de drones (RPAS). Antes del inicio del vuelo se realizó un chequeo exhaustivo en cuanto a la autonomía de la batería, hélices, los ángulos de la cámara y demás componentes del equipo. Así mismo, se hizo la revisión del correcto funcionamiento del drone en cuanto a su correcto despegue y aterrizaje vertical.

En este caso, el vuelo se realizó el día 11 de enero de 2025 a una altura de 80 metros, utilizando Pix4D Capture para la planificación del vuelo, escogida en una doble grilla rectangular y se llevó a cabo sin complicaciones. En la Figura 23 se muestran los datos referentes al vuelo.

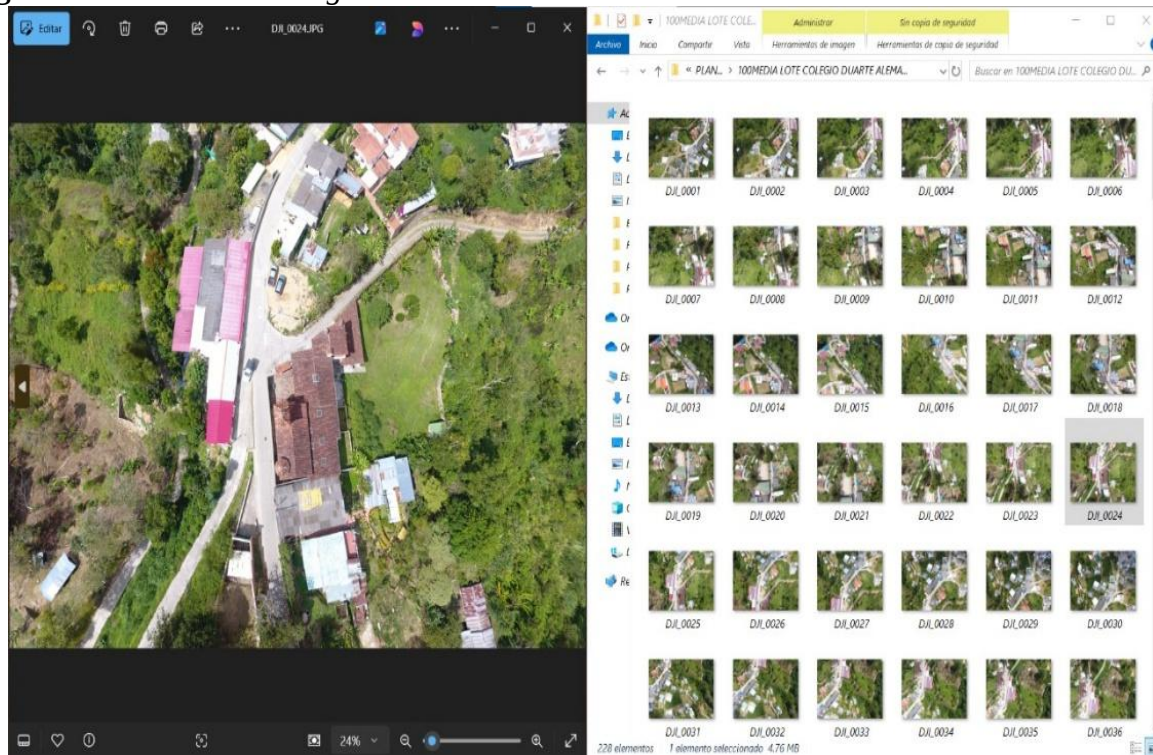
Figura 23. Datos del vuelo del drone en el proyecto para el desenglobe del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.

Summary

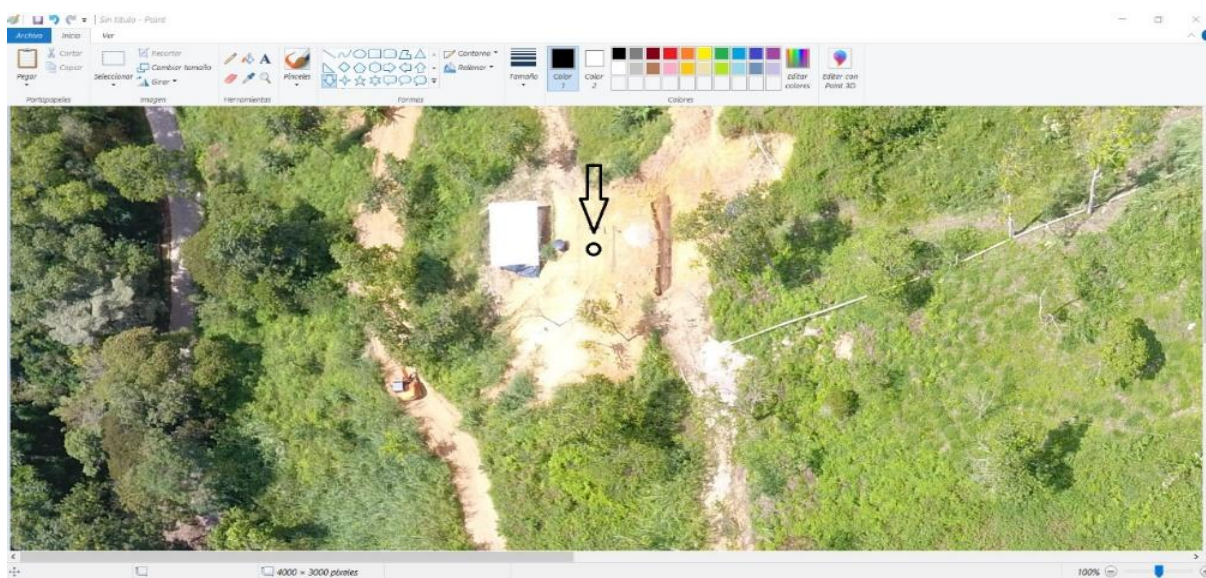


Project	PROYECTO LOTE COLEGIO ALEMAN SEDE A ROSA BLANCA
Processed	2023-10-14 14:08:32
Camera Model Name(s)	Zenmuse P1_35.0_8192x5460 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.99 cm / 0.78 in
Area Covered	0.183 km ² / 18.2698 ha / 0.07 sq. mi. / 45.1691 acres
Time for Initial Processing (without report)	14m:08s

4.2.1.7.1 Revisión, selección y depuración de las imágenes. Se procede a realizar la revisión de las imágenes obtenidas con el fin de realizar alguna depuración de imágenes que no sean aptas. ver Figura 24.

Figura 24. *Revisión de imágenes.*

Luego se procede a colocar los puntos de control virtuales, por medio del programa PAINT, ver Figura 25.

Figura 25. *Puntos de control.*

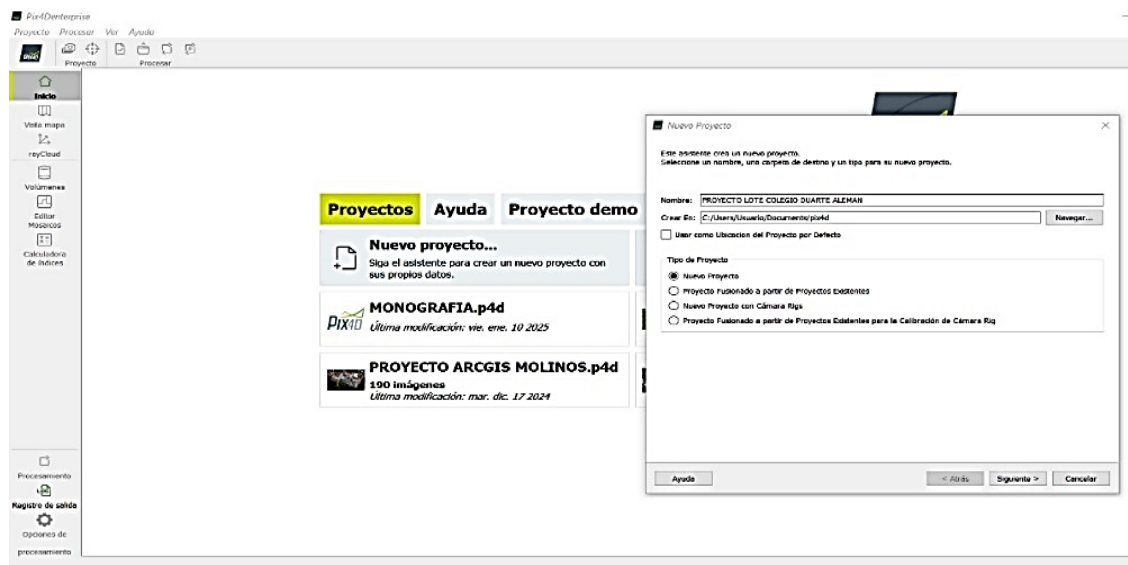
En la Figura 26 se observan la georreferenciación de los puntos de control 1 y 2.

Figura 26. Datos de Georreferenciación del proyecto lote del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.

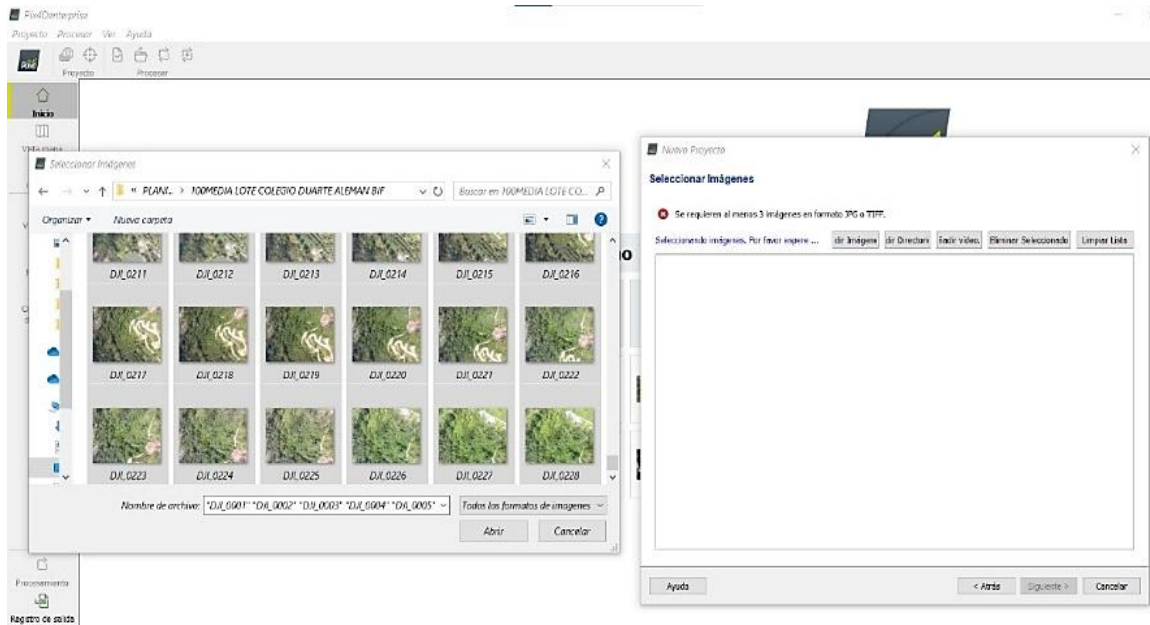
GEOREFERENCIACIÓN PROYECTO LOTE COLEGIO DUARTE ALEMAN			
PUNTO DE CONTROL NO.1		PUNTO DE CONTROL NO.2	
NORTE	1277256,908	NORTE	1277273,752
ESTE	1112344,332	ESTE	1112354,804
ELEVACION	1695,39	ELEVACION	1696,927

Con el fin de hacer el procesamiento de las imágenes, se da inicio en la aplicación PIX4D MAPPER, ver Figura 27 y creamos un nuevo proyecto.

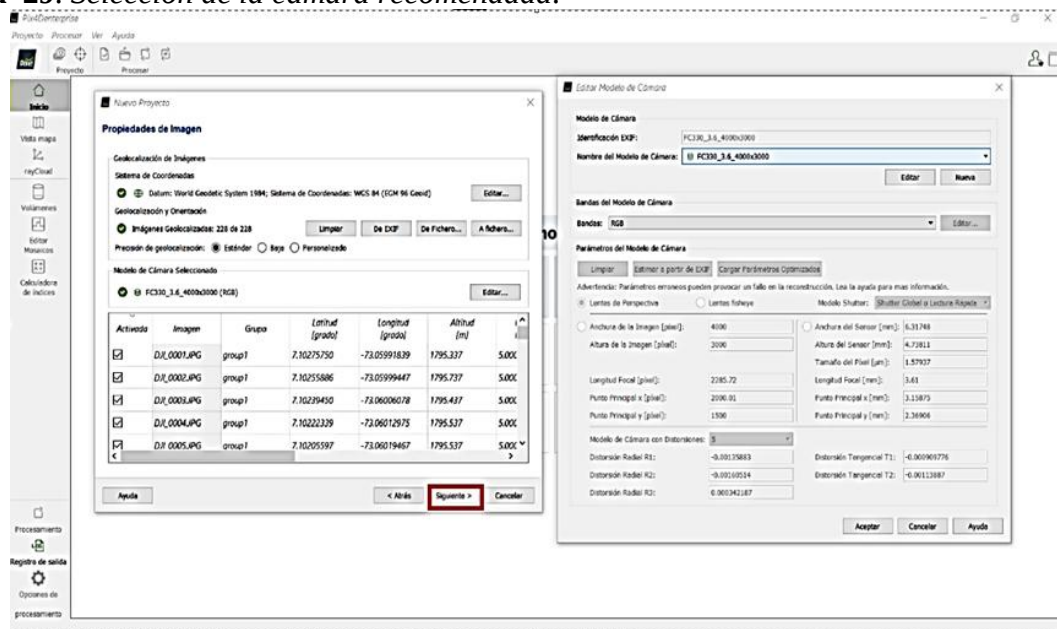
Figura 27. Apertura de la aplicación para el procesamiento de las imágenes.



Como resultado de lo anterior, se seleccionan 228 imágenes, ver Figura 28 y se incluyen en el programa PIX4D MAPPER para su posterior procesamiento y el siguiente paso es dar clic en siguiente.

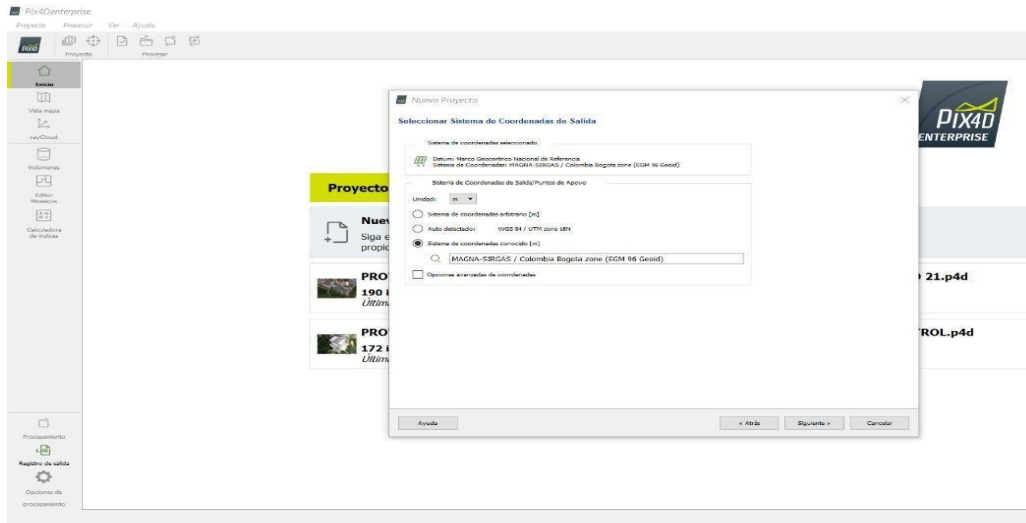
Figura 28. Selección de las imágenes.

El siguiente paso es seleccionar la cámara recomendada por el programa, ver Figura 29 y le damos clic en siguiente.

Figura 29. Selección de la cámara recomendada.

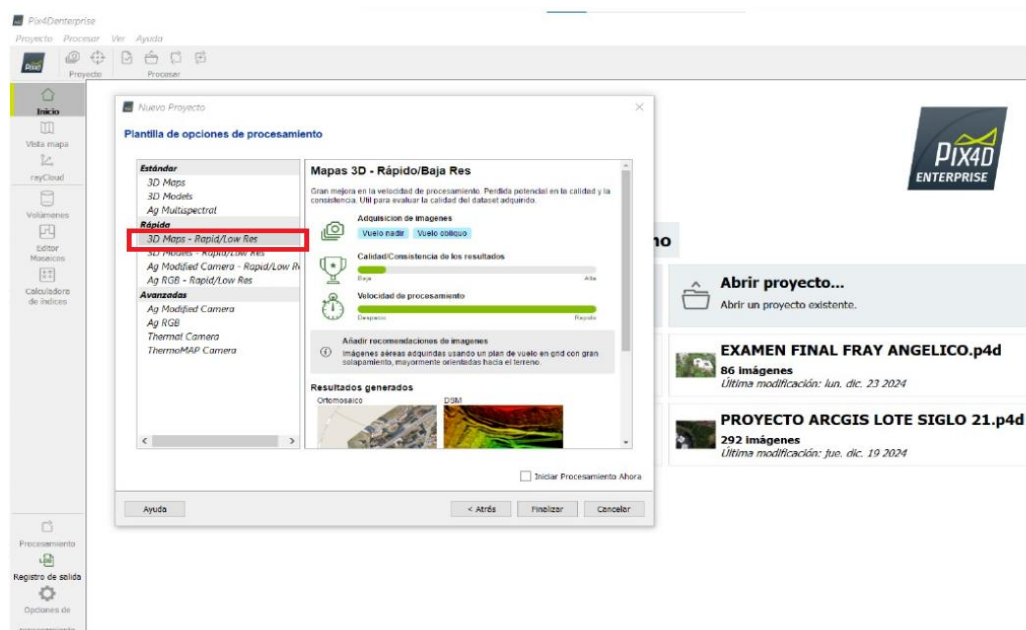
Se procede a seleccionar el sistema de coordenadas de salida – Magna Sirgas, ver Figura 30.

Figura 30. Selección del sistema de coordenadas de salida – Magna Sirgas.



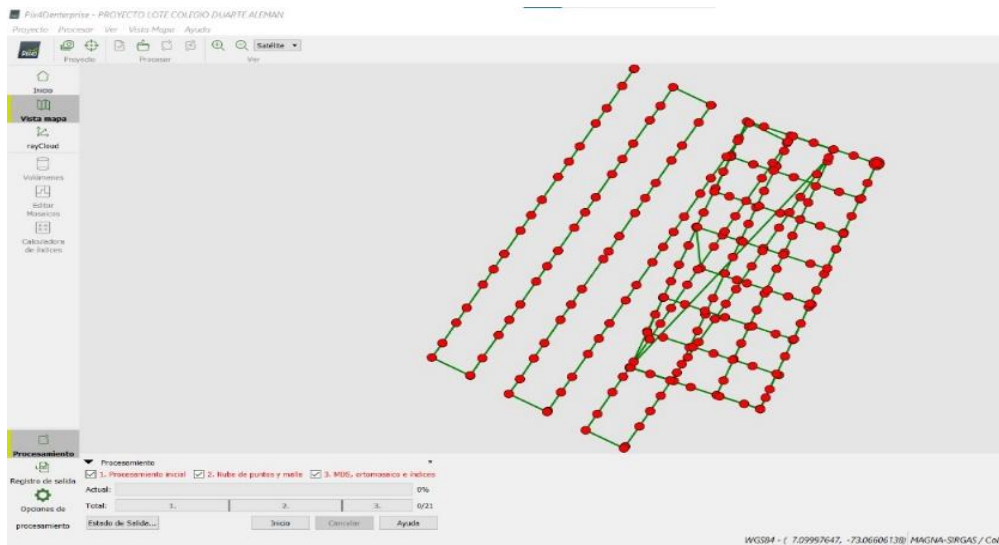
Luego se selecciona 3D Maps/Low Res le damos clic en finalizar, ver Figura 31.

Figura 31. Selección de 3D Maps/Low Res



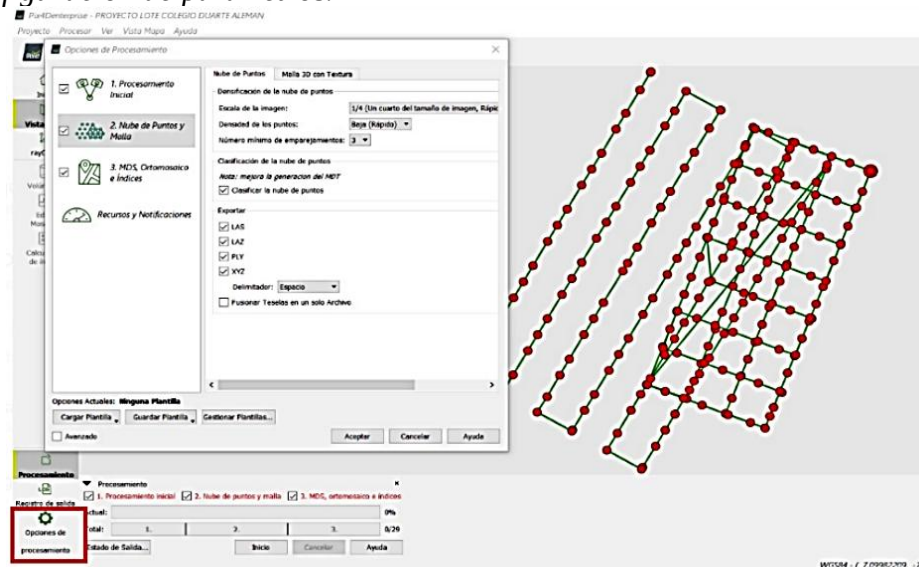
4.2.1.8 Procesamiento inicial. Se obtienen los puntos claves del procesamiento, ver Figura 32.

Figura 32. 3D Maps/Low Res



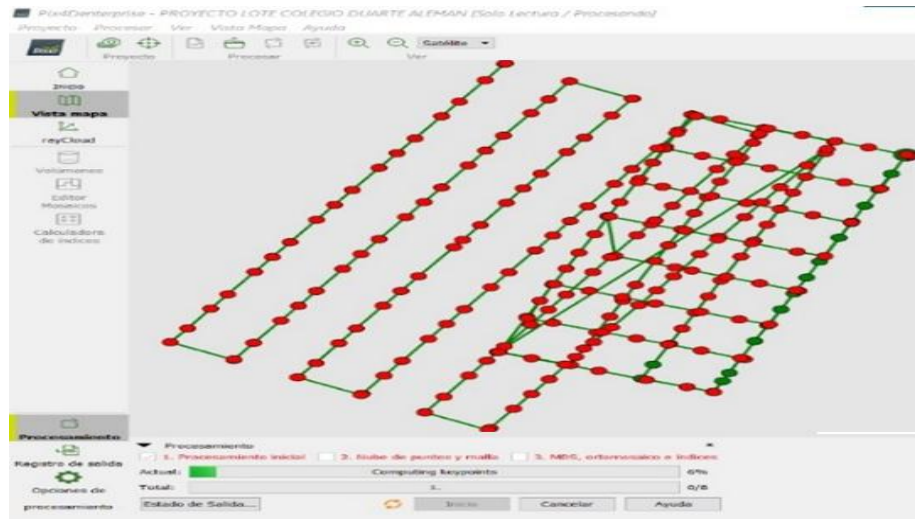
Se procede dar click en opciones de procesamiento y en la figura se muestra el cuadro donde se configuran todos los parámetros, ver Figura 33.

Figura 33. Configuración de parámetros.



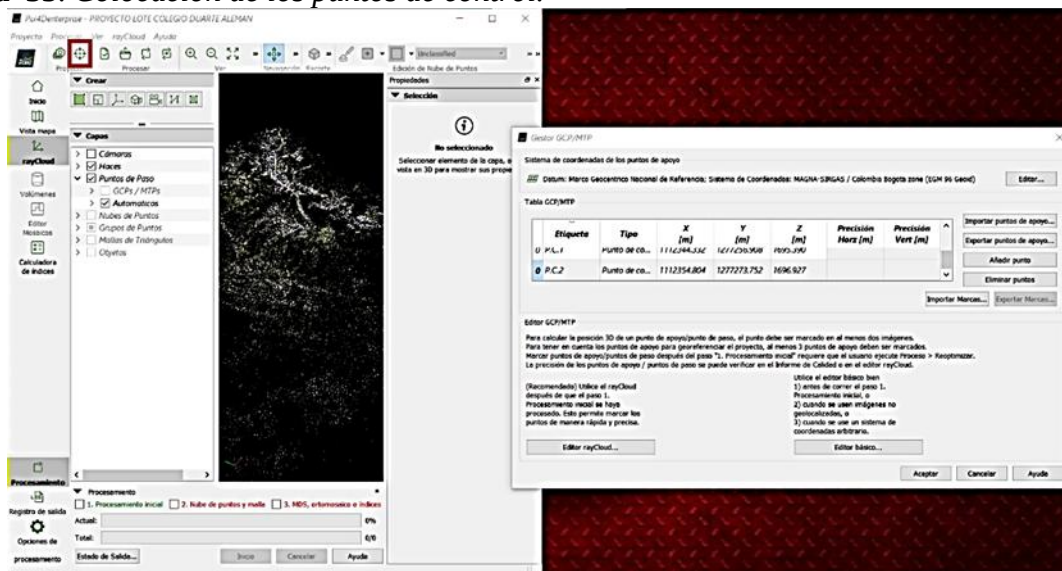
Se deselecciona el procesamiento número 2 y 3 y se inicia con el procesamiento número 1, ver Figura 34.

Figura 34. Inicio de procesamiento 1.



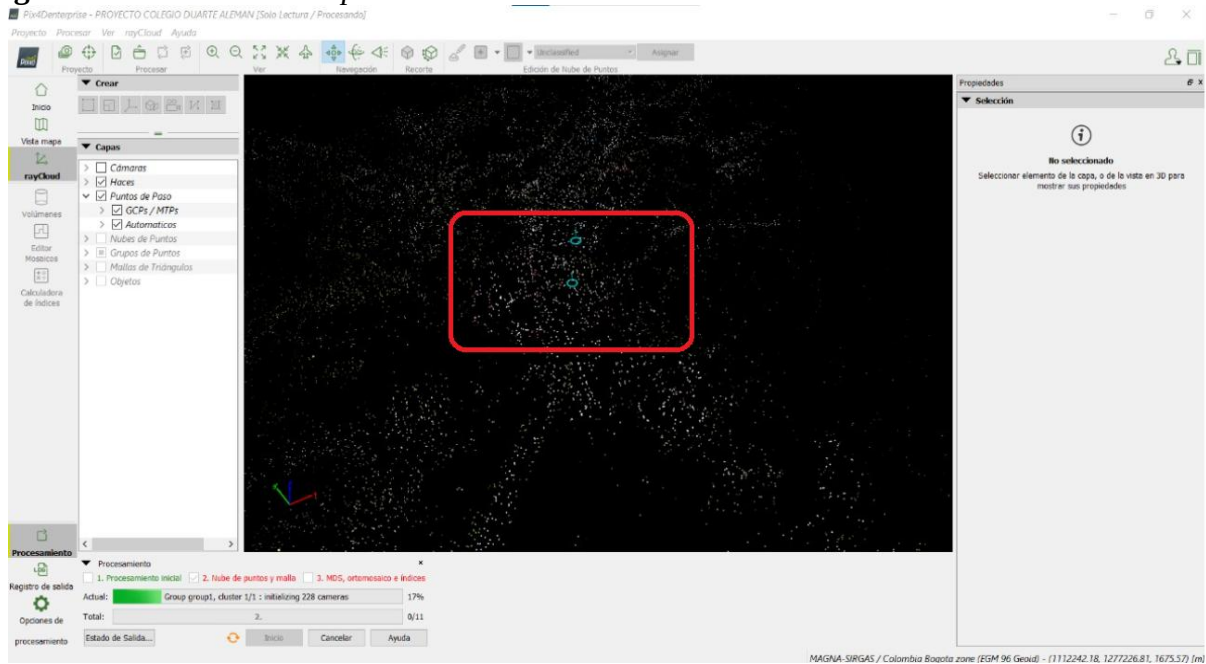
Al final del procesamiento número 1 pulsamos sobre el botón GESTOR GCP/MTP y anexamos los puntos de control, ver Figura 35.

Figura 35. Colocación de los puntos de control.



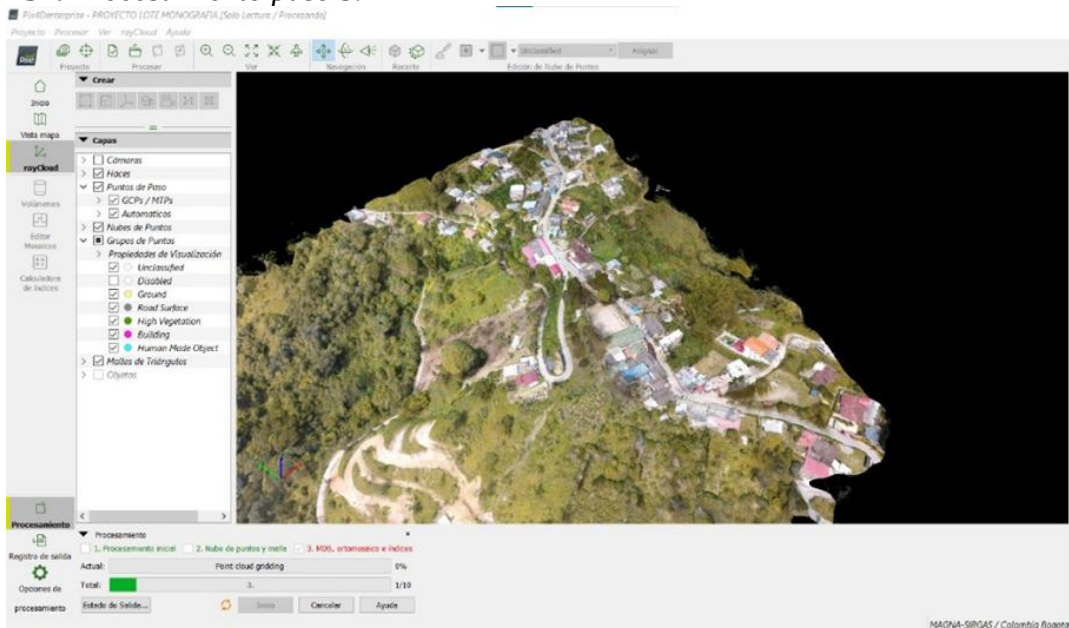
Después de incluir los puntos de control iniciamos el segundo procesamiento, ver Figura 36.

Figura 36. *Procesamiento paso 2.*



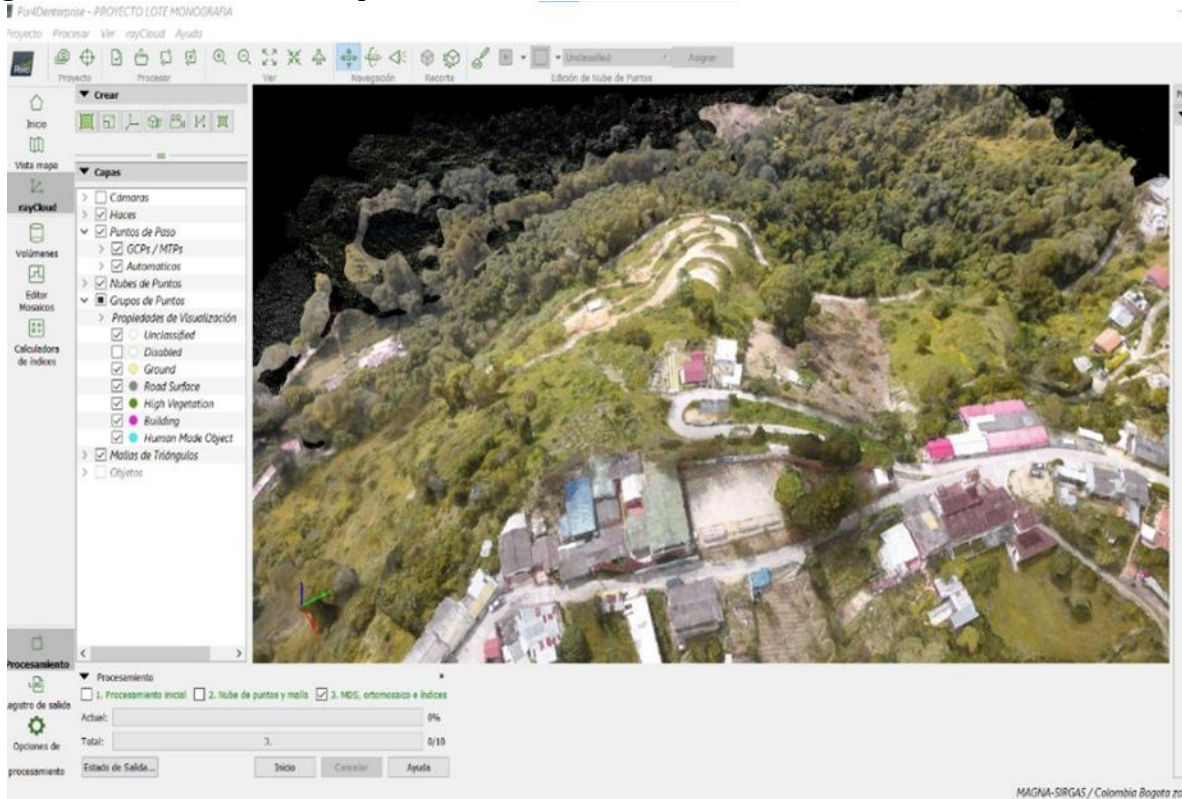
Terminado el segundo procesamiento le damos inicio al tercero, ver Figura 37.

Figura 37. *Procesamiento paso 3.*



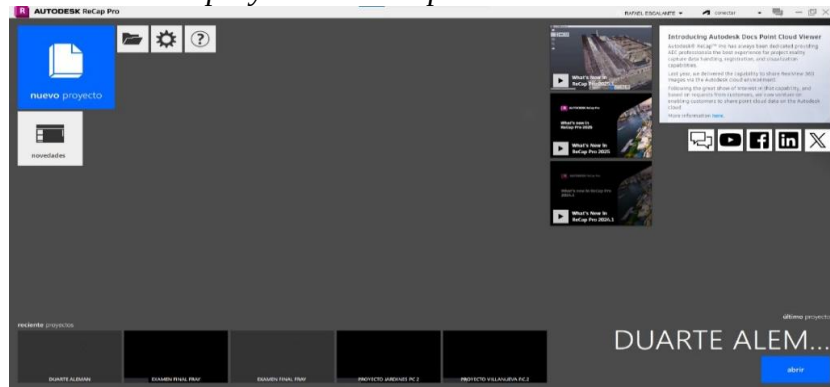
Culminado los 3 procesamientos obtenemos el Mapa 3D del lote, ver Figura 38.

Figura 38. Obtención del Mapa 3D.

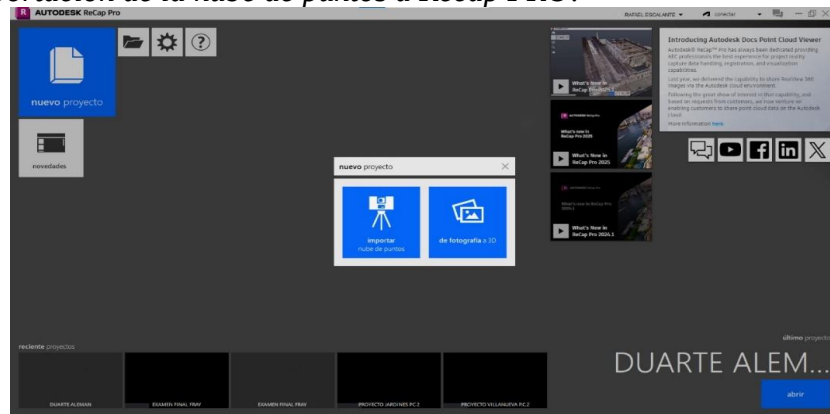


4.1.2.9 Edición de ortofoto en Recap Pro. Una vez completado el procesamiento en Pix4D Mapper, se optimizan las características del modelo para facilitar la identificación de los elementos a foto interpretar. Para ello, se realiza un ajuste rápido en el software Autodesk Recap Pro, donde se utiliza el archivo ubicado en la carpeta 2_densification > point cloud con extensión .LAS. En esta etapa, se destacan los contornos y se densifica la nube de puntos, lo que mejora significativamente la calidad visual y permitirá en el siguiente paso una mejor interpretación y análisis de la ortofoto generada en Pix4D Mapper, ver Figura 39.

Se procede a abrir el programa RECAP PRO y le damos clic en nuevo proyecto.

Figura 39. Creación de nuevo proyecto en Recap PRO.

El siguiente paso es dar clic en importar nube de puntos. ver Figura 40.

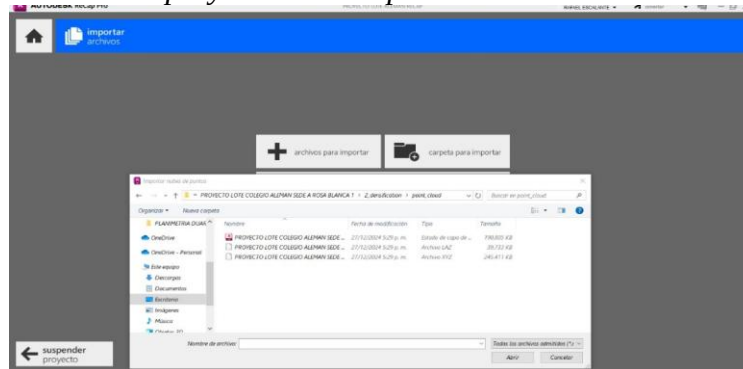
Figura 40. Importación de la nube de puntos a Recap PRO.

Se le asigna nombre y ubicación al proyecto y le damos continuar, ver Figura 41.

Figura 41. Asignación de nombre y ubicación en Recap PRO.

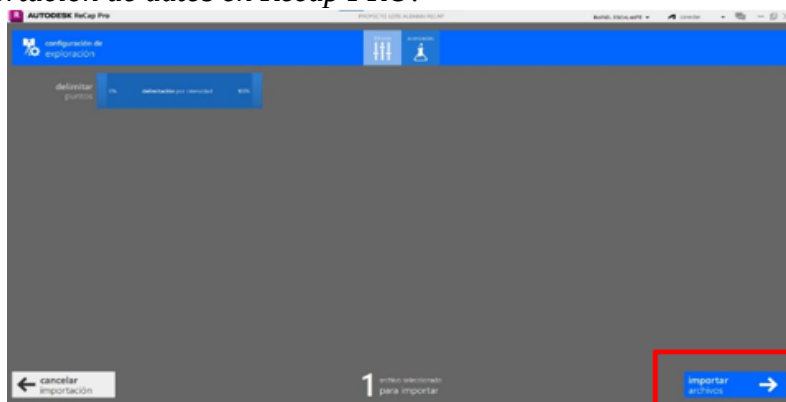
Se selecciona la nube puntos procedente de PIX4D MAPPER, ver Figura 42.

Figura 42. Creación de nuevo proyecto en Recap PRO.



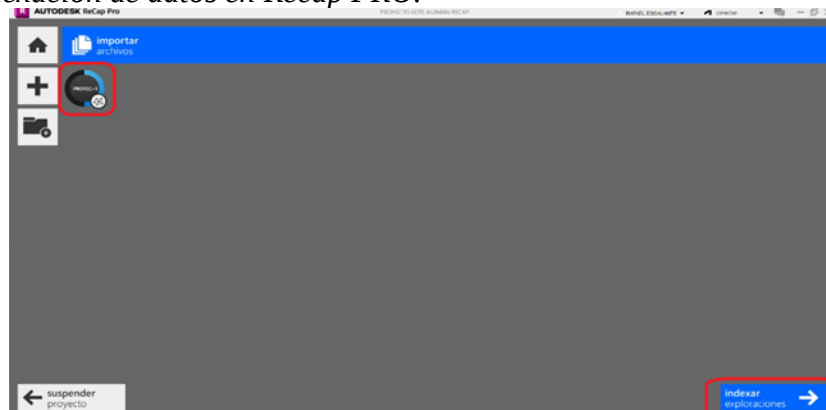
El Siguiente paso es dar clic en importar, ver Figura 43.

Figura 43. Importación de datos en Recap PRO.



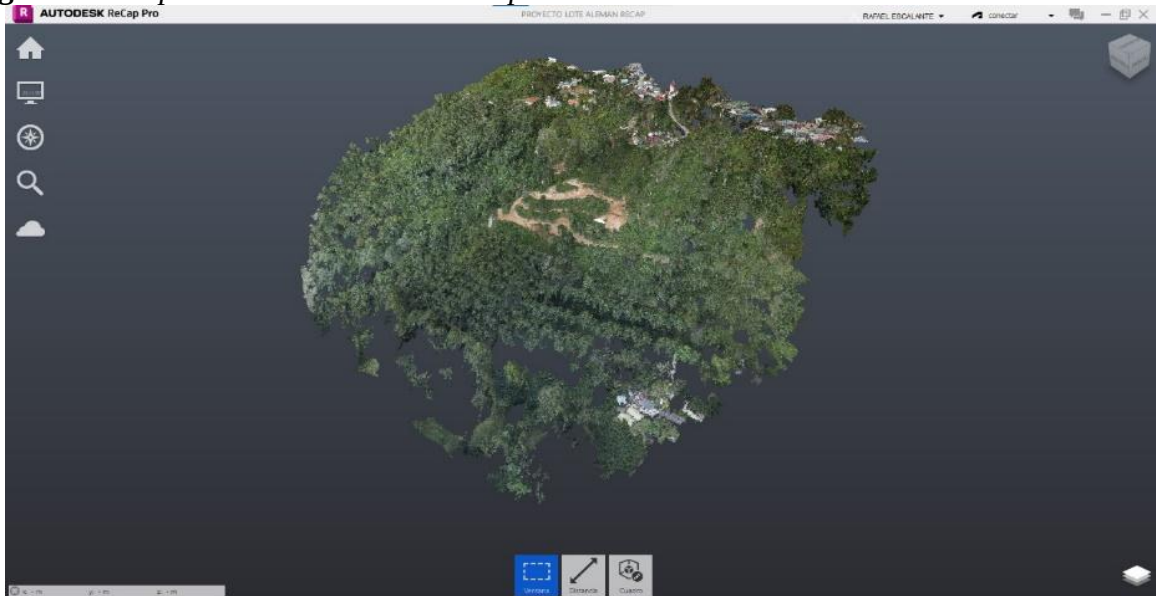
Se completa el cargue de datos y se procede a dar clic en indexar, ver Figura 44.

Figura 44. Indexación de datos en Recap PRO.



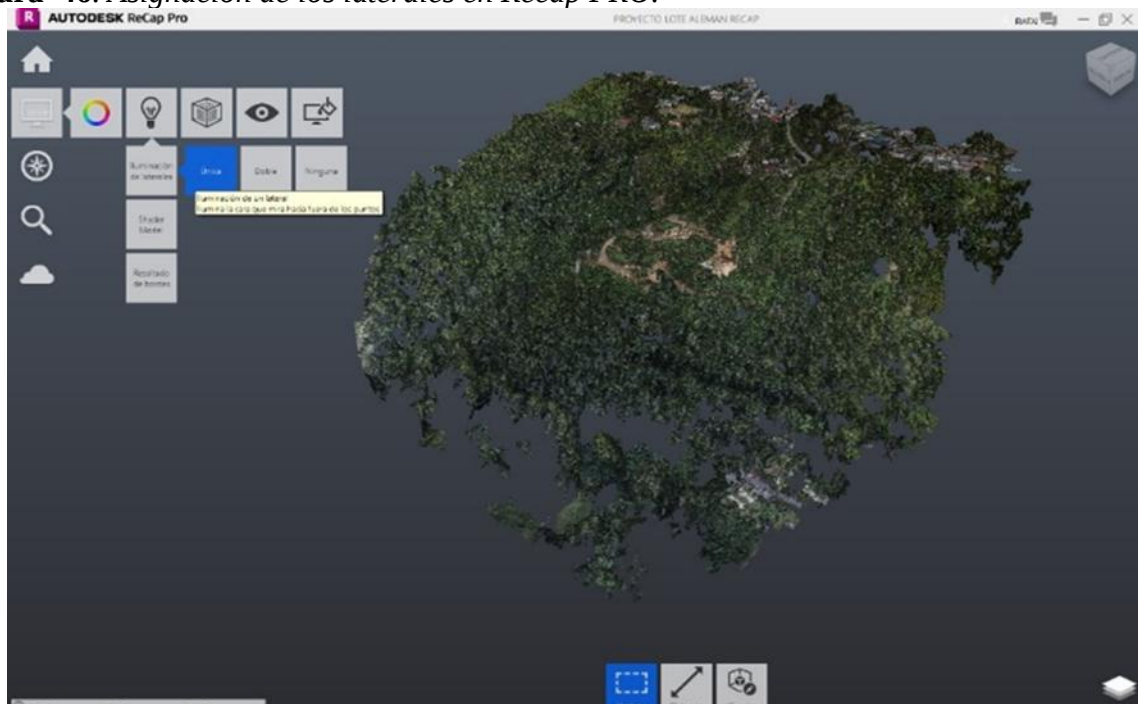
Se obtiene la nube de puntos procedente de PIX4D MAPPER, ver Figura 45.

Figura 45. Importación de datos en Recap PRO.



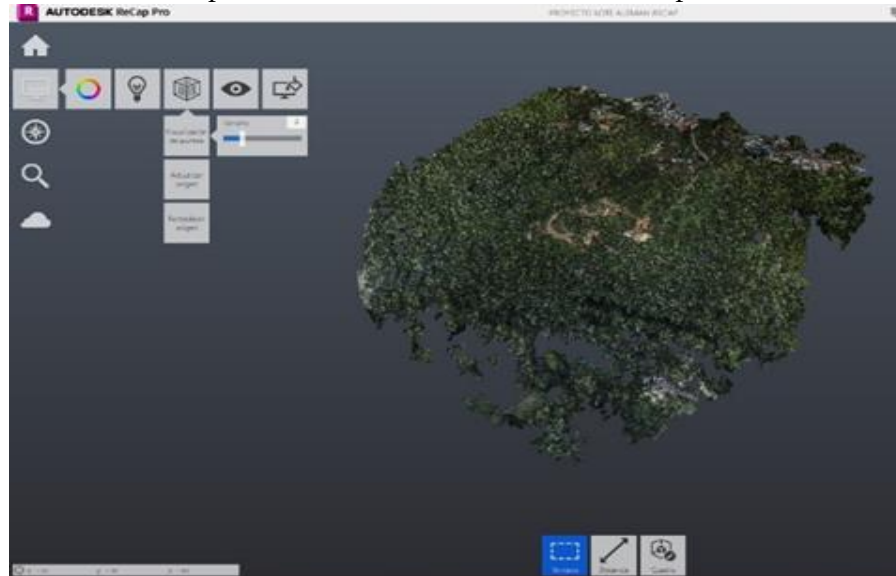
El siguiente paso es asignarle iluminación de laterales única, ver Figura 46.

Figura 46. Asignación de los laterales en Recap PRO.



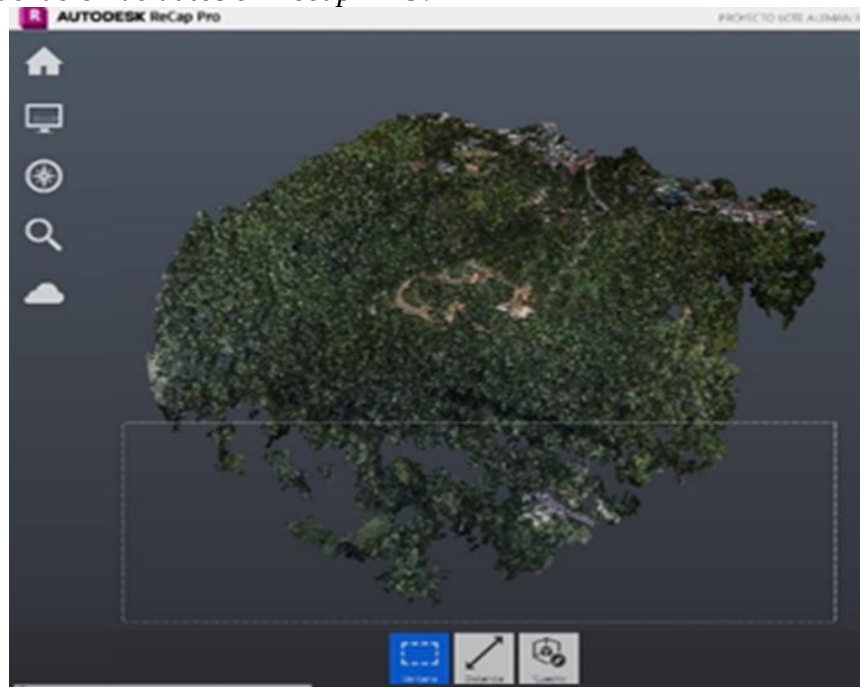
El siguiente paso es colocar la visualización de puntos en tamaño número 3, ver Figura 47.

Figura 47. Visualización de puntos en tamaño número 3 en Recap PRO.



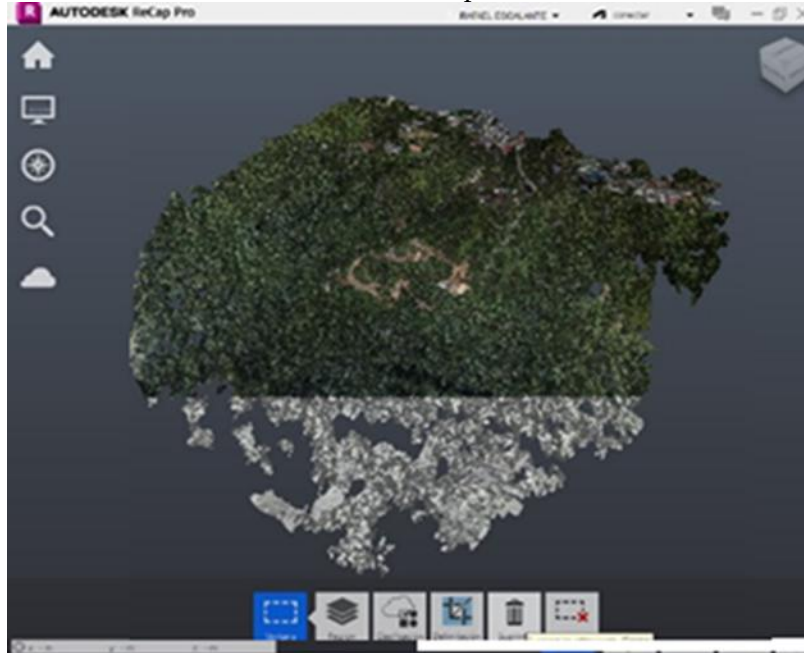
El siguiente paso es seleccionar las áreas externas que no necesitamos para después recortarlas, ver Figura 48.

Figura 48. Indexación de datos en Recap PRO.



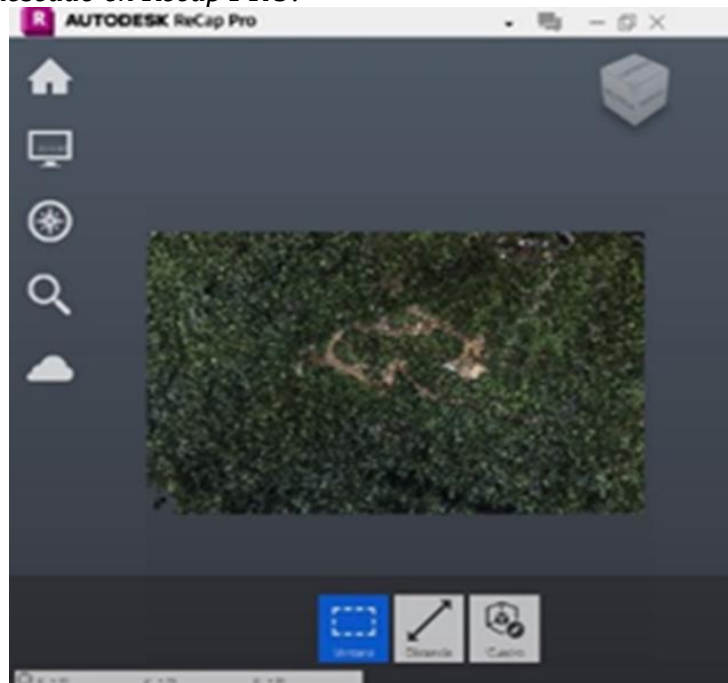
El siguiente paso es suprimir las áreas no deseadas, ver Figura 49.

Figura 49. *Supresión de zonas no deseadas en Recap PRO.*



Por último, tenemos el plano deseado, ver Figura 50.

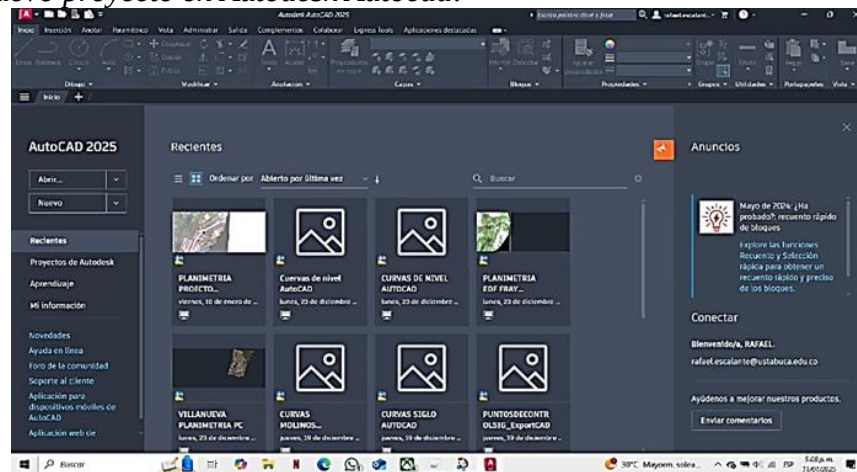
Figura 50. *Plano deseado en Recap PRO.*



4.2.1.10 Planimetría en Autodesk Autocad. La planimetría se llevó a cabo utilizando el software AutoCAD, donde se vinculó la ortofoto previamente editada en RECAP PRO y el ortomosaico procedente de PIX4D MAPPER. A continuación, mediante los puntos de control definidos se sobrepone el ortomosaico sobre la nube de puntos para después realizar la planimetría necesaria.

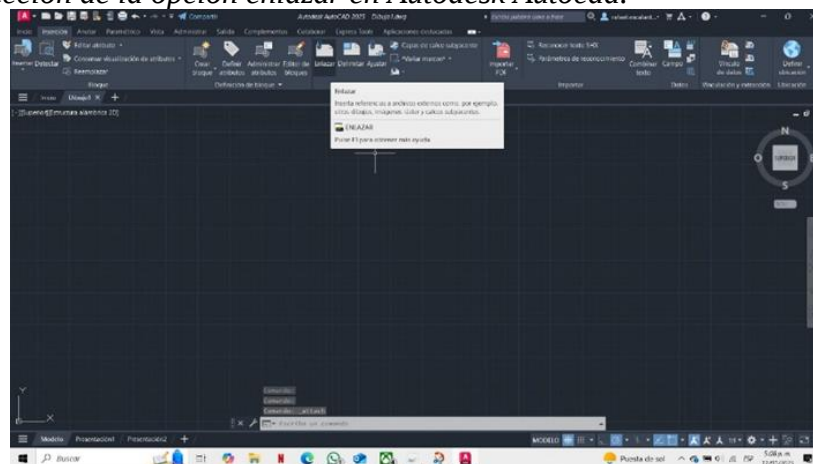
Se abre el programa AUTOCAD y seleccionamos proyecto nuevo, ver Figura 51.

Figura 51. Nuevo proyecto en Autodesk Autocad.



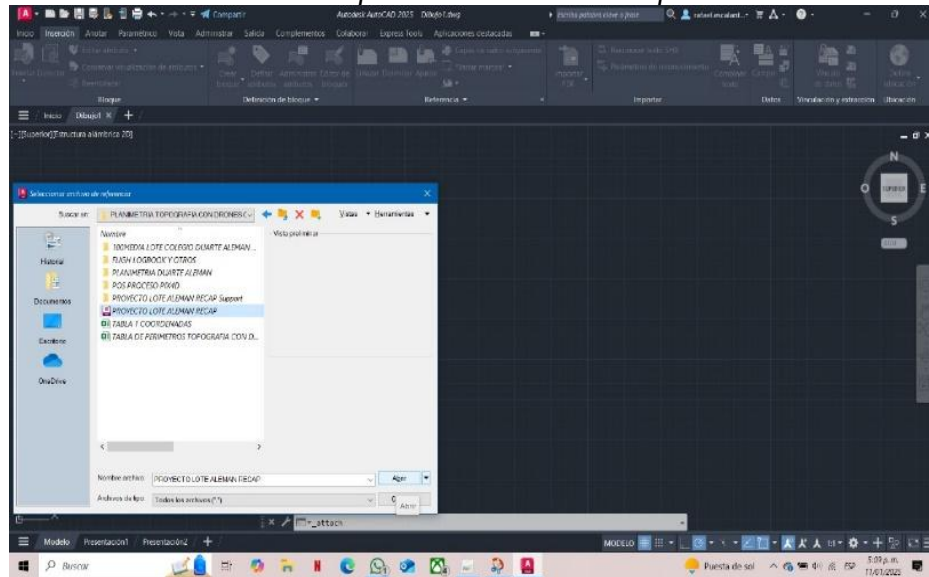
En la parte superior seleccionamos la opción enlazar, ver Figura 52.

Figura 52. Selección de la opción enlazar en Autodesk Autocad.



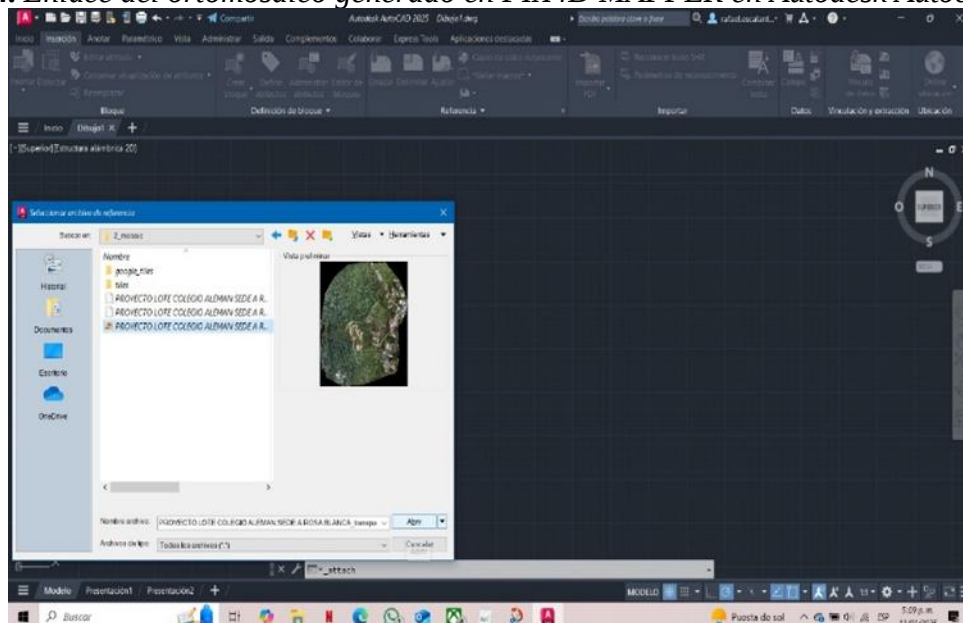
Enlazamos la nube de puntos, editada previamente en el programa RECAP PRO, ver Figura 53.

Figura 53. *Introducción de la nube de puntos editada en Recap PRO en Autocad.*



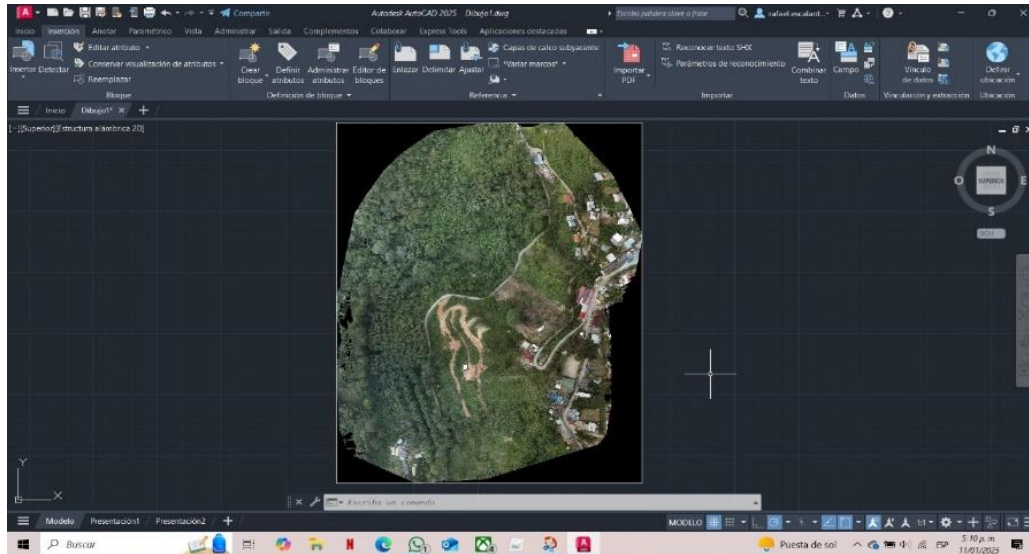
El siguiente paso es Enlazar el ortomosaico generado por el programa PIX4D MAPPER, ver Figura 54.

Figura 54. *Enlace del ortomosaico generado en PIX4D MAPPER en Autodesk Autocad.*



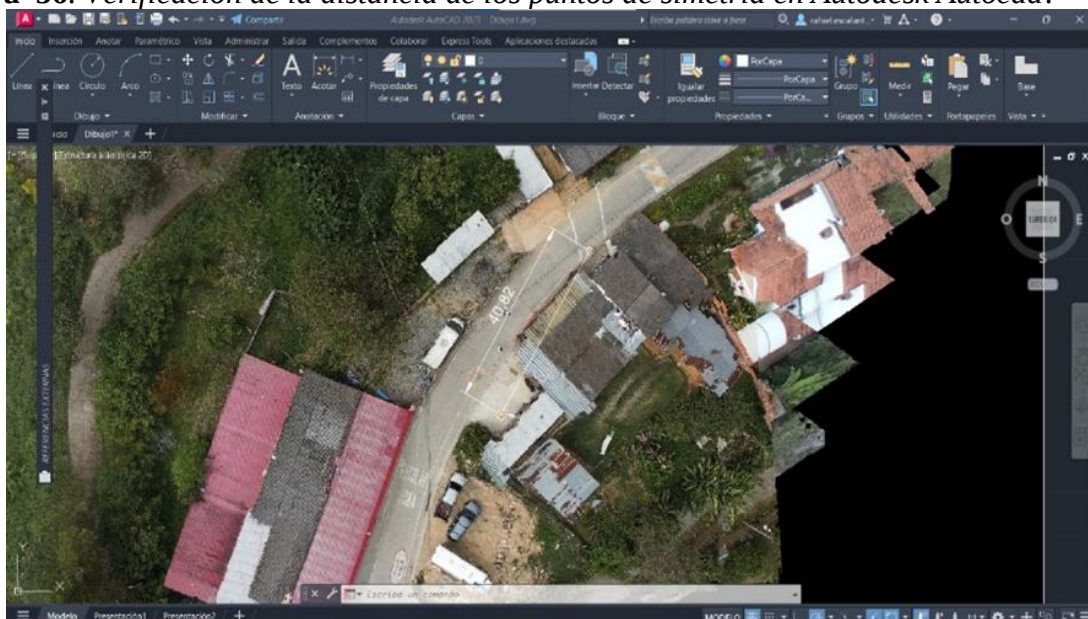
El siguiente paso es sobre el ortomosaico debemos ubicar los puntos de control y georreferenciarlos sobre la nube de puntos, ver Figura 55.

Figura 55. Ubicación de los puntos de control y georreferenciados sobre el ortomosaico generado en PIX4D MAPPER en Autodesk Autocad.



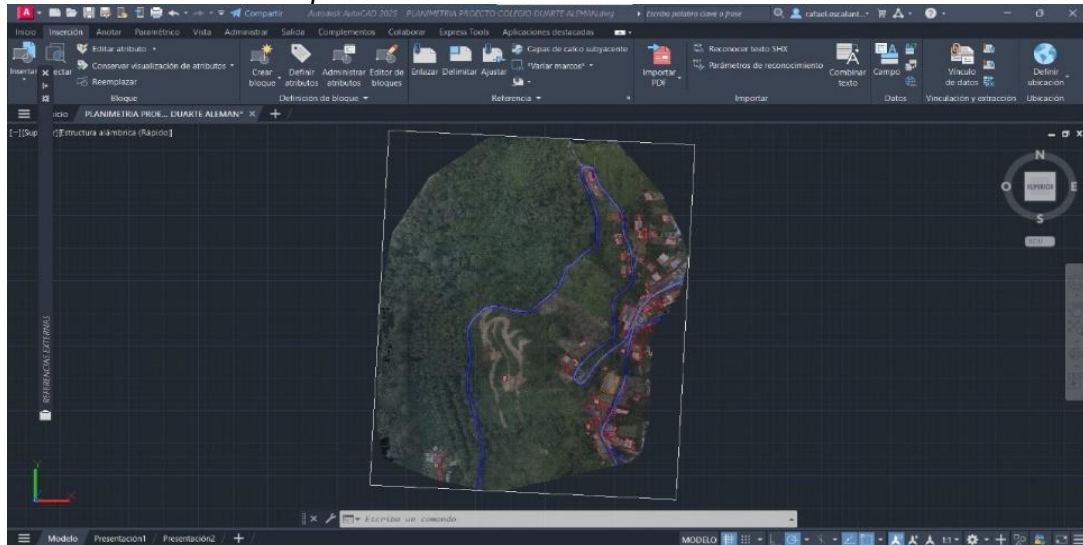
Cuando se tenga el ortomosaico en la nube de puntos, verificamos que la distancia entre los puntos de control sea la misma para comenzar a realizar la planimetría, ver Figura 56.

Figura 56. Verificación de la distancia de los puntos de simetría en Autodesk Autocad.



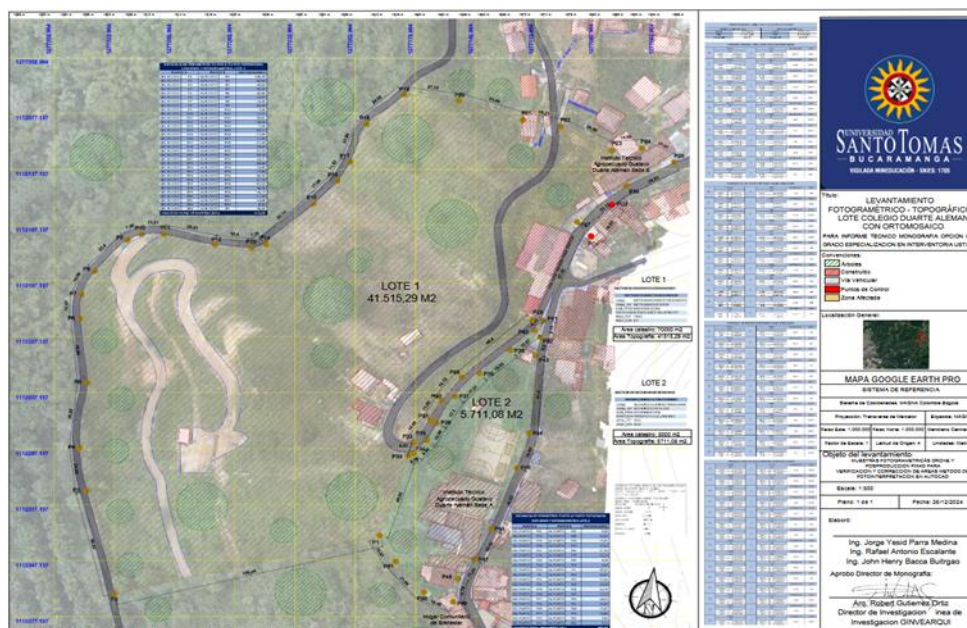
Por último, realizamos la planimetría de las estructuras que se encuentran en el lote y sus vías de acceso, ver Figura 57.

Figura 57. Realización de la planimetría en Autodesk Autocad.



En la Figura 58 se muestra la planimetría lograda mediante levantamiento fotogramétrico del lote completo.

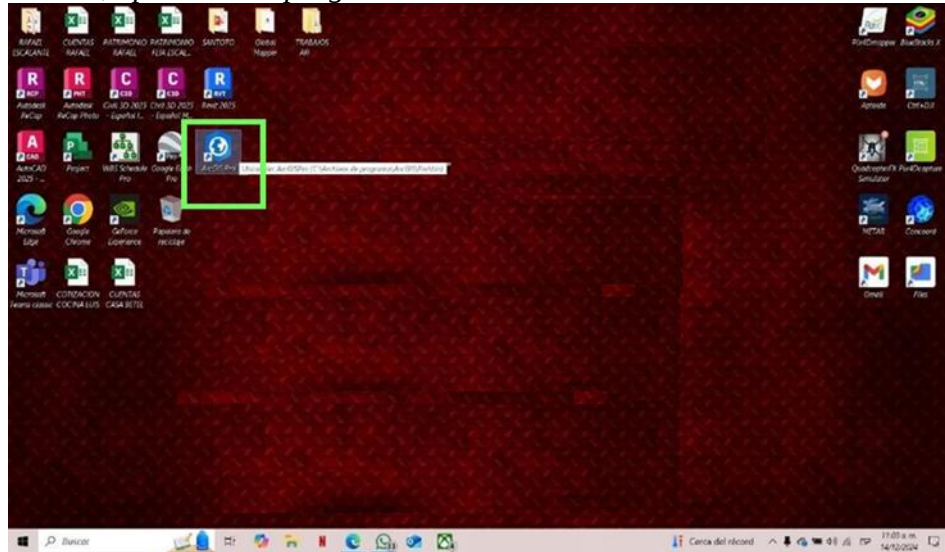
Figura 58. Planos de la planimetría lograda mediante levantamiento fotogramétrico del lote completo.



4.2.1.11 Fotointerpretación con ARCGIS. Se procede a hacer el procesamiento en ArcGIS para obtener las curvas de nivel del predio del edificio. A continuación, se presenta el paso a paso en ARGIS PRO.

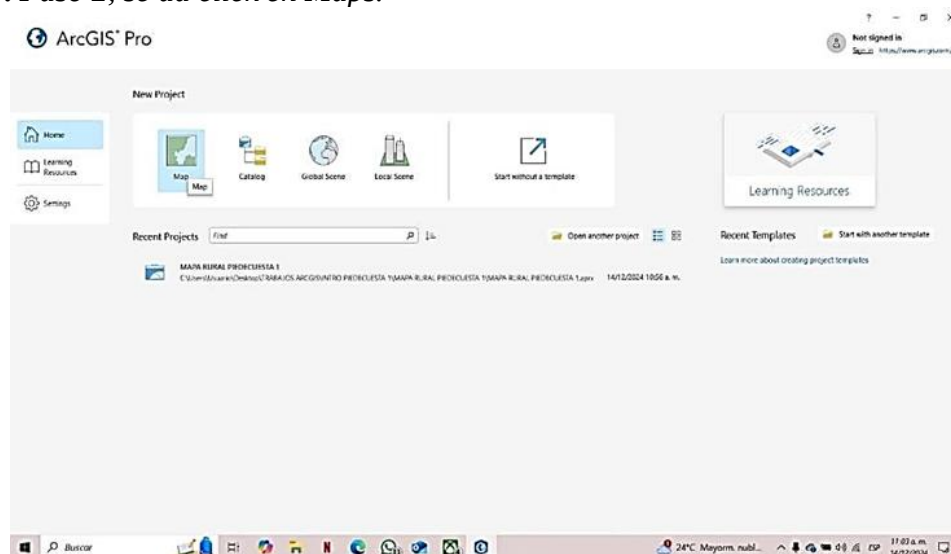
Se abre el Programa – ArcGIS Pro, ver Figura 59.

Figura 59. Paso 1, apertura del programa ArcGIS Pro.



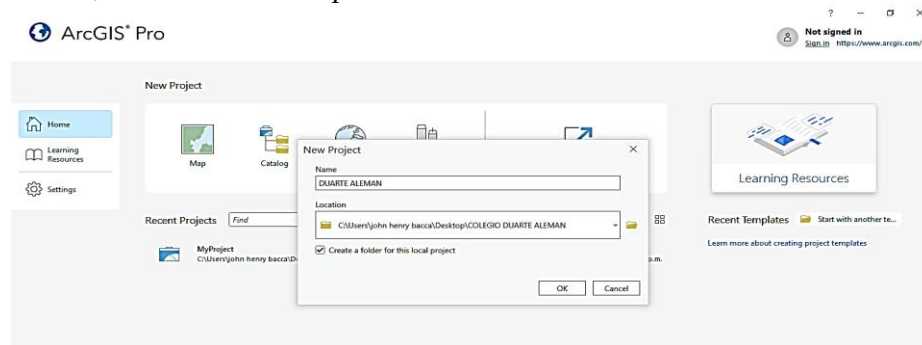
Se da click en Maps, ver Figura 60

Figura 60. Paso 2, se da click en Maps.



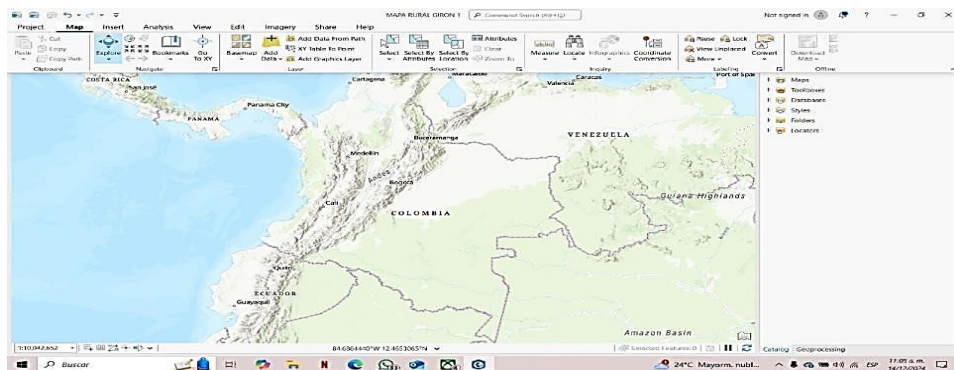
Se nombra el proyecto y se selecciona la carpeta donde se guardará, ver Figura 61.

Figura 61. Paso 3, se da click en Maps.



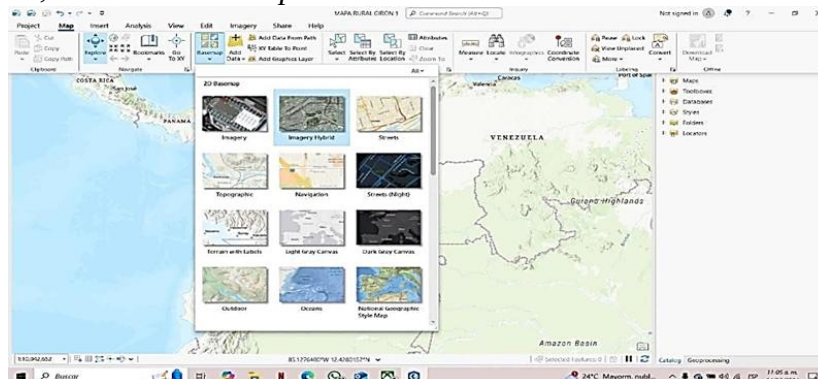
Se nombra y guarda el proyecto, ver Figura 62.

Figura 62. Paso 4, se da click en Maps.



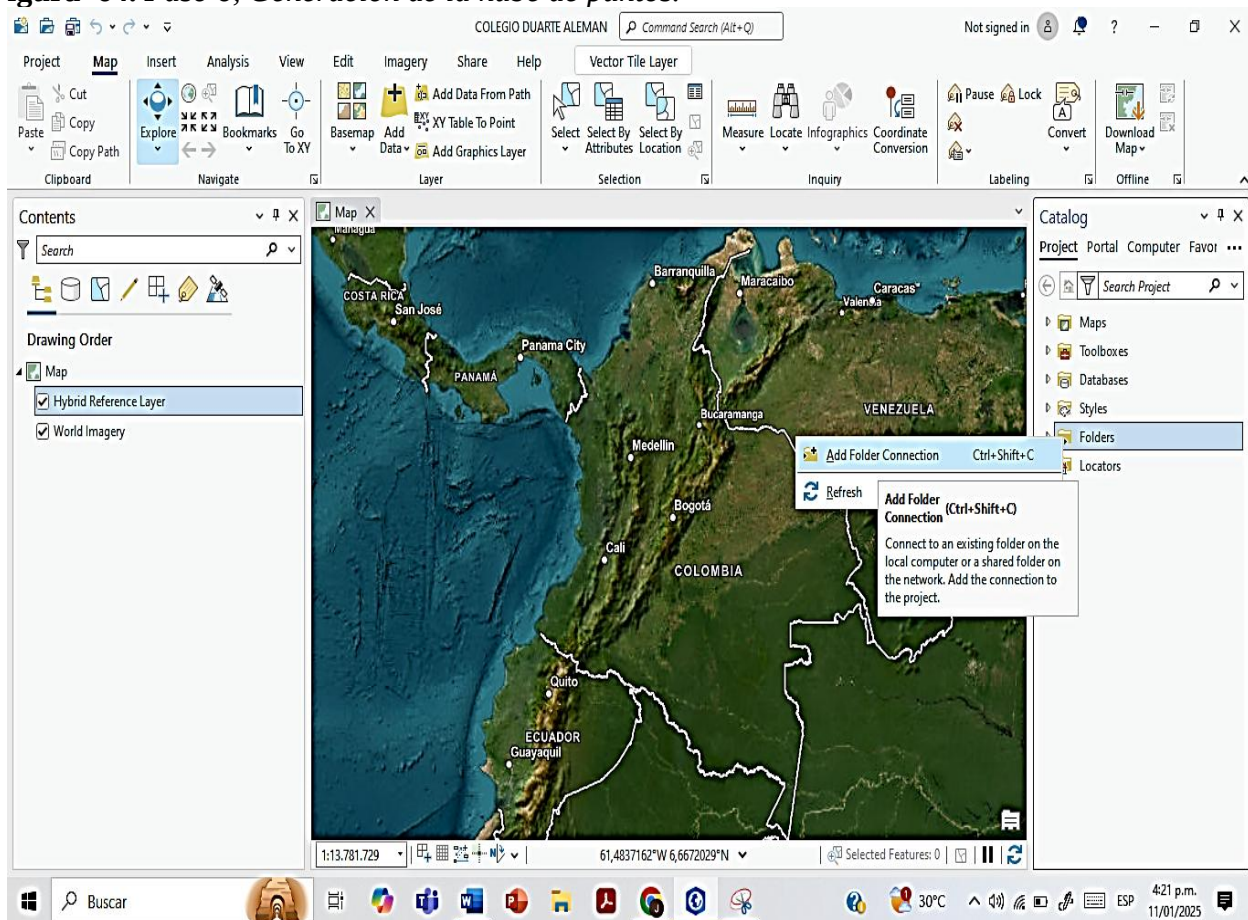
Se selecciona "BASEMAP" y se da click sobre IMAGERY HYBRID, ver Figura 63.

Figura 63. Paso 5, se da click en Maps.



Hacer clic derecho en folder en la ventana derecha y aparece la carpeta creada por el software en forma automática para el proyecto denominado colegio alemán duarte. Luego dar clic en add folder connection, este último comando se utiliza para buscar la carpeta de procesamiento fotogramétrico hecho con Pix4d Mapper para generar la nube de puntos LAS, El ortomosaico TIF DSM y el ortomosaico TIF DTM, ver Figura 64.

Figura 64. Paso 6, Generación de la nube de puntos.



Una vez ubicada la carpeta del proyecto lote colegio alemán se conecta a la carpeta de catalogo al darle “Aceptar”, ver Figura 65.

En la carpeta del proyecto lote colegio alemán duarte damos clic en la carpeta 2_densification y luego en subcarpeta “point cloud”. Ver Figura 66.

Figura 65. Paso 7, Conexión de la carpeta del proyecto con la carpeta de catálogo.

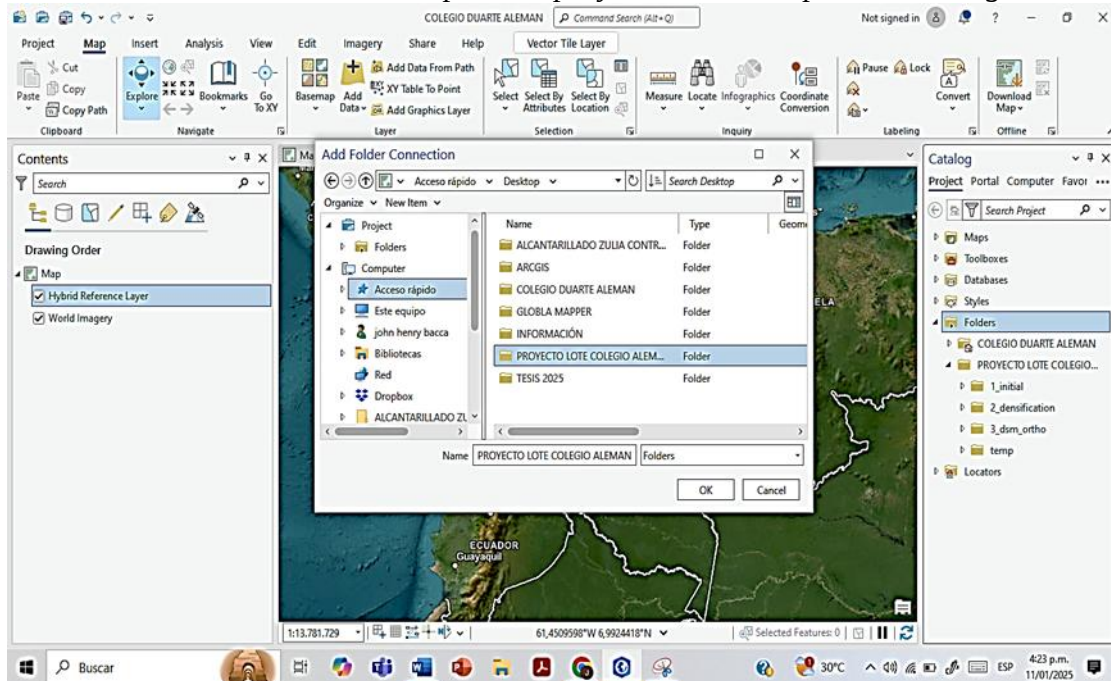
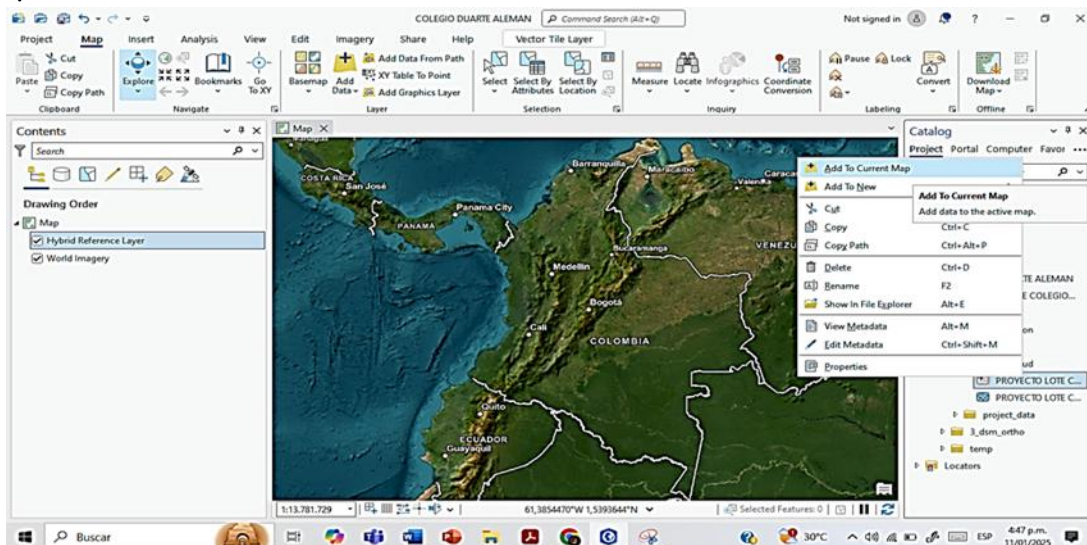
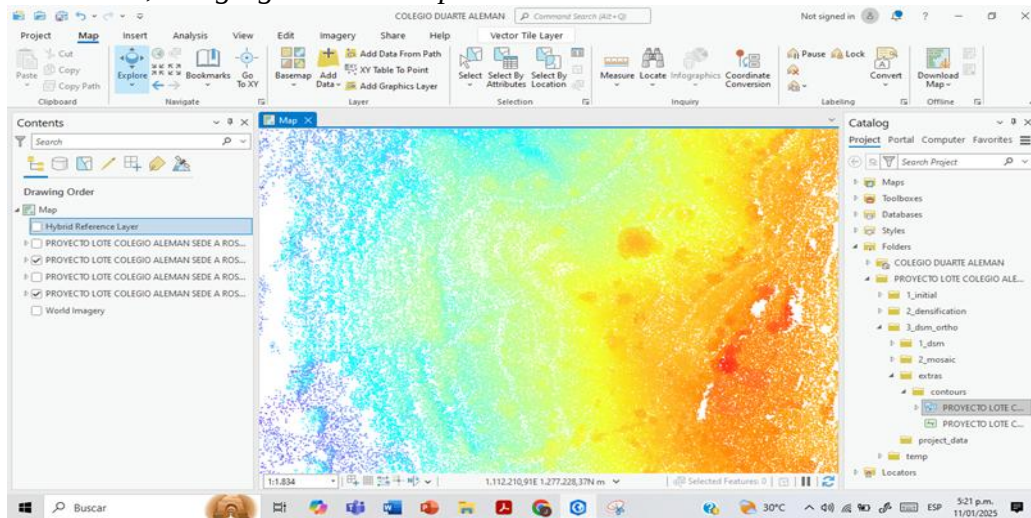


Figura 66. Paso 8, se damos clic en la carpeta 2_densification y luego en subcarpeta “point cloud”.



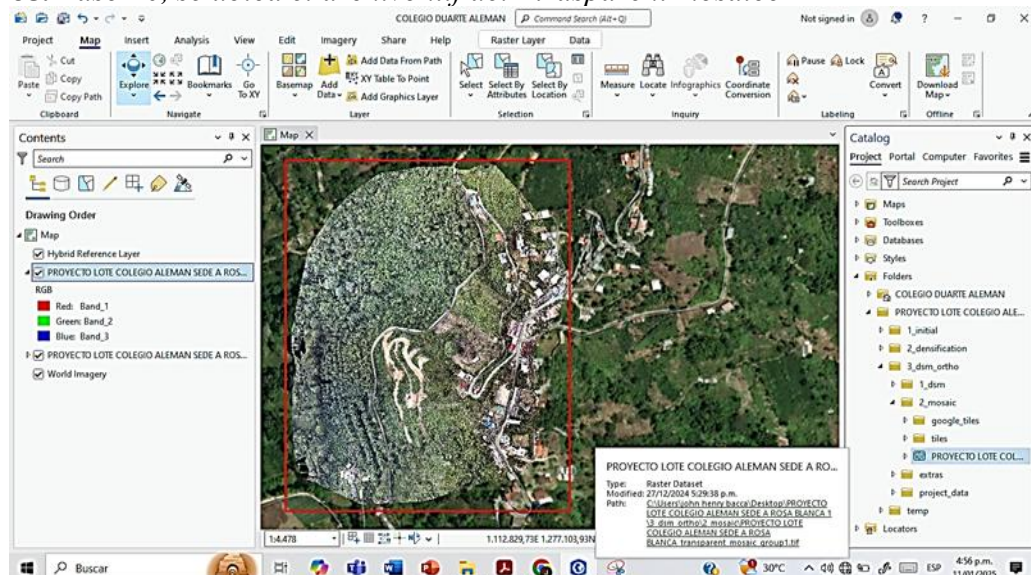
Después con el clic derecho sobre la carpeta formato .LAS se configura la nueva ventana con el comando “agregar al mapa actual”, para agregar la nube de puntos en el visor “mapa”, Ver Figura 67.

Figura 67. Paso 9, Se agrega la nube de puntos.



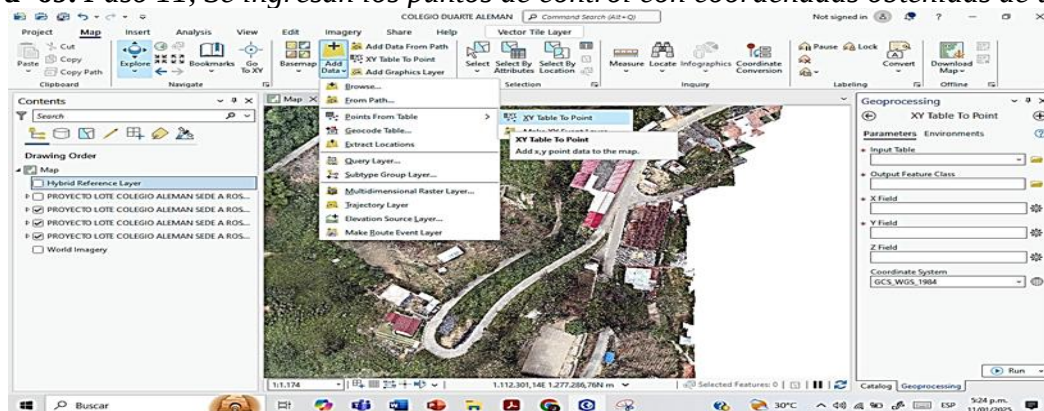
Se ubica el archivo .tif del “transparent mosaico” que se encuentra en la “carpeta 3_dsm_ortho” y subcarpeta “2_mosaic” para ingresarlo al visor del mapa, ver Figura 68.

Figura 68. Paso 10, se ubica el archivo .tif del “transparent mosaico”



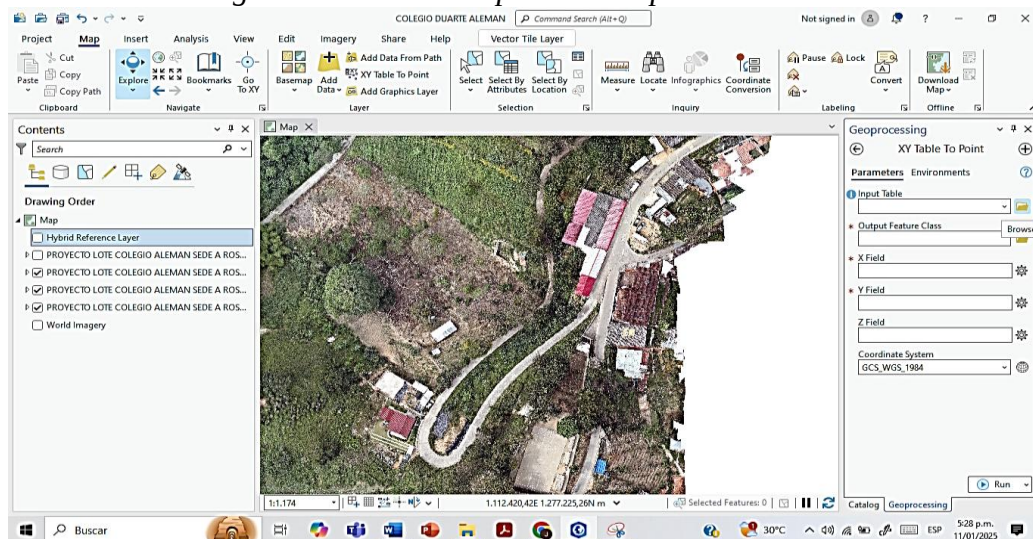
Para ingresar los puntos de control con coordenadas obtenidas de un GPS de antena de alta precisión se utilizará el comando “mapa” y luego en “agregar datos” y un clic en la opción “point from table” y luego en “xy table to point” las coordenadas deben estar añadidas en un archivo formato .txt para que ArcGIS lo reconozca y lo integre en el visor “mapa”, ver Figura 69.

Figura 69. Paso 11, Se ingresan los puntos de control con coordenadas obtenidas de un GPS.



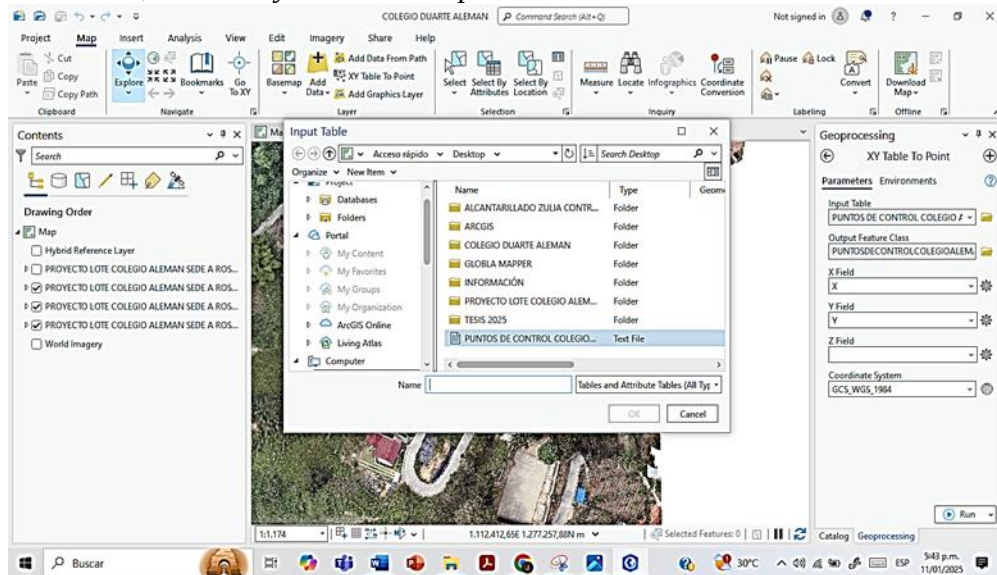
En la ventana de “Geoprocesamiento” y luego en el comando “tabla de entrada” se ingresará el archivo .txt que contiene las coordenadas de los puntos de control, ver Figura 70.

Figura 70. Paso 12 Se ingresa el archivo .txt para el Geoprocesamiento.



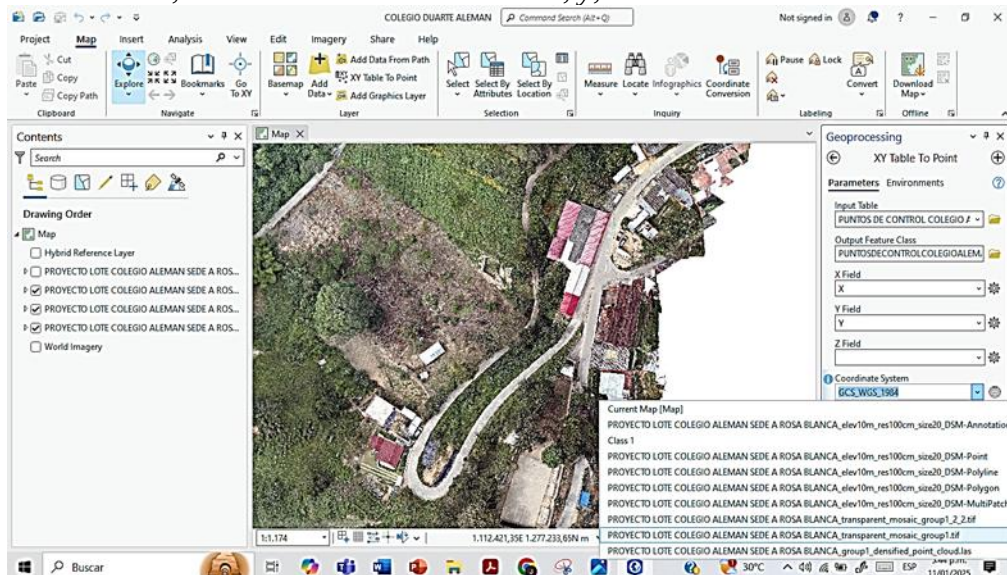
Se ubicará la carpeta txt “puntos de control” y se añade, ver Figura 71.

Figura 71. Paso 13, Se ubica y añade la carpeta .txt.



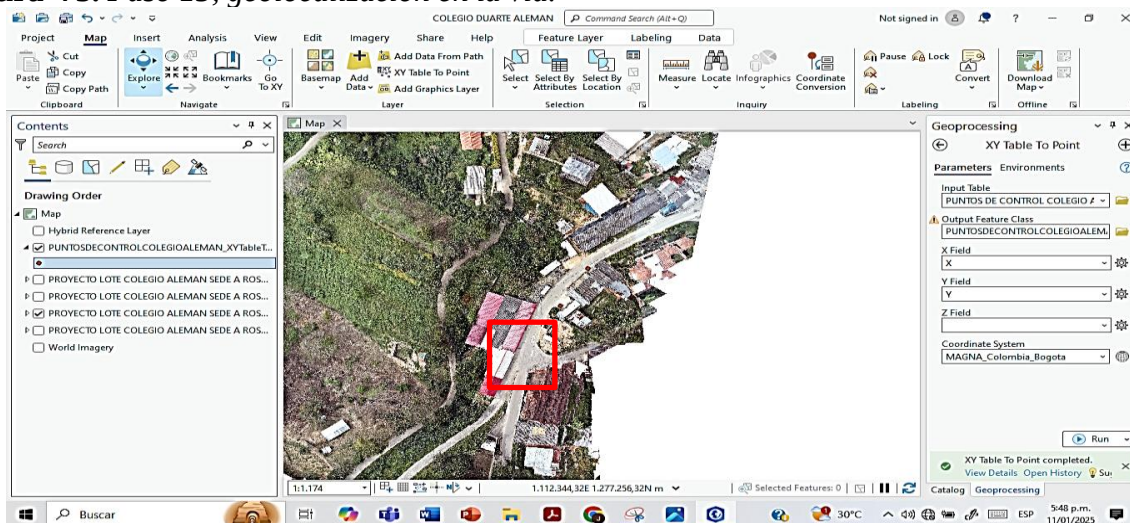
Una vez ingresado el archivo, el software llena los campos x, y, z y solicita “sistema de coordenadas” para lo cual se ingresa los registrados por el archivo “proyecto alemán sede a rosa blanca_transparent_mosaic_group1.tif” y se ejecuta, ver Figura 72.

Figura 72. Paso 14, llenado de las coordenadas x, y, z.



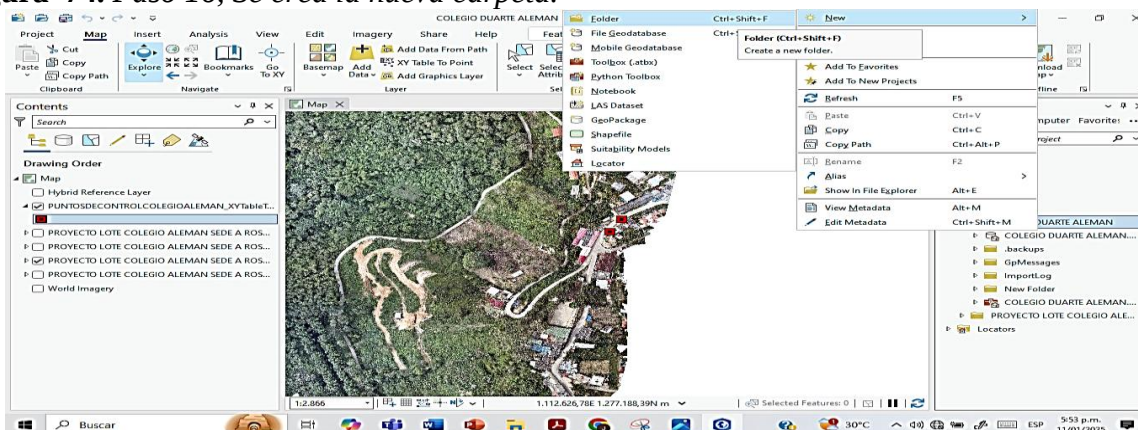
Queda ubicado los puntos de control y como se observa quedo la geolocalización en la vía, ver Figura 73.

Figura 73. Paso 15, geolocalización en la vía.



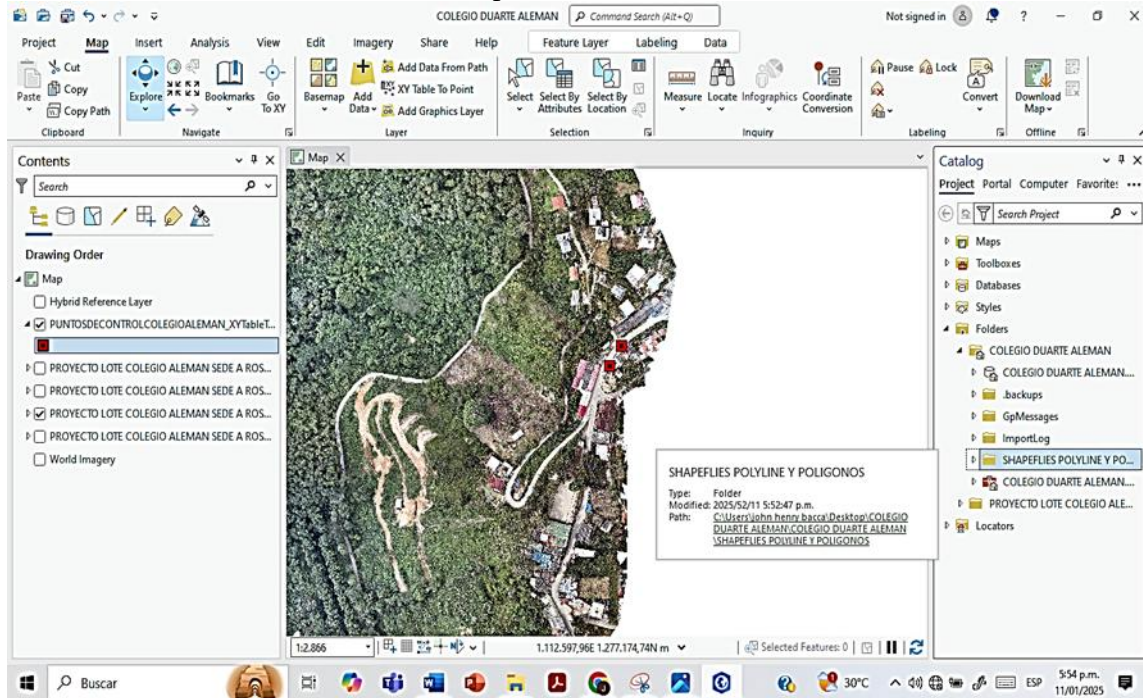
Creación de una carpeta para añadir los archivos shapefiles de dibujo en polyline y polígono. Ubicamos la carpeta “Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca” y disponemos el cursor y damos clic derecho generando la ventana con el comando “nuevo” y posteriormente “carpeta”, ver Figura 74.

Figura 74. Paso 16, Se crea la nueva carpeta.



Se crea la carpeta shape files polyline y polígonos para añadir todos los archivos shape files de dibujo polyline y polígono, ver Figura 75.

Figura 75. Paso 17, Se crea la nueva carpeta.



Ubicamos la carpeta shapefiles y disponemos el cursor sobre dicha carpeta y damos clic derecho generando la ventana con el comando “nuevo” y posteriormente el comando “shape files”, ver Figura 76. Un shapefile es un formato de almacenamiento de datos vectoriales que se utiliza para guardar la ubicación, forma y atributos de entidades geográficas. Se trata de un formato sencillo y no topológico que se utiliza en sistemas de información geográfica (GIS).

Creamos los archivos shape files y disponemos el tipo de geometría “polígono o polyline” y sistema de coordenadas según el ortomosaico implantado en el visor mapa identificando el sistema “magna_colombia_bogota” y por último ejecutamos, ver Figura 77.

Figura 76. Paso 18, almacenamiento de datos vectoriales que se utiliza para guardar la ubicación, forma y atributos de entidades geográficas.

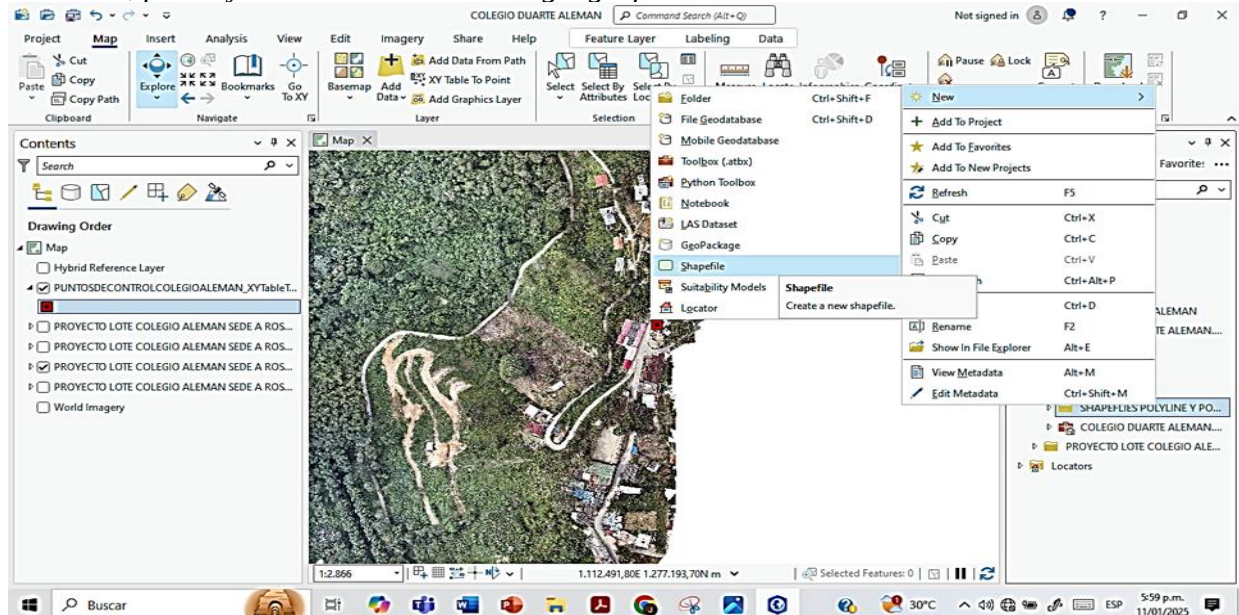
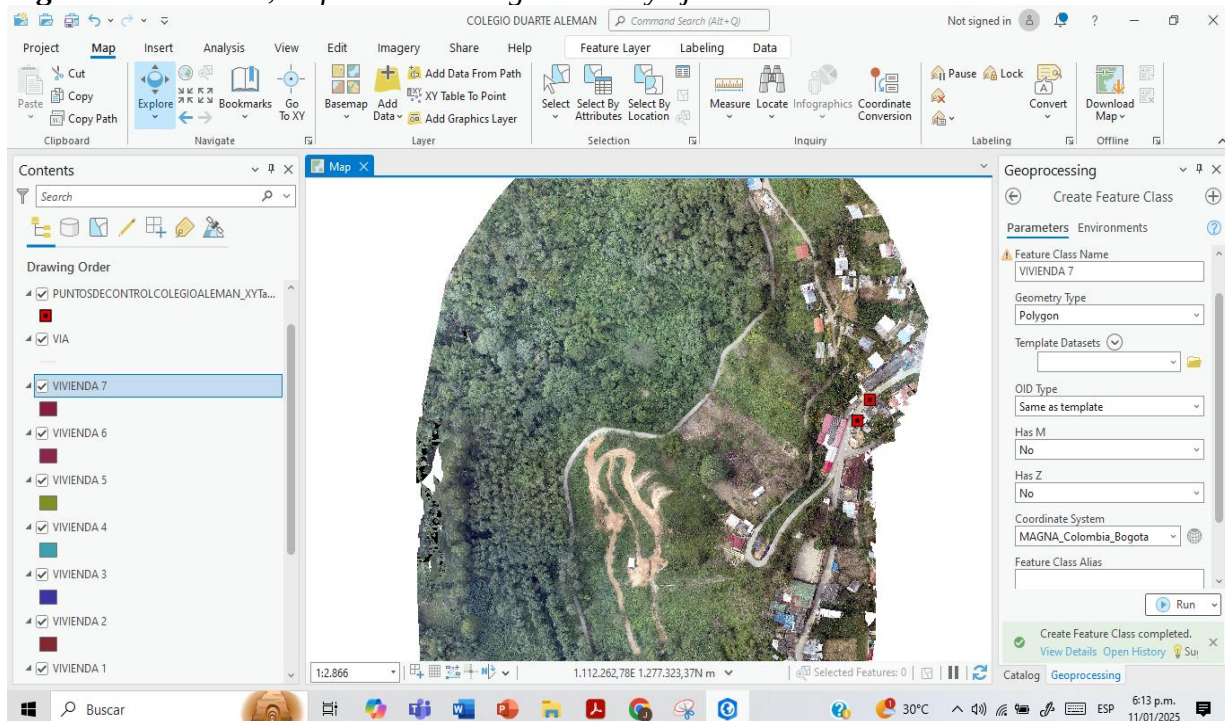


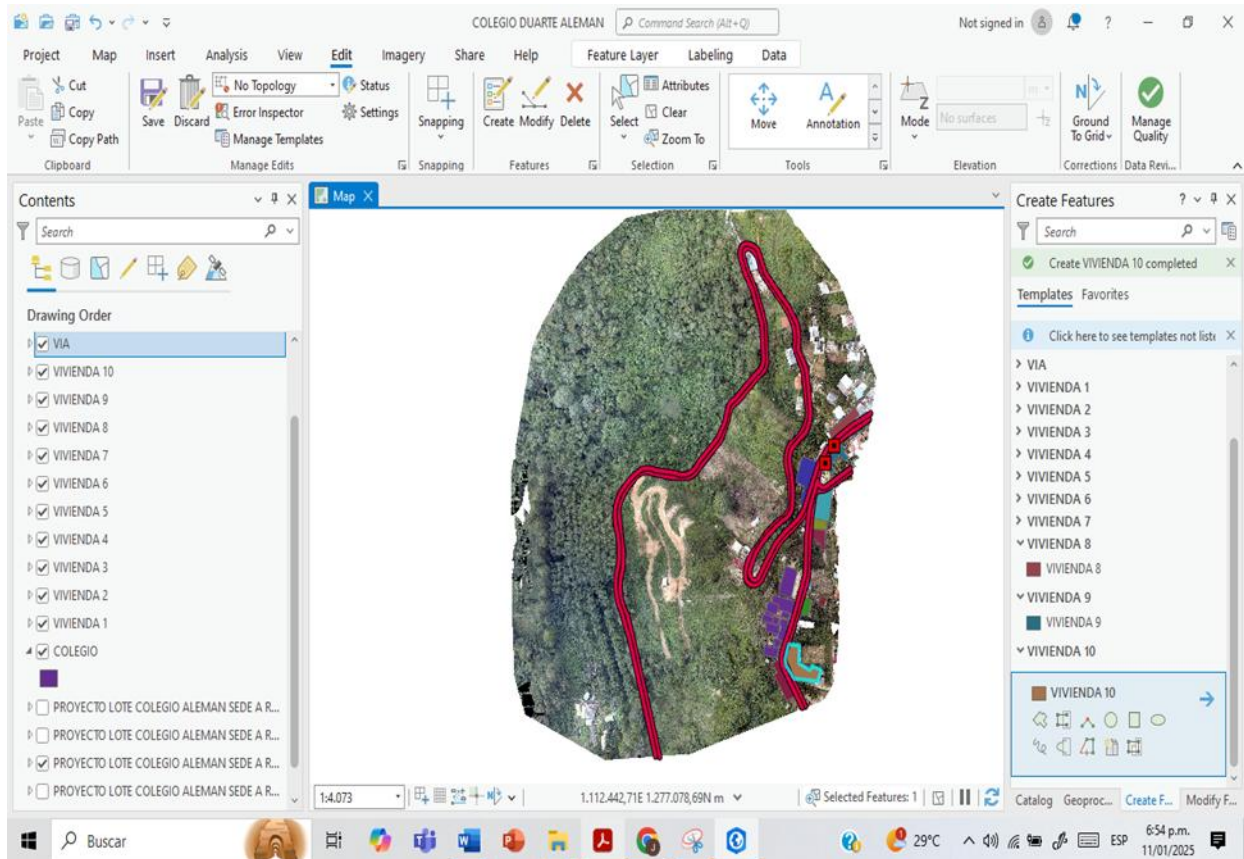
Figura 77. Paso 19, disposición de la geometría y ejecución.



Al activarse el comando crear aparecerá la ventana en la parte derecha de la pantalla

denominada “crear entidades” para iniciar con el polyline del archivo shape files “via” se da clic sobre la entidad “via” y aparecen los comandos de dibujo, ver Figura 78.

Figura 78. Paso 19, se crean las entidades.



4.3 Análisis y comparación del levantamiento con dron y con estación total

A continuación, se analizan y comparan los resultados obtenidos por el método topográfico tradicional y por el método de fotogrametría por drones. La metodología consistió en comparar los datos obtenidos de ambos procedimientos, evaluando aspectos como:

- **Precisión:** Se midieron las discrepancias en las coordenadas de los vértices entre ambos métodos.

- *Análisis de tiempo de tiempo de ejecución:* Se analizó el tiempo requerido para realizar el levantamiento completo del área.
- *Costos:* Se realizaron estimaciones de los gastos asociados a cada método, incluyendo equipo, personal y tiempo de procesamiento.
- *Densidad y calidad de datos:* comparación de la cantidad de puntos obtenidos y calidad visual del producto final.
- *Discusión sobre las ventajas y limitaciones de cada método:* se analizaron los factores que influyen en la elección del método de medición utilizado.

4.3.1 Precisión

Con base en la poligonal generada en el informe de topografía mediante el uso de dron y la realizada a través de la topografía tradicional con estación total, se procedió a enumerar los vértices correspondientes a cada lindero. Este proceso permitió identificar con precisión las diferencias en cuanto a la localización y dimensiones de los puntos registrados por cada método.

4.3.1.1 Información base de la topografía tradicional. En la Figura 79 se muestra el levantamiento topográfico con estación total del Lote colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca.

En la Tabla 1, se muestran las distancias de perímetros punto a punto del lote del colegio Duarte Alemán, sede A Rosa Blanca tomadas mediante levantamiento topográfico con estación total.

[illegible]

Distancia de perímetros punto a punto lote sede a			
Punto		Punto	Distancia
P1	AL PUNTO	P2	5,25
P2	AL PUNTO	P3	15,70
P3	AL PUNTO	P4	10,00

Distancia de perímetros punto a punto lote sede a			
P4	AL PUNTO	P5	9,80
P5	AL PUNTO	P6	17,20
P6	AL PUNTO	P7	16,90
P7	AL PUNTO	P8	10,40
P8	AL PUNTO	P9	9,40
P9	AL PUNTO	P10	3,00
P10	AL PUNTO	P11	45,20
P11	AL PUNTO	P12	15,85
P12	AL PUNTO	P13	20,80
P13	AL PUNTO	P14	15,40
P14	AL PUNTO	P15	6,10
P15	AL PUNTO	P16	1,10
P16	AL PUNTO	P17	5,10
P17	AL PUNTO	P18	13,20
P18	AL PUNTO	P19	18,30
P19	AL PUNTO	P20	34,90
P20	AL PUNTO	P21	9,80
P21	AL PUNTO	P22	10,00
P22	AL PUNTO	P23	40,80
P23	AL PUNTO	P24	10,00
P24	AL PUNTO	P1	8,90
SUMATORIA LONGITUD PERIMETRAL			353,10

4.3.1.2 Información obtenida del levantamiento con drones. A continuación, se muestra en la Figura 80 el levantamiento topográfico del lote del colegio Duarte Alemán obtenido mediante el drone.

En las Tablas 2 y 3 se presentan los perímetros de punto a punto obtenidas mediante drone del lote 1 y 2. Es de mencionar, que el levantamiento topográfico convencional con estación total se hizo sobre el lote 2. Lo correspondiente al lote 1 es un adicional solicitado por el cliente.

Figura 80. Plano obtenido del levantamiento con Dron.



Tabla 2. Tabla de puntos obtenida del levantamiento con Dron lote 1

Distancia de perímetros punto a punto topografía con dron y fotogrametría lote 1				
PUNTO A		PUNTO B		DISTANCIA(ML)
DEL PUNTO	P1	AL PUNTO	P2	135,44
DEL PUNTO	P2	AL PUNTO	P3	56,83
DEL PUNTO	P3	AL PUNTO	P4	24,69
DEL PUNTO	P4	AL PUNTO	P5	35,22
DEL PUNTO	P5	AL PUNTO	P6	35,86
DEL PUNTO	P6	AL PUNTO	P7	12,97
DEL PUNTO	P7	AL PUNTO	P8	14,09
DEL PUNTO	P8	AL PUNTO	P9	23,40
DEL PUNTO	P9	AL PUNTO	P10	7,66
DEL PUNTO	P10	AL PUNTO	P11	11,21
DEL PUNTO	P11	AL PUNTO	P12	25,81
DEL PUNTO	P12	AL PUNTO	P13	18,40
DEL PUNTO	P13	AL PUNTO	P14	7,35
DEL PUNTO	P14	AL PUNTO	P15	32,11
DEL PUNTO	P15	AL PUNTO	P16	17,09
DEL PUNTO	P16	AL PUNTO	P17	11,92
DEL PUNTO	P17	AL PUNTO	P18	21,94

Distancia de perímetros punto a punto topografía con dron y fotogrametría lote 1				
DEL PUNTO	P18	AL PUNTO	P19	24,62
DEL PUNTO	P19	AL PUNTO	P20	27,33
DEL PUNTO	P20	AL PUNTO	P21	33,49
DEL PUNTO	P21	AL PUNTO	P22	19,21
DEL PUNTO	P22	AL PUNTO	P23	28,66
DEL PUNTO	P23	AL PUNTO	P24	14,89
DEL PUNTO	P24	AL PUNTO	P25	17,69
DEL PUNTO	P25	AL PUNTO	P26	26,93
DEL PUNTO	P26	AL PUNTO	P27	31,15
DEL PUNTO	P27	AL PUNTO	P28	57,32
DEL PUNTO	P28	AL PUNTO	P29	46,40
DEL PUNTO	P29	AL PUNTO	P30	16,12
DEL PUNTO	P30	AL PUNTO	P31	11,92
DEL PUNTO	P31	AL PUNTO	P32	14,65
DEL PUNTO	P32	AL PUNTO	P33	8,30
DEL PUNTO	P33	AL PUNTO	P1	45,02
LONGITUD TOTAL PERIMETRO (ML)			915.69	

Tabla 3. *Tabla de puntos obtenida del levantamiento con Dron lote 2*

.Distancia de perímetros punto a punto topografía con dron y fotogrametría lote 2					
PUNTO A		PUNTO B		DISTANCIA(ML)	
DEL PUNTO	P41	AL PUNTO	P40	6,08	
DEL PUNTO	P40	AL PUNTO	P39	15,97	
DEL PUNTO	P39	AL PUNTO	P38	19,83	
DEL PUNTO	P38	AL PUNTO	P37	17,21	
DEL PUNTO	P37	AL PUNTO	P36	17,10	
DEL PUNTO	P36	AL PUNTO	P35	10,39	
DEL PUNTO	P35	AL PUNTO	P34	9,48	
DEL PUNTO	P34	AL PUNTO	P33	3,03	
DEL PUNTO	P33	AL PUNTO	P1	45,02	
DEL PUNTO	P1	AL PUNTO	P51	15,97	
DEL PUNTO	P51	AL PUNTO	P50	21,66	
DEL PUNTO	P50	AL PUNTO	P49	15,46	
DEL PUNTO	P49	AL PUNTO	P48	12,79	
DEL PUNTO	P48	AL PUNTO	P47	13,23	
DEL PUNTO	P47	AL PUNTO	P46	18,33	
DEL PUNTO	P46	AL PUNTO	P45	35,02	
DEL PUNTO	P45	AL PUNTO	P44	19,69	
DEL PUNTO	P44	AL PUNTO	P43	41,80	
DEL PUNTO	P43	AL PUNTO	P42	9,90	
DEL PUNTO	P42	AL PUNTO	P41	9,11	
LONGITUD TOTAL PERIMETRO (ML)			357,07		

4.3.2 Comparación topografía tradicional versus topografía Dron

En la Tabla 4 se muestra la comparación de los perímetros medidos mediante topografía tradicional versus topografía Dron del lote 2.

Tabla 4. *Comparación topografía tradicional versus topografía Dron del lote 2.*

Medición	Porcentaje de aproximación	Topografía tradicional	Levantamiento Dron	Variación
Perímetro (m)	98,9 %	353,10	357,07	3,97
Área (m ²)	91,9 %	5247,727	5711,08	463,353

Nota: no se tiene acceso a la topografía tradicional del lote 1

En la Tabla 5 se puede observar la información catastral del lote 2, el cual es el objeto del presente trabajo.

Tabla 5. *Comparación topografía tradicional y topografía Dron versus información de catastro del lote 2.*

Medición	Catastro	Topografía tradicional	variación	Levantamiento Dron	Variación
Área (m ²)	5000	5247,727	247,727	5711,08	711,08

Nota: no se tiene acceso a la topografía tradicional del lote 1

En la Tabla 6 se muestra la comparativa de la topografía del lote Colegio Duarte Alemán Sede A realizada mediante Dron Vs la información catastral.

Tabla 6. *Comparación de la topografía Dron versus información de catastro del lote 1.*

Medición	Porcentaje de aproximación	Catastro	Levantamiento Dron	Variación
Área (m ²)	59,3 %	70000	41515,29	28484,71

4.3.3 *Análisis de tiempo de ejecución*

El tiempo requerido para llevar a cabo las mediciones y procesar los datos en ambos métodos muestra una diferencia significativa:

- *Topografía Convencional:* Este método demandó un total de 20 días para completar la medición del lote, debido a la naturaleza manual del levantamiento, las limitaciones impuestas por las condiciones climáticas y la necesidad de realizar ajustes tanto en campo como en oficina.
- *Topografía con Dron:* Este método fue completado en tan solo 4 días, gracias a la rapidez en la adquisición de datos fotogramétricos y a la automatización del procesamiento digital.

La diferencia observada resalta la notable eficiencia temporal del uso de drones en los levantamientos topográficos, logrando reducir el tiempo de ejecución en aproximadamente un 80%.

En conclusión, la comparación de ambos métodos destaca las ventajas y limitaciones inherentes a cada uno, proporcionando una guía útil para determinar la herramienta más conveniente en proyectos de mejoramiento de vivienda rural.

4.3.4 Costos

Se realizó un análisis comparativo de los costos asociados a la topografía tradicional y la topografía con drones del lote 2, considerando las tarifas establecidas por metro cuadrado y las áreas obtenidas en un lote de prueba de 5247.727 m² (topografía tradicional) y 5711.08 m² (topografía con drones).

Los resultados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Análisis comparativo de los costos asociados a la topografía tradicional y la topografía con drones del lote 2.

Método	Área (m ²)	Tarifa (COP/m ²)	Costo Total (COP)
Topografía Tradicional	5247.727	571,68	3.000.000,00
Topografía con Drones	5711.08	420,24	2.400.000,00

4.3.5 Análisis

De acuerdo con los resultados, la topografía con drones presenta un costo total menor (2.400.000 COP) en comparación con la topografía tradicional (3.000.000 COP), a pesar de que el área calculada con drones es mayor. Esto se debe a la diferencia en las tarifas por metro cuadrado: que se promedia entre 571 pesos aproximadamente para la topografía tradicional y 420 COP para la topografía con drones. En términos porcentuales, la topografía con drones es aproximadamente un 20% más económica que la topografía tradicional. Esta diferencia de costos puede ser un factor determinante en la elección del método, especialmente en proyectos de gran escala donde las áreas a medir son mayores.

4.3.6 Densidad y calidad de los datos

En cuanto a la cantidad de puntos obtenidos, la topografía tradicional registró 24 puntos, mientras que la topografía con drones obtuvo 20 puntos. Este resultado puede explicarse por la metodología de captura de datos: la topografía tradicional se basa en puntos seleccionados manualmente, mientras que la topografía con drones genera un modelo continuo a partir de un menor número de puntos clave.

En relación con la calidad visual del producto final, se refiere a la claridad, detalle y precisión con que se representa el terreno en productos como mapas, modelos 3D u ortomosaicos. La topografía con drones, gracias a su capacidad de generar modelos tridimensionales y orto mosaicos de alta resolución, ofrece una calidad visual significativamente superior, facilitando la interpretación y el análisis del terreno. Esta ventaja hace que los drones sean ideales para proyectos que requieran representaciones detalladas y visualmente precisas del entorno.

4.3.7 *Discusión sobre las ventajas y limitaciones de cada método.*

Cada método de topografía presenta ventajas y limitaciones que los hacen más o menos adecuados dependiendo del contexto del proyecto.

Ventajas de la topografía convencional:

- Alta precisión en puntos específicos.
- Ideal para proyectos pequeños o que requieran mediciones manuales detalladas.
- Menor dependencia de condiciones climáticas favorables.

Limitaciones de la topografía convencional:

- Tiempo de ejecución más largo.
- Cobertura limitada a puntos seleccionados manualmente.
- Mayor costo por metro cuadrado en áreas grandes.

Ventajas de la topografía con drones:

- Cobertura amplia y rápida de grandes extensiones de terreno.
- Generación de productos visuales de alta calidad, como modelos 3D y ortomosaicos.
- Costos más bajos por metro cuadrado en proyectos grandes.

Limitaciones de la topografía con drones:

- Dependencia de condiciones climáticas favorables.
- Necesidad de capacitación técnica y equipo especializado.
- Precisión ligeramente inferior en comparación con puntos específicos de la topografía tradicional.

5. Conclusiones

Una vez realizada la comparación de lo medido y encontrado en los dos métodos de levantamiento topográfico: convencional con estación total y usando drone, se puede concluir asegurar lo siguiente:

1. *Comparación de Métodos de Levantamiento:* La comparación entre los métodos de levantamiento convencional con estación total y el uso de drones muestra resultados bastante cercanos, aunque con algunas diferencias. En términos de perímetros, la variación fue mínima, alcanzando solo 3,97 metros de diferencia, lo que equivale a una similitud del 98,9%. Sin embargo, en cuanto al cálculo del área, se observó una mayor discrepancia de 463,353 m², lo que se traduce en una similitud del 91,89%. Esta diferencia puede atribuirse a la resolución y precisión de los modelos generados por cada tecnología, donde la estación total presenta una mayor exactitud en la medición de áreas específicas.
2. *Ventajas y Limitaciones de Cada Método:*
 - *Levantamiento con Dron:* Este método ofrece una alta eficiencia en la recolección de datos, especialmente en terrenos de difícil acceso, donde la utilización de equipos tradicionales puede resultar costosa o impráctica. El uso de drones permite una captura rápida de información geoespacial, lo que reduce significativamente el tiempo y los recursos necesarios para realizar el levantamiento. Esta característica es particularmente relevante en proyectos de mejoramiento de viviendas rurales, donde el tiempo y los costos suelen ser factores limitantes.
 - *Levantamiento con Estación Total:* Aunque el levantamiento convencional con estación total proporciona una mayor precisión en puntos específicos, su uso es más adecuado para áreas con acceso fácil y donde se requiera una alta exactitud en las

mediciones. Este método es ideal cuando se necesita un control exhaustivo sobre las coordenadas de cada punto y en proyectos donde los márgenes de error son estrictos.

3. *Importancia de Seleccionar el Método Adecuado:* Los resultados obtenidos subrayan la importancia de elegir el método de levantamiento más adecuado según los objetivos y las condiciones del terreno. Mientras que el dron es más eficiente en términos de tiempo y costos, la estación total sigue siendo indispensable cuando se requieren datos con una precisión más elevada, especialmente en áreas donde la exactitud es crítica.
4. *Importancia de verificar el área de catastro y lo comprado.* En este trabajo se logró evidenciar que el área del lote comprado por el colegio Duarte Alemán no corresponde a lo reportado en la oficina de catastro, dado que, según ella, el lote tenía un área de 70.000 m², sin embargo, mediante el levantamiento con dron se logró comprobar que el lote comprado únicamente tenía un área de 41515,29 m², mostrando con ello que hay una variación en área de 28484,71 m².

En términos generales, ambos métodos de levantamiento presentan un alto grado de eficacia. No obstante, el levantamiento con dron sobresale por su capacidad de optimizar recursos y reducir los tiempos de ejecución, lo que lo convierte en una herramienta clave en el contexto de proyectos de mejora de vivienda rural, donde la eficiencia y la reducción de costos son fundamentales. La elección entre estos métodos dependerá de las necesidades específicas del proyecto, considerando factores como la accesibilidad del terreno, la precisión requerida y los recursos disponibles.

Este análisis pone en evidencia que no existe un método único que sea superior en todos los aspectos, sino que cada uno tiene ventajas particulares que deben ser evaluadas según las condiciones del proyecto en cuestión.

Referencias

- Acosta, D. (2024). *Concoord*. <https://Linuxdac.Blogspot.Com/2006/07/Por-Fin-Esta-Disponible-Concoord-En-El.Html>.
- Aeronáutica Civil. (2018). *Resolución No. 4201 del 28 de diciembre de 2018*.
- Aeronáutica Civil. (2023). *RESOLUCIÓN N° 01983 SEP 27 2023*.
- Arplan. (2024, July 9). *Topografía con Drones: Ventajas y Desventajas*. <https://Arplan.Com.Co/Topografia-Con-Drones-Ventajas-Desventajas-y-Comparacion-Con-Metodos-Tradicionales/>.
- Autodesk. (2024a). *Autodesk AutoCAD: software de diseño y dibujo en el que confían millones de usuarios*. <https://Www.Autodesk.Com/Latam/Products/Autocad/Overview?Term=1-YEAR&tab=subscription>.
- Autodesk. (2024b). *Autodesk ReCap Pro: Convierte el físico en digital*. <https://Www.Autodesk.Com/Products/Recap/Overview?Term=1-YEAR&tab=subscription&plc=RECAP>.
- Blue Marble Geographics. (2023). *Global Mapper. VERSION 26*. <https://Www.Blumarblegeo.Com/Global-Mapper/>.
- Bonfante Arévalo, A. A. and D. G. J. K. (2023). *Análisis Comparativo Entre el Levantamiento Topográfico Tradicional y el Desarrollado con Fotogrametría y Tecnología de Drone Aplicado a un Predio de Propiedad de las*.
- Cely Calixto, N. J. and C. G. A. and J. H. yulady. (2022). *Fundamentos y conceptos básicos de Topografía*.
- Congreso de la República. (2009). *Ley 1341 de 2009*.
- Congreso de la república. (2011). *Ley_1476_de_2011*.

Congreso de la República. (2019). *Ley_1978_de_2019*.

Cu, O.-T. C., Santana, D. R., Gómez Córdova, O. ;, De Jesús, F., Carrillo, L., Vanessa, N., Esqueda, S., Espinoza Fraire, A. ;, & Tadeo, A. (2020). *Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones*. 14(2), 2020. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>

Datum-SL. (2025, January 10). *Técnicas de levantamiento topográfico: métodos tradicionales vs. tecnología moderna*. <https://Datum-Sl.Com/Tecnicas-de-Levantamiento-Topografico-Metodos-Tradicionales-vs-Tecnologia-Moderna/>.

El-Din Fawzy, H. (2019). Study the accuracy of digital close range photogrammetry technique software as a measuring tool. *Alexandria Engineering Journal*, 58(1), 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.04.004>

Esri. (20224). *ArcGIS* . <https://Www.Esri.Com/En-Us/Arcgis/Products/Arcgis-pro/Overview>.

Gallego, Á., Miguel, S., Marco, S., & Upv, U. (n.d.). *Manual de prácticas de topografía clásica en ingeniería* EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. <http://www.lalibreria.upv.es>

García Márquez, F. (1981). *CURSO BASICO DE TOPOGRAFIA; PLANIMETRIA, AGRIMENSURA, ALTIMETRIA*.

HobbyTuxtla. (2022). *Topografía con drones vs levantamiento terrestre: ¿Cuál es mejor?* <https://Www.Hobbytuxtla.Com/Topografia-Drones-vs-Levantamiento-Terrestre/>.

IDS emin.energy. (2024). *Seis ventajas de la Topografía con Drones*. <https://Www.Idstopografia.Com/6-Ventajas-de-La-Topografia-Con-Drones>.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2025, January 12). *¿En qué consiste un levantamiento topográfico?* . <https://Antiguo.Igac.Gov.Co/Es/Contenido/En-Que-Consiste-Un-Levantamiento-Topografico>.

Mallma Palacios, R. (2020). *Análisis, desarrollo y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con un RPA frente a un levantamiento topográfico convencional realizado con GNSS-Mina Barrick, 2018*.

Mondragón, Z., Elmer, J., -Pachacamac, F., & Palacios, M. (2020). *Análisis comparativo del método fotogramétrico y convencional para el levantamiento topográfico de la Av. Ferrocarril* — *Pachacamac*.

https://www.bing.com/search?pglt=43&q=Análisis+comparativo+del+método+fotogramétrico+y+convencional+para+el+levantamiento+topográfico+de+la+Av.+Ferrocarril+—+Pachacamac&cvid=0ce8aa1ad1de40bbae573921fe4c2ef1&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBF GDkyBggAEEUYOdIBBzU0NGowajGoAgCwAgA&FORM=ANNTA1&PC=ASTS

Mozo, V. M. and P. T. (2004). *TOPOGRAFIA MODERNA CON ESTACIÓN TOTAL*. <https://www.mineria.unam.mx/topografia-moderna-%28estacion-total-y-gnss%29-CPA99-2023>

Pari Rendon, R. W. S. M. F. D. (2020). *Análisis, desarrollo y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con un RPA frente a un levantamiento topográfico convencional realizado con GNSS — Mina Barrick, 2018* [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/23460>

Peñafiel, J., & Zayas, J. (2001). *FUNDAMENTOS DEL SISTEMA GPS Y APLICACIONES EN LA TOPOGRAFIA*. <https://www.coigt.com/CLM>

PIX4D. (2024). *The leading photogrammetry software for professional drone mapping.*

<https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software/>.

Presidente de la República. (2020). *Decreto_1064_de_2020.*

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/portal-manual_de_supervision.pdf

Timoteo Quispe Flores. (2017). *LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL Y UN DRONE (UAV) eBee DE SENSEFLY, PARA LA DEMARCACIÓN DEL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA, PACAYCASA, AYACUCHO, 2017.*

Umiles. (2022, November 22). *Topografía con Drones: Qué es, cómo se hace y qué ventajas tiene.*

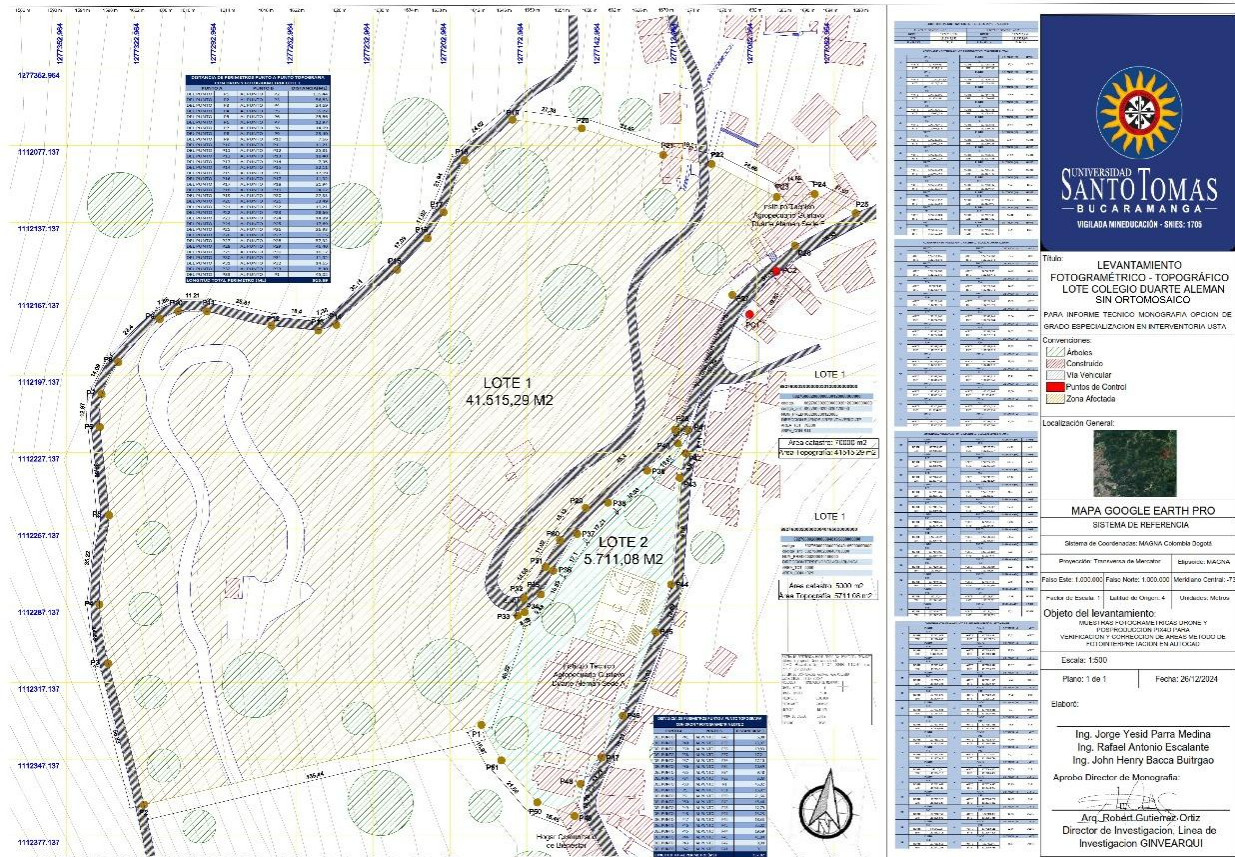
<https://umilesgroup.com/topografia-con-drones/>.

Unidades Administrativas Especiales. (2018). *Resolución número 01594 de 2018.*

William Cavanagh, P. (2016). *El mercado de los drones puede generar un negocio de más de 127.000 millones de dólares.* www.pwc.es

Apéndices

Apéndice A. Levantamiento Fotogramétrico- Topográfico lote colegio Duarte Alemán sin ortomosaico.



Apéndice B . *Coordenadas y distancias punto a punto lote colegio Duarte Alemán tomadas con drone-Planimetría.*

CORDENADAS Y DISTANCIAS PUNTO A PUNTO LOTE COLEGIO DUARTE ALEMAN							
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P1			P2		135,44	OESTE
	NORTE	127709,641		NORTE	1277065,208		
	ESTE	1112239,319		ESTE	1112107,518		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P2			P3		56,83	NORTE
	NORTE	1.277.065.208		NORTE	1277120,301		
	ESTE	1112107,518		ESTE	1112093,591		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P3			P4		24,69	NORTE
	NORTE	1277120,301		NORTE	1277143,431		
	ESTE	111209,591		ESTE	1112090,038		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P4			P5		35,22	NORTE
	NORTE	1277143,431		NORTE	1277178,445		
	ESTE	1112090,038		ESTE	1112093,874		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P5			P6		35,86	NORE
	NORTE	1277178,445		NORTE	1277212,895		
	ESTE	1112093,874		ESTE	1112090,239		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P6			P7		12,97	NORTE
	NORTE	1277212,895		NORTE	1277212,895		
	ESTE	1112090,239		ESTE	1112090,239		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P7			P8		14,09	NORTE
	NORTE	1277212,895		NORTE	1277238,299		
	ESTE	1112090,239		ESTE	1112097,468		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P8			P9		23,4	NORTE
	NORTE	1277238,299		NORTE	1277255,118		
	ESTE	1112097,468		ESTE	1112113,739		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P9			P10		7,66	ESTE
	NORTE	1277255,118		NORTE	1277258,137		
	ESTE	1112113,739		ESTE	1112120,864		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P10			P11		11,21	ESTE
	NORTE	1277258,137		NORTE	1277258,103		
	ESTE	1112120,864		ESTE	1112132,073		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P11			P12		25,,81	ESTE
	NORTE	1277258,103		NORTE	1277252,545		
	ESTE	1112132,073		ESTE	1112157,282		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P12			P13		18,4	ESTE
	NORTE	1277252,545		NORTE	1277250,655		
	ESTE	1112157,282		ESTE	1112175,648		

CORDENADAS Y DISTANCIAS PUNTO A PUNTO LOTE COLEGIO DUARTE ALEMAN							
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P13			P14		7,35	ESTE
	NORTE	1277250,655		NORTE	1277252,887		
	ESTE	1112175,648		ESTE	1112182,648		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P14			P15		32,11	NORE
	NORTE	1277252,887		NORTE	1277274,41		
	ESTE	1112182,648		ESTE	1112206,471		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P15			P16		17,09	NORTE
	NORTE	1277274,41		NORTE	1277286,669		
	ESTE	1112206,471		ESTE	1112218,379		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P16			P17		11,92	NORTE
	NORTE	1277286,669		NORTE	1277296,848		
	ESTE	1112218,379		ESTE	1112224,591		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P17			P18		21,94	NORTE
	NORTE	1277296,848		NORTE	1277317,243		
	ESTE	1112224,591		ESTE	1112232,684		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P18			P19		24,62	ESTE
	NORTE	1277317,243		NORTE	1277333,099		
	ESTE	1112232,684		ESTE	1112251,514		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P19			P20		27,33	ESTE
	NORTE	1277333,099		NORTE	1277329,689		
	ESTE	1112251,514		ESTE	1112278,628		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P20			P21		33,49	ESTE
	NORTE	1277329,689		NORTE	1277319,309		
	ESTE	1112278,628		ESTE	1112310,471		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P21			P22		19,21	ESTE
	NORTE	1277319,309		NORTE	1277315,812		
	ESTE	1112310,471		ESTE	1112329,346		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P22			P23		28,66	ESTE
	NORTE	1277315,812		NORTE	1277302,866		
	ESTE	1112329,346		ESTE	1112354,91		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P23			P24		14,89	ESTE
	NORTE	1277302,866		NORTE	1277304,032		
	ESTE	1112354,91		ESTE	1112369,759		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P24			P25		17,69	ESTE
	NORTE	1277304,032		NORTE	1277296,575		
	ESTE	1112369,759		ESTE	1112385,801		

CORDENADAS Y DISTANCIAS PUNTO A PUNTO LOTE COLEGIO DUARTE ALEMAN							
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P25			P26		26,93	SUR
	NORTE	1277296,575		NORTE	1277283,903		
	ESTE	1112385,801		ESTE	1112362,037		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P26			P27		31,15	SUR
	NORTE	1277283,903		NORTE	1277264,579		
	ESTE	1112362,037		ESTE	1112337,608		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P27			P28		57,32	SUR
	NORTE	1277264,579		NORTE	1277211,852		
	ESTE	1112337,608		ESTE	1112315,129		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P28			P29		46,4	SUR
	NORTE	1277211,852		NORTE	1277181,267		
	ESTE	1112315,129		ESTE	1112280,237		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P29			P30		16,12	SUR
	NORTE	1277181,267		NORTE	1277168,667		
	ESTE	1112280,237		ESTE	1112270,175		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P30			P31		11,92	SUR
	NORTE	1277168,667		NORTE	1277158,19		
	ESTE	1112270,175		ESTE	1112264,481		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P31			P32		14,65	SUR
	NORTE	1277158,19		NORTE	1277146,053		
	ESTE	1112264,481		ESTE	1112255,864		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P32			P33		7,31	SUR
	NORTE	1277146,053		NORTE	1277139,118		
	ESTE	1112255,864		ESTE	1112253,55		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P33			P34		3,03	NORTE
	NORTE	1277139,118		NORTE	1277140,459		
	ESTE	1112253,55		ESTE	1112256,267		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P34			P35		9,48	NORTE
	NORTE	1277140,459		NORTE	1277147,43		
	ESTE	1112256,267		ESTE	1112262,696		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P35			P36		10,39	NORTE
	NORTE	1277147,43		NORTE	1277156,707		
	ESTE	1112262,696		ESTE	1112267,562		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P36			P37		17,1	NORTE
	NORTE	1277156,707		NORTE	1277171,078		
	ESTE	1112267,562		ESTE	1112276,859		

CORDENADAS Y DISTANCIAS PUNTO A PUNTO LOTE COLEGIO DUARTE ALEMAN							
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P37			P38			
	NORTE	1277171,078		NORTE	1277183,321		
	ESTE	1112276,859		ESTE	1112288,95		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P38			P39			
	NORTE	1277183,321		NORTE	1277195,853		
	ESTE	1112288,95		ESTE	1112304,316		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P39			P40			
	NORTE	1277195,853		NORTE	1277206,516		
	ESTE	1112304,316		ESTE	1112316,201		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P40			P41			
	NORTE	1277206,516		NORTE	1277211,679		
	ESTE	1112316,201		ESTE	1112320,434		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P41			P42			
	NORTE	1277211,679		NORTE	1277202,641		
	ESTE	1112320,434		ESTE	1112319,3		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P42			P43			
	NORTE	1277202,641		NORTE	1277193,018		
	ESTE	1112319,3		ESTE	1112316,989		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P43			P44			
	NORTE	1277193,018		NORTE	1277151,358		
	ESTE	1112316,989		ESTE	1112313,581		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P44			P45			
	NORTE	1277151,358		NORTE	1277132,594		
	ESTE	1112313,581		ESTE	1112307,618		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P45			P46			
	NORTE	1277132,594		NORTE	1277100,04		
	ESTE	1112307,618		ESTE	1112294,716		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P46			P47			
	NORTE	1277100,04		NORTE	1277083,662		
	ESTE	1112294,716		ESTE	1112286,487		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P47			P48			
	NORTE	1277083,662		NORTE	1277073,325		
	ESTE	1112286,487		ESTE	1112278,227		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P48			P49			
	NORTE	1277073,325		NORTE	1277060,756		
	ESTE	1112278,227		ESTE	1112275,832		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P49			P50			
	NORTE	1277060,756		NORTE	1277066,09		
	ESTE	1112275,832		ESTE	1112261,318		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P50			P51			
	NORTE	1277066,09		NORTE	1277082,518		
	ESTE	1112261,318		ESTE	1112247,203		
DE	PUNTO		A	PUNTO		DISTANCIA (M)	LIMITE
	P51			P1			
	NORTE	1277082,518		NORTE	127709,641		
	ESTE	1112247,203		ESTE	1112239,319		

Apéndice C. *Sistema de Coordenadas Nacional para Colombia - Magna Sirgas.*

SISTEMA DE REFFERENCIA MAGNA SIRGAS CON PROYECCION EPSG:9377	
sistema de proyección único para colombia	
IGAC Resolución 1101 SNR 11344 del	
31/12/2020	
SISTEMA DE COORDENADAS NACIONAL PARA COLOMBIA	
MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA	
PROECCION	TRANSVERSA DE MERCATOR
ORIGEN LATITUD	4°
ORIGEN LONGITUD	73 W
FALSO ESTE	5.000.000
FALSO NORTE	2.000.000
UNIDADES	METROS
FACTOR DE ESCALA	0.9992
ELIPSOIDE	GRS80

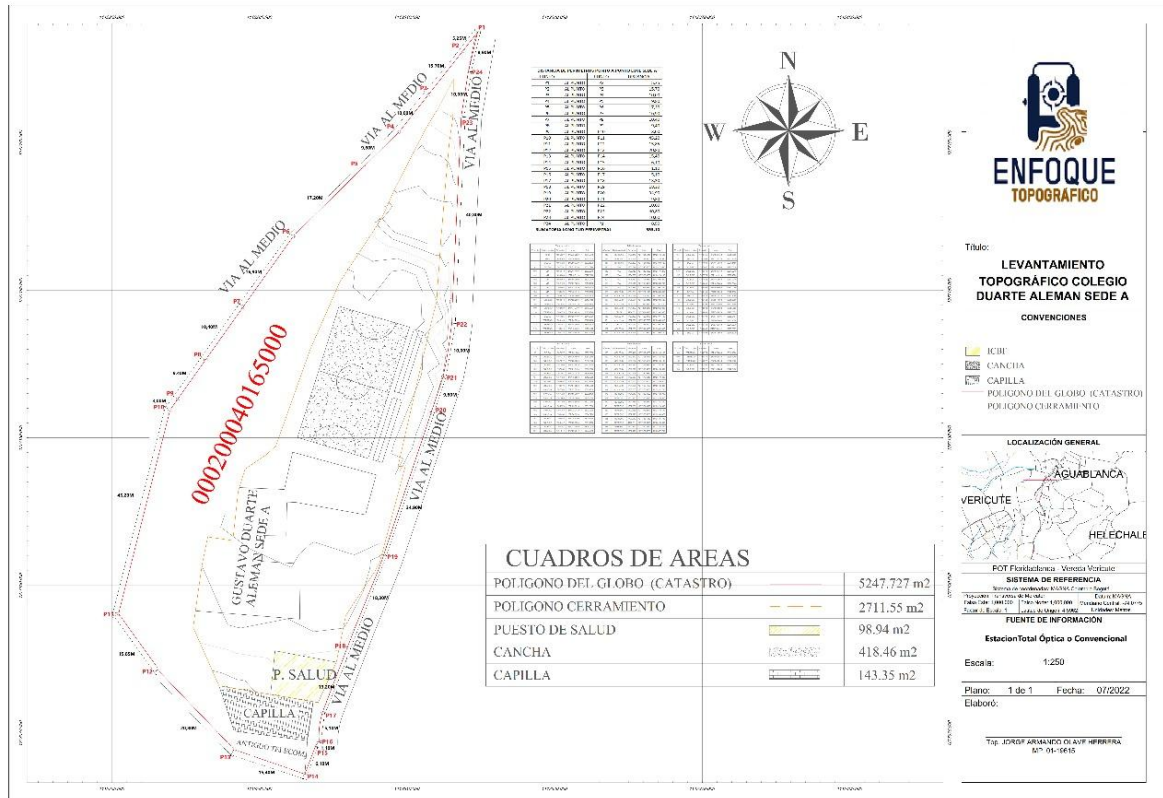
Apéndice D. Registro de catastro.**682760002000000040165000000000****682760002000000040165000000000**

codigo 682760002000000040165000000000
codigo_ant 68276000200040165000
NUM_PRED 000200040165000
DIRECCION TERRENO VDA AGUABLANCA
AREA_TOT 5000
AREA_CON 1329

682760002000000030120000000000**682760002000000030120000000000**

codigo 682760002000000030120000000000
codigo_ant 68276000200030120000
NUM_PRED 000200030120000
DIRECCION BUENOS AIRES VDA VERICUTE
AREA_TOT 70000
AREA_CON 511

Apéndice E. Plano del levantamiento topográfico convencional con estación total.



Apéndice F. Cartera del levantamiento topográfico convencional con estación total

Tabla de puntos				
Nº punto	Código original	Elevación	Norte	Este
1	GPS	1695.927	1277273.7520	1112354.8040
2	GPS	1695.565	1277256.9080	1112344.3320
3	DELTA	1695.323	1277250.0320	1112332.5830
4	DELTA	1707.752	1277151.9330	1112301.6240
100	VIA	1696.670	1277211.4150	1112323.8010
101	VIA	1696.566	1277210.9110	1112327.9100
102	VIA	1698.068	1277195.3890	1112321.0110
103	VIA	1702.499	1277157.1320	1112319.1890
104	VIA	1702.866	1277153.7020	1112319.1530
105	VIA	1703.321	1277148.4710	1112318.4350
106	VIA	1703.629	1277144.4460	1112317.7210
107	TERRENO	1699.543	1277192.2650	1112319.7450
108	TERRENO	1701.894	1277178.8210	1112318.7920
109	TERRENO	1702.520	1277174.2380	1112319.2220
110	TERRENO	1704.579	1277162.4810	1112318.1640
5	DELTA	1704.926	1277120.1460	1112314.8730
111	TERRENO	1706.159	1277154.6320	1112317.1100
112	TERRENO	1706.164	1277144.9960	1112316.3520
113	TERRENO	1706.311	1277140.0760	1112315.0850
114	TERRENO	1706.376	1277135.9930	1112313.4090

Tabla de puntos				
Nº punto	Código original	Elevación	Norte	Este
115	TERRENO	1706.449	1277131.5710	1112311.5580
116	TERRENO	1706.446	1277127.5450	1112310.4590
117	TERRENO	1706.589	1277124.9010	1112309.0720
118	VIA	1703.544	1277145.5730	1112317.9560
119	VIA	1703.753	1277142.4380	1112317.3210
120	VIA	1704.598	1277128.3250	1112312.6190
121	VIA	1705.483	1277104.9510	1112304.8200
122	VIA	1705.515	1277102.8020	1112304.0200
124	VIA	1704.884	1277091.0160	1112299.2430
125	COLEGIO	1704.894	1277124.1140	1112309.6050
126	COLEGIO	1705.514	1277104.6650	1112304.4230
127	COLEGIO	1705.684	1277103.0410	1112303.5420
128	COLEGIO	1706.563	1277093.8410	1112297.5140
129	COLEGIO	1704.467	1277084.3940	1112295.6090
6	DELTA	1704.601	1277081.8610	1112299.9450
130	COLEGIO	1707.439	1277122.0970	1112307.1190
131	COLEGIO	1707.906	1277110.7250	1112304.0310
7	DELTA	1707.930	1277117.3490	1112305.2940
132	COLEGIO	1707.909	1277111.9950	1112300.5880
133	COLEGIO	1706.946	1277105.9420	1112298.9760

Tabla de puntos				
Nº punto	Código original	Elevación	Norte	Este
134	COLEGIO	1706.765	1277103.9750	1112299.5860
8	DELTA	1707.903	1277112.6720	1112303.7370
9	DELTA	1707.900	1277114.3030	1112291.5450
135	COLEGIO	1707.897	1277113.9760	1112292.5810
136	COLEGIO	1706.874	1277108.0450	1112291.0210
137	COLEGIO	1707.775	1277110.1210	1112285.4950
138	COLEGIO	1707.822	1277116.9080	1112287.2910
139	COLEGIO	1706.833	1277105.5480	1112288.5840
140	COLEGIO	1706.531	1277099.6960	1112287.0190
10	DELTA	1706.105	1277092.0640	1112275.1870
11	DELTA	1706.533	1277098.3470	1112287.6180
141	COLEGIO	1705.551	1277091.4500	1112266.5060
142	COLEGIO	1703.451	1277079.5800	1112271.7660
143	COLEGIO	1706.000	1277103.9930	1112268.2580
144	COLEGIO	1703.638	1277078.9879	1112275.3655
145	COLEGIO	1704.300	1277077.8394	1112282.2194
146	COLEGIO	1705.322	1277086.7060	1112283.1500
147	COLEGIO	1704.169	1277076.2150	1112291.9070
148	COLEGIO	1704.366	1277076.8911	1112287.8657
12	DELTA	1707.899	1277161.9660	1112310.1930

Tabla de puntos				
Nº punto	Código original	Elevación	Norte	Este
13	DELTA	1707.877	1277125.1580	1112280.6090
149	COLEGIO	1707.773	1277126.4950	1112281.2540
150	COLEGIO	1707.972	1277128.3000	1112283.2970
151	COLEGIO	1707.990	1277147.9610	1112290.3040
152	COLEGIO	1707.831	1277161.6130	1112296.2860
153	COLEGIO	1707.467	1277124.2410	1112308.1460
154	COLEGIO	1707.126	1277143.5580	1112312.5700
155	COLEGIO	1706.654	1277154.3850	1112315.1360
156	COLEGIO	1706.071	1277157.6380	1112315.9890
157	CANCHA	1707.704	1277152.5020	1112310.4830
158	CANCHA	1707.728	1277156.7090	1112296.1430
159	CANCHA	1707.669	1277130.0440	1112287.7060
160	CANCHA	1707.702	1277125.8080	1112302.0690
161	CANCHA	1705.379	1277169.3210	1112301.3690
162	CANCHA	1704.763	1277172.2130	1112303.2700
163	CANCHA	1703.031	1277174.6290	1112304.8290
164	COLEGIO	1703.031	1277174.6290	1112304.8290
165	COLEGIO	1705.447	1277169.3750	1112301.4060
166	COLEGIO	1703.167	1277177.3850	1112306.0710
167	COLEGIO	1701.977	1277180.3070	1112307.3610

Tabla de puntos				
Nº punto	Código original	Elevación	Norte	Este
168	COLEGIO	1700.419	1277192.3200	1112313.5100
169	COLEGIO	1699.540	1277195.5770	1112315.4320
170	COLEGIO	1699.292	1277196.5220	1112316.0160
171	COLEGIO	1699.177	1277194.9810	1112319.2910
172	COLEGIO	1700.225	1277190.0880	1112318.5800
173	COLEGIO	1701.708	1277182.5830	1112317.8770
174	COLEGIO	1702.553	1277172.5210	1112317.0640
175	COLEGIO	1702.645	1277170.3000	1112316.8570
176	COLEGIO	1704.385	1277166.1360	1112316.5880
177	COLEGIO	1705.303	1277160.6260	1112316.1730
178	TERRENO	1701.619	1277186.4890	1112312.5900
179	TERRENO	1701.413	1277185.8640	1112315.8550
180	TERRENO	1701.786	1277181.2510	1112314.7650
181	TERRENO	1702.006	1277181.0820	1112312.4300
182	TERRENO	1702.168	1277176.2970	1112311.5750
183	TERRENO	1702.279	1277175.5260	1112314.3470
185	TERRENO	1700.913	1277188.7650	1112313.7780
186	TERRENO	1700.911	1277187.8620	1112315.5600
187	TERRENO	1702.610	1277170.3610	1112313.4630
188	TERRENO	1702.429	1277172.5250	1112307.7780

Tabla de puntos				
Nº punto	Código original	Elevación	Norte	Este
189	TERRENO	1704.774	1277167.2000	1112312.1620
190	TERRENO	1704.879	1277169.0570	1112306.7960
191	TERRENO	1705.972	1277165.9640	1112303.0860
192	COLEGIO	1707.854	1277123.6440	1112277.0530
193	COLEGIO	1707.922	1277119.0880	1112275.6470