

Método de medición de obra para la interventoría y supervisión utilizando los postprocesos de la fotogrametría y la tecnología de drones aplicados a la construcción de canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander

Elizabeth León Ravelo, Franklin Camacho Ortiz, José Luis Salazar

Trabajo de grado para optar el título de Especialista 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

2023

Contenido

Introducción.....	14
1. Método de medición de obra para la interventoría y supervisión utilizando los postprocesos de la fotogrametría y la tecnología de drones aplicados a la construcción de canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander .	18
1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2 Justificación.....	19
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
3. Marco referencial	22
3.1 Marco teórico.....	22
3.1.1 Interventoría y supervisión en la ejecución de contratos públicos	23
3.1.2 Interventoría y supervisión de obra	24
3.1.3 La interventoría y supervisión de obra técnica de obra	25
3.1.4 Herramientas técnicas para la interventoría y supervisión de obras	26
3.2 Marco conceptual.....	28
3.2.1 Canal de agua lluvias.....	28
3.2.2 Box Culvert.....	29
3.2.3 Interventoría de obras	30
3.2.4 Levantamiento topográfico de obras	31
3.2.5 Levantamientos con instrumentos tradicionales	32
3.2.6 Levantamiento topográfico con dron.....	33
3.2.7 Fotogrametría	35

3.2.8 Procesamiento digital de imágenes	36
3.2.9 Georreferenciación	37
3.2.10 Puntos de control.....	37
3.3 Marco legal.....	38
3.3.1 Constitución	38
3.3.2 Leyes.....	39
3.3.3 Resolución	40
3.3.4 Normativa	41
3.3.5 Código	41
4. Método.....	42
4.1 Fase I. Identificación del equipo para hacer el registro aéreo	43
4.2 Fase II. Determinación de las actividades de seguimiento	43
4.3 Fase III. Aplicación de la metodología de seguimiento y postprocesos fotogramétricos.....	44
4.4 Fase IV. Análisis de resultados y conclusiones del estudio	45
5. Resultados.....	45
5.1 Planificación y programación de vuelo con el dron	47
5.2 Proceso de ejecución del vuelo.....	54
5.3 Procesamiento de la información pix4d.....	55
5.4 Proceso de fotointerpretación con AutoCAD desde información del programa ReCap.....	66
5.5 Procesamiento de fotointerpretación en AutoCAD	69
5.6 Procesamiento de fotointerpretación en Global Mapper.....	75
5.7 Análisis de la información.....	79

INTERVENTORÍA Y SUPERVISIÓN MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA	4
6. Conclusiones	87
Referencias	89

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ejemplo de canales de lluvias</i>	29
Figura 2. <i>Box Culvert</i>	30
Figura 3. <i>Topografía con drones</i>	34
Figura 4. <i>Puntos de control</i>	38
Figura 5. <i>Polígono</i>	47
Figura 6. <i>Polígono Pix4D</i>	48
Figura 7. <i>Convertidor de coordenadas CONCOORD 1.0</i>	49
Figura 8. <i>Formato flight logbook</i>	49
Figura 9. <i>Formato flight logbook</i>	50
Figura 10. <i>Reporte meteorológico metar</i>	50
Figura 11. <i>Reporte humedad Wendy.com</i>	51
Figura 12. <i>Reporte temperatura Wendy.com</i>	51
Figura 13. <i>Reporte de viento Wendy.com</i>	52
Figura 14. <i>Reporte temperatura ambiente Wendy.com</i>	52
Figura 15. <i>Reporte velocidad del viento Wendy.com</i>	53
Figura 16. <i>Programación de vuelo flight logbook</i>	53
Figura 17. <i>Polígono Pix4D Capture</i>	54
Figura 18. <i>Dron Mavic 2</i>	54
Figura 19. <i>Pilotos de dron especializados</i>	55
Figura 20. <i>Creación de proyecto programa Pix4D</i>	56
Figura 21. <i>Importación de fotos programa Pix4D</i>	56
Figura 22. <i>Asignación de coordenadas programa Pix4D</i>	57
Figura 23. <i>Opciones de procesamiento programa Pix4D</i>	57

Figura 24. Selección de procesamiento programa Pix4D.....	58
Figura 25. Procesamiento información programa Pix4D.....	58
Figura 26. Resultado procesamiento programa Pix4D.....	59
Figura 27. Puntos de control programa Pix4D	59
Figura 28. Ubicación puntos de control programa Pix4D.....	60
Figura 29. Reoptimización puntos de control nube de puntos Pix4D.....	60
Figura 30. Procesamiento nube de puntos y mallas Pix4D.....	61
Figura 31. Reporte procesamiento nube de puntos y mallas Pix4D.....	61
Figura 32. Procesamiento nube de puntos y mallas de triángulos Pix4D	61
Figura 33. Ubicación puntos de control Pix4D.....	62
Figura 34. Ajuste de puntos de control Pix4D.....	63
Figura 35. Reoptimizar puntos de control Pix4D	64
Figura 36. Ajuste de imagen de control Pix4D.....	64
Figura 37. Proceso de nubes de puntos malla de triángulos de control Pix4D	65
Figura 38. Proceso MDS, ortomosaico e índices Pix4D.....	65
Figura 39. Proceso de nubes de puntos y malla de triángulos Pix4D	66
Figura 40. Crear proyecto ReCap.....	66
Figura 41. Importar archivo ReCap.....	67
Figura 42. Importar nube de puntos ReCap	67
Figura 43. Definición de puntos ReCap	68
Figura 44. Intensidad de puntos ReCap	68
Figura 45. Guardar archivo ReCap	69
Figura 46. Importar nube de puntos AutoCad.....	70

Figura 47. <i>Escala nube de puntos AutoCad</i>	70
Figura 48. <i>Nube de puntos en la plantilla de AutoCad</i>	71
Figura 49. <i>Importar ortomosaico AutoCad</i>	71
Figura 50. <i>Escalar ortomosaico AutoCad</i>	72
Figura 51. <i>Importar ortomosaico AutoCad</i>	72
Figura 52. <i>Importar los puntos de control en AutoCad</i>	73
Figura 53. <i>Ajustar los puntos de control al ortomosaico AutoCad</i>	73
Figura 54. <i>Medir longitud del canal en AutoCad</i>	74
Figura 55. <i>Importar plano de diseño del canal en AutoCad</i>	74
Figura 56. <i>Planimetría del proyecto en AutoCad</i>	75
Figura 57. <i>Importar la orto foto en Global Mapper</i>	76
Figura 58. <i>Unidades de medida Global Mapper</i>	77
Figura 59. <i>Modelo de superficie 3D</i>	77
Figura 60. <i>Elevación base del canal Global Mapper</i>	78
Figura 61. <i>Planimetría y curvas de nivel Global Mapper</i>	78
Figura 62. <i>Memoria de cálculo ítem preliminares interventoría tradicional</i>	79
Figura 63. <i>Memoria de cálculo ítem preliminares interventoría con dron</i>	80
Figura 64. <i>Memoria de cálculo ítem canal de aguas lluvias interventoría tradicional</i>	81
Figura 65. <i>Memoria de cálculo ítem canal de aguas lluvias interventoría con dron</i>	82
Figura 66. <i>Memoria de cálculo ítem Box Culvert interventoría tradicional</i>	82
Figura 67. <i>Memoria de cálculo ítem Box Culvert interventoría con dron</i>	83
Figura 68. <i>Memoria de cálculo ítem tubería descarga de agua lluvia interventoría tradicional</i>	84

Figura 69. Memoria de cálculo ítem tubería de descarga agua lluvia interventoría con dron	85
Figura 70. Memoria de cálculo ítem limpieza y retiro de escombros interventoría tradicional	85
Figura 71. Memoria de cálculo ítem limpieza y retiro de escombros interventoría con dron	86
Figura 72. Producto final análisis de la información	87

Lista de apéndices

Apéndice A. *Formatos y cálculos utilizados en el procedimiento*

Nota: El anexo se encuentran en un archivo externo.

Resumen

Problema. La complejidad de algunas obras de infraestructura demanda el uso de herramientas más apropiadas para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas. *Objetivo.* Por lo tanto, el objetivo fue implementar el Método de medición de obra para la interventoría y supervisión utilizando los postprocesos de la fotogrametría y la tecnología de drones aplicados a la construcción de canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Método.* El método consistió en el desarrollo de cuatro fases acordes a los objetivos propuestos y utilizando un Dron Mavic 2 Pro con sensor de 1” y un Equipo GPS Spectra Precisión Mobile Mapper 50. *Resultados y discusiones.* Se identificaron las actividades que requerían seguimiento en el proceso constructivo del canal de aguas lluvias, según las especificaciones técnicas establecidas por el RAS 200 y en las especificaciones técnicas del contrato de obra. Seguidamente, se diseñó un procedimiento para la interventoría y supervisión técnica mediante el uso de equipos RPAS y se analizaron los resultados obtenidos, observando que se trata de herramientas que mejora la revisión en campo frente a las técnicas tradicionales.

Palabras clave: fotogrametría, equipos RPAS, interventoría de obra, supervisión de obra

Abstract

Problem. The complexity of some infrastructure works demands the use of more appropriate tools to verify compliance with technical specifications. *Objective.* Therefore, the objective was to propose an intervention and supervision procedure through the use of photogrammetry obtained from RPAS or Drone equipment applied to the construction of a rainwater channel in the Prados del Este neighborhood, located in the municipality of San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Method.* The method consisted of the development of four phases according to the proposed objectives and using a Mavic 2 Pro drone with a 1" sensor and a Spectra Precision Mobile Mapper 50 GPS equipment. *Results and discussions.* The activities that required follow-up in the construction process of the rainwater channel were identified, according to the technical specifications established by RAS 200 and in the technical specifications of the work contract. Next, a procedure was designed for the audit and technical supervision through the use of RPAS equipment and the results obtained were analyzed, observing that these are tools that improve the field review compared to traditional techniques.

Keywords: photogrammetry, RPAS equipment, construction auditing, construction supervision

Glosario

Acta de obra: documento para dejar constancia escrita de los avances y trabajos realizados en una obra, es importante para llevar un registro detallado de las actividades ejecutadas, los materiales utilizados, los problemas o contratiempos surgidos en el proceso de construcción y cualquier otra información relevante

DEM: modelo de elevación digital es una representación digital de las elevaciones del terreno en una determinada región, se utiliza en campos como la cartografía, la geografía y las ciencias atmosféricas para analizar características topográficas y planificar proyectos.

Foto interpretación: es el proceso mediante la cual se extrae información contenida en fotografías aéreas, En una primera fase se trata de reconocer y ubicar los diferentes elementos que aparecen representados.

Fotogrametría: es la técnica que permite obtener medidas y datos geométricos de objetos o espacios a través de análisis de imágenes fotográficas desde diferentes posiciones y ángulos y luego a través de algoritmos y software especializados se procesan para obtener información precisa sobre distancias, forma, volumen, posición entre otros datos geométricos.

Interventoría: es el proceso de supervisar y controlar el desarrollo de una obra de construcción desde su inicio hasta su finalización, su objetivo principal es garantizar que tanto los recursos económicos como los materiales y humanos se utilicen de manera eficiente y efectiva cumpliendo con los estándares de calidad.

Magna-Sirgas: son sistemas de referencia geográficas utilizadas en América Latina para la representación precisa de la ubicación de puntos en la superficie terrestre, estas coordenadas se utilizan en la navegación y cartografía como para el posicionamiento satelital y la ingeniería geodésica.

Nubes de puntos 3D: es una colección de datos tridimensionales en forma de puntos que representan las coordenadas de un espacio tridimensional, en la ingeniería civil se utiliza para crear modelos digitales de terreno y hacer análisis topográficos, en la arquitectura para crear modelos tridimensionales de edificios o estructuras.

Obras civiles: son construcciones que se realizan para satisfacer necesidades de infraestructura de una ciudad o comunidad, las cuales pueden ser públicas o privadas y se realizan en zonas urbanas como rurales.

Ortofoto: es una imagen aérea o satelital en la cual se han corregido los errores de perspectiva, que represente la forma de la tierra más precisa, esta corregida geométricamente la cual representa una vista aérea o satelital de la superficie terrestre con precisión y sin distorsiones.

Planeación de obra: es un proceso que requiere de un análisis detallado de los recursos y el tiempo disponibles para llevar a cabo el proyecto de manera eficiente y dentro de los plazos establecidos.

Programación de obra: es el proceso de desarrollar un plan o cronograma detallado para llevar a cabo un proyecto de construcción es esencial, para garantizar que se cumplan los plazos y que se cumpla de manera eficiente.

RPAS – Dron: también conocido como UAV (vehículo aéreo no tripulado) es un equipo o aeronave que puede volar en forma autónoma o controlada por control remoto, diseñada para realizar diversas tareas como la fotogrametría, filmaciones aéreas, inspecciones industriales, agricultura de precisión, vigilancia y respuesta de emergencia entre otros.

Supervisión: es el proceso de asegurarse de que la construcción de un proyecto se lleve a cabo de acuerdo con los diseños, planos, especificaciones y normas establecidas previamente, garantizando que se cumplan los plazos el presupuesto y las regulaciones de seguridad.

Introducción

En el ámbito de la construcción y el desarrollo urbano, la adecuada gestión y supervisión de proyectos son fundamentales para asegurar la calidad y seguridad de las obras. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo principal la creación de un Modelo de Interventoría y Supervisión mediante el uso de fotogrametría obtenida de equipos RPAS o Drones, aplicado específicamente a la construcción de un canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, en el departamento de Norte de Santander. Para ello, se identificarán las capacidades de uso de estas herramientas tecnológicas, se establecerá un seguimiento con el fin de diseñar un modelo metodológico para la interventoría o supervisión, que permita responder a la pregunta ¿Es posible diseñar un Modelo de interventoría y Supervisión empleando equipos RPAS o Dron que pueda ser aplicada a la construcción de un canal de aguas lluvias?

El desarrollo de este proyecto nace a razón del crecimiento urbano en la zona mencionada, lo que ha generado la necesidad de infraestructuras que garanticen una adecuada canalización de las aguas de lluvias, evitando así problemas de inundaciones y daños en la infraestructura urbana. Sin embargo, la ejecución de obras de este tipo enfrenta desafíos en términos de supervisión y control, lo que puede derivar en costosos retrasos, defectos constructivos y en última instancia, afectar la seguridad de los ciudadanos. Por lo que se hace necesario desarrollar soluciones que conlleven a mejorar el esquema realizado por años y encontrar procedimientos prácticos que mejoren la calidad de vida de los usuarios finales, así como facilitar la integración de mecanismos y herramientas tecnológicas que requieran los especialistas en interventoría y supervisión de la construcción.

La supervisión tradicional de obras de construcción, según señala un estudio que sirve como antecedentes desarrollados por Patel y Nihalani (2023), conlleva ciertas limitaciones, como la dificultad para acceder a áreas de difícil alcance, la toma de datos poco frecuente y la falta de una visualización completa del sitio de construcción. En este contexto, el estudio realizado por Acevedo (2021), se enfocó en demostrar que el uso de herramientas digitales en el rol de la interventoría facilita la labor de interventoría y supervisión. Este estudio destacó el valor de las tecnologías de fotogrametría obtenidas mediante equipos RPAS o Drones, ya que permiten obtener datos precisos y actualizados del área de construcción. Esto facilita la toma de decisiones y mejora la eficiencia en la gestión de proyectos.

También, un estudio encontrado fue el realizado por Salinas (2020), con el fin de evidenciar la aplicación de la topografía en el desarrollo de los proyectos de alcantarillados, respalda la propuesta de este trabajo de grado, ya que evidencia cómo la aplicación de la fotogrametría obtenida de equipos RPAS o Drones en proyectos similares puede mejorar significativamente la calidad de los datos topográficos y, por ende, la toma de decisiones en la supervisión y gestión. La combinación de la topografía con tecnologías avanzadas representa un enfoque innovador que puede aportar importantes beneficios en términos de eficiencia, seguridad y sustentabilidad en proyectos de infraestructura urbana, ya que resalta que la fotogrametría con RPAS o Drones permite obtener información detallada sobre el terreno, incluyendo la topografía, la vegetación y la infraestructura existente, de manera rápida y eficiente

El propósito de este trabajo es desarrollar un modelo de intervención y supervisión que integre la fotogrametría obtenida a través de RPAS o Drones, para optimizar el proceso de construcción del canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este. Mediante este enfoque, se busca brindar una herramienta eficaz y eficiente para los entes gubernamentales y empresas

constructoras, permitiéndoles llevar a cabo una supervisión en tiempo real, identificar posibles desviaciones del proyecto y tomar decisiones informadas de manera oportuna. Puesto que, esta combinación de tecnologías brinda a los ingenieros y planificadores una visión integral del área de estudio, facilitando la identificación de posibles desafíos y oportunidades para optimizar el diseño y la construcción del canal de aguas lluvias mencionado.

Este estudio representa un avance significativo en el campo de la ingeniería civil y la gestión de obras, ya que la técnica fotogramétrica utilizada es *Structure From Motion* (SFM), que implica la creación de modelos 3D y ortofotos a partir de imágenes capturadas por drones. Esta técnica se basa en el principio de estereoscopía, lo que significa que los puntos de la imagen se analizan desde diferentes ángulos para obtener mediciones precisas; la fotogrametría con drones se utiliza en diversos sectores, como topografía, ingeniería civil, cartografía, agricultura, arqueología y otros. Según Acevedo (2021), la incorporación de esta tecnología es compatible con la teoría de la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC), que sostiene que el uso de tecnologías digitales puede mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos de gestión y supervisión en proyectos de construcción.

Esta investigación se justifica por estar centrada en la ingeniería civil y enfocada en la creación de una nueva metodología para proyectos de edificación, así como en la construcción de infraestructuras en el área social, como el proyecto Prados del Este. Esta nueva metodología tiene como objetivo garantizar la calidad de la construcción y la satisfacción de los residentes en las áreas donde se lleva a cabo el proyecto. Además, el modelo de intervención creado puede ser utilizado como referencia para otros proyectos similares en diferentes áreas geográficas, dado que, la investigación busca mejorar la calidad de la construcción y la satisfacción del cliente en proyectos de construcción, especialmente en el área social.

El presente trabajo se organiza de la siguiente manera: en la primera sección, se presenta el planteamiento del problema, donde se exponen las causas que generan la investigación, también la justificación; donde se señala las motivaciones teóricas, prácticas y sociales del proyecto, además se presentan los objetivos y la pregunta investigativa. En la sección siguiente, se presentará el marco teórico, donde se abordarán los conceptos fundamentales de la fotogrametría y su aplicación en la construcción de obras civiles. A continuación, en el siguiente capítulo se describirá la metodología empleada, incluyendo el diseño del estudio, los procedimientos de toma de datos y el software utilizado para el procesamiento de la información. Posteriormente, se presentarán los resultados obtenidos y su análisis correspondiente, se expondrán las conclusiones del estudio, así como las posibles áreas de mejora para futuras investigaciones en este campo.

1. Método de medición de obra para la interventoría y supervisión utilizando los postprocesos de la fotogrametría y la tecnología de drones aplicados a la construcción de canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema

La planificación y construcción de infraestructuras urbanas, como canales de aguas lluvias, juega un papel fundamental en el desarrollo y bienestar de las comunidades. Sin embargo, en el contexto actual de creciente complejidad y exigencias técnicas, es crucial asegurar que estas obras se ejecuten de manera precisa y acorde a las especificaciones establecidas (Rueda, 2022). En el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander, la implementación de un canal de aguas lluvias es una necesidad imperiosa para mitigar problemas de inundaciones recurrentes.

Sobre este tema, el autor Rodríguez (2022), destaca que la construcción de infraestructura hidráulica, como los canales de aguas lluvias, presenta una serie de desafíos para los ingenieros y constructores debido a la complejidad de su naturaleza y función. Entre los principales desafíos se encuentran: la canalización del agua, el manejo de sedimentos, la prevención de erosiones, el control de la contaminación y la optimización del flujo hídrico, además de las variaciones topográficas y geológicas del terreno. Por lo que, este trabajo de grado se enfoca en responder la siguiente pregunta ¿Cómo utilizar la fotogrametría obtenida de equipos RPAS o drones para lograr una interventoría y supervisión efectiva que garantice la construcción adecuada y exitosa del canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este?

Siguiendo a Cortés y Moreno (2022), una construcción deficiente de un canal de aguas lluvias puede generar problemas significativos en múltiples áreas. Los costos pueden aumentar debido a reparaciones y correcciones, los retrasos en la entrega pueden afectar la planificación de otros proyectos y la ineficacia del canal puede poner en riesgo la seguridad y el patrimonio de los residentes. La importancia de una adecuada interventoría y supervisión mediante el uso de tecnologías como la fotogrametría obtenida de equipos RPAS o drones radica en prevenir estos problemas y asegurar que el canal sea construido de manera óptima, eficiente y segura para el beneficio de toda la comunidad.

En palabras de Ortiz (2022), la labor de interventoría y supervisión en proyectos de infraestructura, incluyendo canales de aguas lluvias, ha enfrentado el desafío de no contar con herramientas que permitan la obtención de información completa y actualizada sobre el desarrollo de las obras. Este factor exige un enfoque integral y una supervisión rigurosa para garantizar la eficiencia y funcionalidad de las obras, asegurando así su correcto funcionamiento. Por lo tanto, la aplicación de la fotogrametría obtenida de equipos RPAS o drones, puede ser una solución tecnológica innovadora para mejorar la eficiencia y eficacia de la interventoría y supervisión, porque puede ofrecer datos detallados y en tiempo real sobre el avance de la construcción, lo que mejoraría la calidad de los procesos de infraestructura hidráulica y contribuiría al desarrollo sostenible y seguro de la comunidad beneficiada.

1.2 Justificación

La justificación de este trabajo de grado se fundamenta en la necesidad imperante de mejorar la gestión y supervisión de proyectos de infraestructura hidráulica, especialmente en el contexto del canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, en el mismo se pretende incluir el

uso de la tecnología de fotogrametría obtenida de drones para brindar al supervisor; en la práctica, una fuente de información detallada y actualizada en tiempo real, lo que permite una supervisión más precisa y eficiente. La capacidad de obtener imágenes reales y una visión completa del área de construcción facilita la toma de decisiones informadas y mejora la comunicación con el equipo de trabajo y las autoridades involucradas en el proyecto (Méndez, 2022). Además, la implementación de la fotogrametría en la labor del supervisor contribuirá a garantizar la calidad, seguridad y eficiencia de la construcción del canal de aguas lluvias.

Además, es importante para la comunidad de Prados del Este la construcción de obras como el canal de aguas lluvias, ya que esto garantiza una infraestructura resistente y confiable, reduciendo el riesgo de inundaciones y daños a las propiedades de los residentes. Esto permite el desarrollo de un ambiente urbano más resiliente y atractivo, lo que puede atraer inversiones y favorecer el crecimiento económico local. Consecuentemente, al disminuir los costos asociados a reparaciones y correcciones posteriores a una mala construcción, se liberan recursos que pueden ser destinados a otras necesidades sociales, como educación, salud y servicios públicos; es decir, mejorar la construcción de obras tiene un impacto positivo en la calidad de vida y en el desarrollo sostenible de la región.

Otro punto fundamental que justifica la investigación radica en que la continuidad del proyecto sobre el uso de tecnologías de fotogrametría obtenidas por drones en obras de infraestructura hidráulica ofrece la oportunidad de explorar su potencial en diferentes tipos de obras, como: puentes, represas o sistemas de drenaje. Sobre todo, tomando en cuenta lo señalado por (Chamorro, et al. 2022), quien afirma que la integración de la fotogrametría con otras tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial o el aprendizaje automático, puede optimizar aún más la supervisión y gestión de proyectos hidráulicos. Por lo tanto, la continuidad

del estudio representa un camino prometedor para seguir avanzando hacia la mejora continua y la innovación en el campo de la interventoría y la supervisión de obra, buscando siempre contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de las comunidades beneficiadas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Implementar el Método de medición de obra para la interventoría y supervisión utilizando los postprocesos de la fotogrametría y la tecnología de drones aplicados a la construcción de canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este, ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

2.2 Objetivos específicos

Identificar las capacidades de uso de los RPAS como herramienta que puedan ayudar a controlar el desarrollo de las actividades y la correcta ejecución del proceso constructivo de una obra civil, facilitando el control por parte de la interventoría o supervisión y así llevar un monitoreo de los avances en el desarrollo del proyecto.

Establecer un seguimiento en el desarrollo del proceso constructivo de un canal de aguas lluvias teniendo en cuenta los diseños presentados por el contratista según las especificaciones técnicas establecidas por el RAS 200 y las especificaciones técnicas establecidas en el contrato de obra.

Diseñar un procedimiento para la interventoría o supervisión técnica mediante el uso de equipos RPAS en el control de las principales actividades de construcción de un canal de aguas

lluvias teniendo en cuentas las especificaciones técnicas establecidas el RAS 2000 para un mayor control y seguimiento de la construcción.

Analizar los resultados obtenidos mediante el seguimiento de equipos aéreo y de la interventoría tradicional para determinar la eficiencia de los procedimientos que podrían ser una alternativa para mejorar la supervisión de proyectos de canales de aguas lluvias en lugares de difícil acceso y limitaciones de un control permanente del proceso constructivo.

3. Marco referencial

En el siguiente apartado, se presenta el marco referencial de este trabajo, mismo que es fundamental para comprender el contexto y las bases teóricas que sustentan la investigación sobre el Modelo de Interventoría y Supervisión mediante el uso de fotogrametría obtenida de equipos RPAS o Drones aplicada a la construcción del canal de aguas lluvias en el barrio Prados del Este. En esta sección, se explorarán las principales fuentes bibliográficas y estudios relevantes relacionados con la fotogrametría, las tecnologías RPAS o Drones, y su aplicación en proyectos de infraestructura hidráulica. Además, se revisarán las normativas y regulaciones que rigen el uso de tecnologías aéreas en la supervisión de obras civiles.

3.1 Marco teórico

Este texto presenta el marco teórico de la investigación que se enfoca en la interventoría y supervisión técnica de obra en la construcción de infraestructura hidráulica, específicamente el canal de aguas lluvias en el barrio prados del este. En primer lugar, se analiza la importancia de la interventoría y supervisión de obra como mecanismos esenciales para garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos y legales establecidos en los contratos públicos. Luego, se explora la

interventoría y supervisión técnica de obra, que se enfoca en la revisión exhaustiva de aspectos técnicos y constructivos durante la ejecución de la obra, finalmente, se estudian las herramientas técnicas disponibles para la interventoría, incluyendo tecnologías avanzadas como la fotogrametría obtenida de equipos RPAS o drones, que ofrecen información detallada y actualizada para la toma de decisiones informadas y precisas.

3.1.1 Interventoría y supervisión en la ejecución de contratos públicos

Siguiendo a Sánchez (2020), la importancia de la supervisión y el control en la ejecución de contratos públicos radica especialmente en su orientación basada en proyectos de infraestructura y servicios que afectan directamente la calidad de vida de los ciudadanos. Por lo tanto, la supervisión busca garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos, legales y de calidad establecidos en los contratos, y prevenir retrasos y costos innecesarios, además, promueve la transparencia y la responsabilidad en la gestión pública, y contribuye a mejorar continuamente los procesos y la calidad de los trabajos públicos. Según Arredondo (2022), la supervisión no solo beneficia al estado y a la sociedad en general, sino también a los contratistas, ya que les permite identificar problemas potenciales y mejorar su reputación en el mercado.

Otros autores como Malagón y Castro (2022), hablan sobre la importancia de la supervisión y el control financiero en la ejecución de contratos públicos en proyectos de infraestructura y servicios, centrándose en la teoría de control financiero, la cual se enfoca en la supervisión y el control de los gastos públicos por parte de los organismos de control, como las unidades tributarias. Estas unidades tienen la responsabilidad de supervisar y evaluar la gestión de los recursos públicos, garantizar su uso correcto y lograr resultados de acuerdo con los objetivos establecidos en los contratos públicos. En este contexto, la revisión y el control financiero tienen un papel fundamental

como herramientas para garantizar que los contratos se ejecuten de acuerdo con las directrices establecidas, garantizando la legalidad y eficacia en el uso de los recursos.

De acuerdo con Sánchez (2020), la teoría de control financiero se enfoca en la supervisión y el control de los gastos públicos por parte de los organismos de control, para evitar la corrupción y el mal uso de los recursos públicos. La revisión y el control financiero contribuyen a garantizar la legalidad y eficacia en el uso de los recursos, así como a prevenir fraudes y malversación de fondos. Además, la evaluación constante de los resultados obtenidos permite mejorar la calidad y eficiencia de los trabajos y servicios públicos, lo que contribuye a una mejor entrega de servicios públicos a la sociedad.

3.1.2 Interventoría y supervisión de obra

La interventoría y supervisión de obra son fundamentales en la construcción y ejecución de proyectos de infraestructura, ya que garantizan el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas establecidas y previenen posibles problemas durante la ejecución de la obra (Salazar, 2021). Estas funciones aseguran que las obras se realicen de manera adecuada, cumpliendo con los estándares de calidad, seguridad y eficiencia establecidos en los contratos, lo que beneficia a la sociedad en general. Además, siguiendo a Orozco (2022), la interventoría y supervisión de obra son esenciales para la transparencia y rendición de cuentas en la gestión de recursos públicos, ya que proporcionan información objetiva y verificable que permite a los entes de control fiscalizar el uso adecuado de los fondos públicos.

Además, estas funciones garantizan que las infraestructuras cumplan con las necesidades y requerimientos de la población, proporcionando servicios de calidad que contribuyan al bienestar y desarrollo de la sociedad. En palabras de Arredondo (2022), la interventoría y supervisión de

obra son clave para el desarrollo sostenible de la sociedad y el progreso en el ámbito de la construcción de infraestructuras. También, en este campo, la teoría del control fiscal se presenta como un enfoque esencial para comprender la relevancia de la interventoría y supervisión de obra, ya que busca garantizar la transparencia y responsabilidad en la administración de los recursos públicos destinados a estos proyectos.

Cabe señalar, que la teoría del control fiscal se enfoca en la vigilancia y fiscalización del gasto público para evitar la corrupción y asegurar la eficiencia en el uso de los recursos públicos. Función en la que interventoría y supervisión de obra desempeñan un papel primordial como instrumentos para el control fiscal, ya que se encargan de verificar que los proyectos se ejecuten de acuerdo con los parámetros establecidos en los contratos, evitando el desvío de recursos y la mala administración de los fondos públicos. Continuando lo señalado por Sánchez (2020), la teoría del control fiscal también destaca la importancia de la rendición de cuentas, la prevención y detección temprana de malas prácticas y la eficiencia en la gestión pública, por lo que su importancia en este aspecto es fundamental.

3.1.3 La interventoría y supervisión de obra técnica de obra

La revisión y el control técnico en los trabajos de construcción e infraestructura se enfocan en los aspectos técnicos y de construcción del trabajo, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y el correcto desarrollo de cada fase del proyecto. A juicio de Malagón y Castro (2022), el control técnico implica la presencia de profesionales altamente capacitados en las disciplinas de ingeniería y arquitectura. Su principal responsabilidad es verificar que los diseños y planes se hayan realizado con precisión y de acuerdo con las regulaciones y especificaciones técnicas establecidas, además, son responsables de garantizar la

calidad de los materiales utilizados, el cumplimiento de los plazos establecidos y la correcta implementación de las técnicas de construcción.

Por otro lado, y siguiendo lo señalado por Orozco (2022), el control técnico se enfoca en la supervisión detallada de cada proceso de construcción, estableciendo los aspectos técnicos y normativos vigentes en cada una de las especificaciones señaladas por los entes encargados de la vigilancia y supervisión de las obras de construcción. Esta función implica estar presente en el campo durante la ejecución, controlando que las actividades se realicen de acuerdo con los parámetros establecidos. Se verifica la instalación correcta de los elementos de construcción, el progreso en las etapas de construcción y se toman decisiones en tiempo real para resolver problemas que puedan surgir durante la ejecución (Salazar, 2021).

La importancia de la revisión y el control técnico radica en su capacidad para garantizar la calidad y seguridad del trabajo. Según Sánchez (2020), al tener profesionales altamente capacitados en ingeniería y arquitectura, se minimiza el riesgo de errores de construcción y se garantiza que la infraestructura sea funcional y duradera a largo plazo. Además, la revisión y el control técnico son fundamentales para cumplir los objetivos del proyecto, partiendo del hecho de que al centrarse en los aspectos técnicos y de construcción, se asegura que los resultados finales estén en línea con lo planeado, evitando desviaciones o modificaciones que puedan afectar la viabilidad del proyecto (Arredondo, 2022).

3.1.4 Herramientas técnicas para la interventoría y supervisión de obras

La interventoría y supervisión de obras requieren de herramientas técnicas avanzadas para llevar a cabo una gestión efectiva y precisa (Malagón y Castro, 2022). Aunque en la actualidad, existen diversas tecnologías y métodos que facilitan esta labor y permiten obtener información

detallada y actualizada sobre el avance y calidad de la construcción, algunas de las herramientas convencionales que más emplean los especialistas en esta importante rama de la construcción civil. Algunas de las herramientas técnicas más relevantes para la interventoría y supervisión de obras son las siguientes:

Según Orozco (2022), las herramientas técnicas convencionales siguen siendo ampliamente utilizadas en la interventoría y supervisión de obras debido a su simplicidad y bajo costo. Algunas de estas herramientas incluyen libretas de campo, cinta métrica, nivel de burbuja, brújula, GPS, nivel topográfico, equipo de inspección visual, instrumentos de ensayo y medición de materiales, y estacas y mazos (Sánchez, 2020). Estas herramientas complementan las tecnologías avanzadas para contribuir a una gestión integral y precisa de los proyectos de construcción, asegurando la calidad, seguridad y eficiencia en el desarrollo de las obras.

Debido a que las herramientas técnicas para la interventoría y supervisión de obras desempeñan un papel fundamental en la gestión eficiente y precisa de proyectos de construcción, en la actualidad las herramientas empleadas han cambiado de ser elementos rudimentarios a nuevos más actuales y modernos que han mejorado notablemente la labor. Cabe señalar, que estas tecnologías permiten obtener información detallada y actualizada, facilitan la toma de decisiones informadas y contribuyen a la calidad y seguridad de las obras. Por lo tanto, la integración de estas herramientas en los procesos de interventoría y supervisión es clave para garantizar el éxito y la eficacia en la ejecución de proyectos de construcción e infraestructura.

Algunas de estas herramientas modernas son las siguientes: las tecnologías avanzadas como la fotogrametría mediante RPAS o drones, los escáneres láser 3D, los sistemas de monitoreo geotécnico, los SIG, el software de gestión de proyectos y los dispositivos móviles y aplicaciones específicas para la interventoría y supervisión de obras (Malagón y Castro, 2022). Estas, son

herramientas que contribuyen a una gestión integral y precisa de los proyectos de construcción, asegurando la calidad, seguridad y eficiencia en el desarrollo de las obras. Estas tecnologías permiten realizar mediciones precisas, detectar desviaciones en las dimensiones de la obra y proporcionar información valiosa sobre la estabilidad y seguridad de la obra en tiempo real, además, optimizan la comunicación entre el personal de obra y el equipo de interventoría (Arredondo, 2022).

3.2 Marco conceptual

En este apartado se presenta el marco conceptual que sustenta y enriquece la investigación sobre la interventoría y supervisión de contratos públicos para la construcción de infraestructura hidráulica. El marco se basa en conceptos, teorías y herramientas técnicas que permiten comprender la importancia y la relevancia de la interventoría y supervisión en este ámbito, así como el papel del control fiscal y las herramientas convencionales y avanzadas para una gestión efectiva y precisa de los proyectos. Con este, se busca comprender, analizar y proponer soluciones innovadoras para el desarrollo exitoso de infraestructuras hidráulicas, asegurando su calidad, eficiencia y sostenibilidad en beneficio de la sociedad y el bienestar público.

3.2.1 Canal de agua lluvias

Un canal de agua de lluvias es un sistema de infraestructura hidráulica que tiene como función recolectar y conducir el agua de lluvia hacia puntos de descarga adecuados, protegiendo el medio ambiente y previniendo daños causados por inundaciones (Orozco, 2022). Según Salazar (2021), el diseño y construcción de estos sistemas requiere de un enfoque técnico y planificado, así como de una interventoría y supervisión de obra rigurosa y efectiva. Como lo hace notar

Parrado (2019), los canales de aguas de lluvias también tienen un impacto social y ambiental, ya que contribuyen a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y a conservar el entorno urbano.

Parafraseando a Ojeda, et al. (2020), un canal de aguas lluvias es una estructura que controla el flujo de agua de lluvia acumulada en superficies impermeables, como calles y tejados, para prevenir inundaciones y proteger las áreas urbanas. Estos canales pueden ser de diferentes tipos y tamaños, y se construyen con materiales resistentes al agua para permitir que esta fluya rápidamente hacia los puntos de drenaje. Son esenciales para la gestión adecuada del agua de lluvia en áreas urbanas, contribuyendo a prevenir inundaciones y a mantener la seguridad y bienestar de la comunidad.

Figura 1. *Ejemplo de canales de lluvias*



Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de un canal de agua lluvia

3.2.2 Box Culvert

Son aquellas estructuras rectangulares en forma de caja, también conocidas como alcantarillas o cajones, las mismas son una solución efectiva para el manejo del drenaje en proyectos de infraestructura (Salazar, 2021). Su diseño versátil y resistente les permite adaptarse a diversas necesidades y dimensiones, y son fundamentales para prevenir inundaciones y

problemas de drenaje (Parrado, 2019). Con una adecuada interventoría y supervisión de obra, se asegura que estas estructuras cumplan con los más altos estándares de calidad y contribuyan al bienestar y progreso de la sociedad.

Según Salazar (2021), un Box Culvert, también conocido como drenaje tipo cajón o alcantarilla rectangular, es una estructura subterránea utilizada en ingeniería civil y construcción para permitir que el agua fluya por debajo de sistemas de transporte. Está diseñado como un conducto rectangular o cuadrado hecho de concreto, acero u otros materiales y se instala en áreas donde no son factibles canales abiertos o alcantarillas redondas tradicionales. En general, los Box Culvert son componentes esenciales de la infraestructura moderna, ya que gestionan eficazmente el flujo de agua y contribuyen al funcionamiento seguro y eficiente de las redes de transporte.

Figura 2. *Box Culvert*



Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de un Box Culvert.

3.2.3 Interventoría de obras

El proceso de interventoría y supervisión de obras es esencial para asegurar el éxito y la eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción (Sánchez, 2020). Su objetivo principal es

asegurar el uso eficiente y efectivo de los recursos, cumpliendo con los estándares de calidad y garantizando el éxito y la durabilidad de la infraestructura construida. Al contar con una adecuada interventoría y supervisión, se asegura que los proyectos de construcción se desarrollen de manera óptima, brindando beneficios a la sociedad y contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades (Arredondo, 2022).

Teniendo en cuenta a Malagón y Castro (2022), la interventoría y supervisión son fundamentales para que los proyectos de construcción se desarrollen de manera óptima, brindando beneficios a la sociedad y contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades. Al respecto, el autor Parrado (2019), señala que la interventoría se refiere a la función que se encarga de verificar el cumplimiento de los términos contractuales, incluyendo la calidad de los materiales y la ejecución del proyecto de acuerdo con el diseño. Por otro lado, la supervisión se enfoca en la verificación técnica del trabajo, asegurando que se cumplan los estándares de calidad y seguridad establecidos; ambas funciones son esenciales para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia en el desarrollo de las obras.

3.2.4 Levantamiento topográfico de obras

El levantamiento topográfico de obras es una etapa fundamental en la planificación y desarrollo de proyectos de construcción. Este proceso es llevado a cabo por topógrafos altamente capacitados, quienes utilizan una variedad de instrumentos y técnicas para obtener información precisa y detallada sobre el terreno donde se construirá la obra (Sánchez, 2020). De acuerdo con Malagón y Castro (2022), esta acción implica la evaluación detallada de la calidad del trabajo, la identificación de posibles problemas y la toma de medidas correctivas. Además, involucra el conocimiento de la topografía, la distribución de tierras y edificios, la ubicación de recursos y otros

factores que puedan afectar el desarrollo del proyecto.

Según Salazar (2021), una vez que se han recopilado los datos, el topógrafo elabora planos y mapas que reflejan con precisión las características del terreno. Estos planos sirven como base para la elaboración del diseño de la obra, ayudando a los ingenieros y arquitectos a tomar decisiones informadas y a considerar cualquier desafío o limitación que pueda presentar el terreno. Por lo que queda subrayado que el levantamiento topográfico de obras es un punto esencial en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, proporcionando información precisa y detallada sobre el terreno y permitiendo a los profesionales tomar decisiones informadas.

3.2.5 Levantamientos con instrumentos tradicionales

Según Malagón y Castro (2022), los levantamientos topográficos son esenciales en la planificación y diseño de proyectos de construcción y se basan en la utilización de equipos y herramientas manuales para medir y registrar las características del terreno. Los instrumentos más comunes utilizados en estos levantamientos son el nivel de ingeniero, la mira o estatal, la cinta métrica, la brújula y las plomadas. Cada uno de ellos tiene una función específica que permite obtener mediciones precisas y confiables del terreno; no obstante, la precisión y fiabilidad de estos instrumentos han asegurado su uso continuo a lo largo del tiempo en los levantamientos topográficos.

Para Sánchez (2020), este procedimiento se basa en la utilización de equipos y herramientas manuales para medir y registrar las características del terreno. Algunos de los instrumentos más comunes utilizados en este tipo de levantamientos son el nivel de ingeniero, la mira o estatal y la cinta métrica. El nivel de ingeniero, que consta de un teodolito montado sobre un trípode y un nivel de burbuja para la nivelación del equipo, permite realizar mediciones precisas

de ángulos horizontales y verticales, así como de desniveles (Arredondo, 2022). La mira o estatal es una regla graduada que se utiliza para medir distancias verticales en topografía y se utiliza junto con el nivel de ingeniero para determinar alturas y desniveles.

Por otro lado, la cinta métrica es utilizada para determinar distancias horizontales en terreno llano y medir longitudes de líneas, como bordes de parcelas o caminos. La brújula, por su parte, permite determinar la dirección magnética de un punto, se utiliza para orientarse en el terreno y para realizar mediciones aproximadas de ángulos horizontales. Las plomadas se utilizan para determinar la verticalidad de un punto, especialmente en la construcción para que las estructuras estén correctamente alineadas. Estos instrumentos son los principales utilizados en los levantamientos topográficos debido a su fiabilidad y precisión en la medición del terreno (Rodríguez, 2022).

3.2.6 Levantamiento topográfico con dron

El levantamiento topográfico con drones es una técnica que permite obtener información precisa sobre la superficie del terreno de un lugar determinado. Los drones cuentan con sensores y cámaras que capturan imágenes y datos en 3D de alta resolución, los cuales se utilizan para crear modelos digitales de terreno (MDT) y modelos digitales de elevación (MDE). Debido a sus capacidades de vuelo controlado y alta resolución, se pueden realizar levantamientos topográficos de un área específica de manera rápida y precisa (Salazar, 2021). El proceso consiste en planificar la ruta de vuelo, preparar el equipo, realizar la captura de imágenes o datos y posteriormente utilizar un software especializado para procesar y analizar la información obtenida.

Como lo hace notar Del Río, et al. (2019), el levantamiento topográfico con drones es una tecnología que permite obtener información precisa y detallada del terreno de una forma rápida,

eficiente y económica. Esta técnica es utilizada en diversas industrias, como la construcción, agricultura, gestión de recursos naturales y planificación urbana. Siendo los drones según Hinostroza (2021), una herramienta valiosa para obtener información detallada del terreno en áreas de difícil acceso o peligrosas para los trabajadores, siendo esta, una técnica que permite obtener información actualizada y precisa del terreno para la planificación y diseño de proyectos.

Figura 3. *Topografía con drones*



Adaptado de Grupo Acre Colombia (2018).

Existen algunos términos vinculados con la topografía con drones, como los siguientes: la zona de correlación, la cual es un proceso fundamental en la creación de una representación tridimensional del terreno a partir de imágenes aéreas y puntos de control (Del Río, et al., 2019). Para lograr una correspondencia precisa entre las imágenes y los puntos de control, se utilizan algoritmos y software especializado que identifican características comunes en ambas. Cabe señalar, que este proceso permite generar una representación tridimensional del terreno con alta precisión y detalle.

Por otro lado, la distancia focal es otro concepto que se maneja en este sentido, que es una medida utilizada para describir las propiedades ópticas de un lente convergente (López, 2023), esta

medida determina la forma en que los rayos de luz se enfocan o dispersan después de pasar a través del lente. El píxel, por su parte, es la unidad mínima de color en una imagen digital y representa un punto individual dentro de una imagen más grande, cada pixel puede tener distintos valores de color y brillo, y se representa mediante valores numéricos que definen su color en una escala de colores (Del Río, et al., 2019).

También, otro término asociado es la GSD (*Ground Sample Distance*), la cual se refiere a la resolución espacial de una imagen y la distancia física en el suelo que representa un píxel en la imagen. Otro término es la escala, que se refiere a la relación entre las dimensiones reales del objeto o terreno y las dimensiones representadas en las fotografías; siendo importante realizar correcciones y ajustes para obtener una escala precisa y uniforme en cada imagen. Para Hinostroza (2021), el proceso de zona de correlación es fundamental para generar una representación tridimensional precisa del terreno a partir de imágenes aéreas y puntos de control, además, es importante la utilización de software especializado y algoritmos que permita obtener resultados precisos en la creación de modelos digitales del terreno con alta resolución y detalle.

3.2.7 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que permite capturar información tridimensional con gran precisión y detalle a través del análisis de imágenes fotográficas tomadas desde diferentes posiciones y ángulos (Del Río, et al., 2019). El proceso comienza con la captura de imágenes desde diferentes puntos de vista, que luego son procesadas mediante algoritmos y software especializados para identificar puntos de interés y características comunes en cada imagen. Esta técnica según López (2023), requiere del empleo de software especializados que procesan la información de manera precisa y en tiempo real para obtener datos específicos sobre: distancias,

forma, volumen, posición, entre otros datos geométricos.

Teniendo en cuenta a Hinostroza (2021), una vez que se han identificado los puntos clave, se procede a calcular las distancias, formas, ángulos y otros datos geométricos con una precisión asombrosa. Esto permite obtener mediciones altamente confiables y precisas, incluso en objetos o áreas de difícil acceso o en situaciones donde la toma de medidas tradicionales sería compleja o costosa. Cabe señalar que la fotogrametría ha revolucionado la forma en que obtenemos información geométrica, permitiendo la captura precisa y detallada de datos en una amplia gama de aplicaciones.

3.2.8 Procesamiento digital de imágenes

El procesamiento de imágenes es una rama del conocimiento que se enfoca en el desarrollo y aplicación de algoritmos computacionales para mejorar, modificar y analizar imágenes digitales (López, 2023). Siguiendo a Del Río, et al. (2019), las técnicas de procesamiento de imágenes pueden abarcar desde operaciones básicas hasta técnicas más avanzadas que permiten la reconstrucción tridimensional de objetos y escenarios. Cabe señalar, que el procesamiento de imágenes es un procedimiento no solo aplicado a topografía, sino que también es aplicable en el ámbito artístico y creativo, el procesamiento de imágenes ha permitido la manipulación de fotografías para lograr efectos artísticos y estilísticos únicos.

Por otro lado, estas técnicas son utilizadas para mejorar la visualización de imágenes de resonancias magnéticas o tomografías computarizadas. En el campo de la visión por computadora, el procesamiento de imágenes juega un papel esencial en el desarrollo de sistemas de reconocimiento facial, vehículos autónomos y diversas aplicaciones de inteligencia artificial (Hinostroza, 2021). Es importante resaltar que el procesamiento de imágenes es un campo

dinámico y multidisciplinario que ha transformado la forma en que interactuamos con el mundo visual y su continua evolución promete seguir impulsando la innovación en distintos sectores como la construcción y la geolocalización.

3.2.9 Georreferenciación

López (2023) plantea que el proceso de georreferenciación permite asociar información específica a ubicaciones precisas en la superficie terrestre mediante el uso de coordenadas geográficas. Siendo de vital importancia resaltar que la georreferenciación facilita la captura y organización de datos espaciales, lo que es fundamental para una amplia variedad de aplicaciones y disciplinas. En el ámbito de la cartografía y los SIG, la georreferenciación se utiliza para crear mapas precisos y confiables (Del Río, et al., 2019).

En la construcción de precisión, la georreferenciación es crucial para optimizar la productividad y eficiencia de las obras y proyectos emprendidos (Hinostroza, 2021). También, la georreferenciación desempeña un papel importante en el seguimiento y análisis de fenómenos naturales, como desastres naturales y cambios en el medio ambiente. Además, siguiendo a Del Río, et al. (2019), la georreferenciación es un proceso fundamental en la captura, organización y análisis de datos geoespaciales, por su capacidad para asociar información a ubicaciones geográficas precisas.

3.2.10 Puntos de control

Es un lugar físico de la tierra que ayuda a definir límites de las áreas y sirven para modificar la escala de una forma más exacta y adecuada de todo lo que hay en el medio, son un componente indispensable en cualquier trabajo topográfico mejorando la precisión de un mapa, una nube de puntos u ortomosaico, donde se conoce su ubicación en un sistema de coordenadas; en las

fotografías aéreas tomadas por el dron deben de ser visibles para que permitan ser georreferenciados correctamente.

Figura 4. *Puntos de control*



Nota: la figura muestra un ejemplo de la toma de puntos de control.

3.3 Marco legal

3.3.1 Constitución

Constitucionalmente esta investigación se sustenta en el Artículo 123 que define a los servidores públicos como miembros de corporaciones públicas, empleados y trabajadores del Estado y de sus entidades descentralizadas. Dentro de estos servidores se involucra a los profesionales que ejercen labor de interventoría y supervisión de la gestión pública, estos servidores tienen el deber de estar al servicio del Estado y la comunidad, y deben ejercer sus funciones de acuerdo con la Constitución, la ley y el reglamento. La ley también determinará el régimen aplicable a los particulares que desempeñen funciones públicas temporalmente.

Por otro lado, el Artículo 124 establece que la ley determinará la responsabilidad de los servidores públicos y cómo hacerla efectiva. Esto incluye mecanismos y procedimientos para hacer

efectiva la responsabilidad en caso de incumplimiento de deberes o acciones indebidas en el ejercicio de sus funciones. Cabe señalar, que el objetivo es garantizar una adecuada rendición de cuentas y transparencia en el servicio público, sobre todo en la ejecución de proyectos y gestiones que involucran obras de interés público, como es el caso, de calzadas, calles, vialidad, canales de lluvia, canalizaciones generales, etc (Constitución Política de Colombia, 1991).

3.3.2 Leyes

La Ley 1150 de 2007: es una legislación que busca mejorar la eficiencia y transparencia en la contratación con recursos públicos, complementando y modificando la Ley 80 de 1993. Esta ley establece pautas para la contratación pública, buscando agilizar los procesos, reducir trámites burocráticos y garantizar una mayor transparencia en la selección de contratistas, funcionarios de interventoría, control, seguimiento y supervisión de toda aquella obra pública de interés comunal y social en general. Es decir, esta ley representa un esfuerzo por mejorar la gestión pública en materia de contratación, buscando una mayor eficiencia, transparencia y responsabilidad en el uso de los recursos públicos (Congreso de la República de Colombia, 2007).

La Ley 678 de 2001: sistematiza la responsabilidad patrimonial de los funcionarios y empleados públicos del Estado. Es decir, si un agente del Estado causa daños o perjuicios a terceros debido a su negligencia o acciones indebidas, puede ser llamado a responder con su propio patrimonio. La ley fue aprobada por el Congreso de la República de Colombia para proteger los recursos públicos y garantizar que los funcionarios sean responsables por sus actos; cabe señalar, que mediante esta ley en particular se gestiona las labores que deben llevar a cabo los funcionarios como por ejemplo aquellos que laboran en la interventoría, fiscalización y supervisión de obras públicas del Estado (Congreso de la República de Colombia, 2001).

La Ley 610 de 2000: es una ley que regula cómo deben llevarse a cabo los procesos de responsabilidad fiscal que están bajo la competencia de las contralorías. La responsabilidad fiscal se refiere a la obligación que tienen los funcionarios y empleados públicos de rendir cuentas por el uso adecuado de los recursos públicos a su cargo. Esta ley establece el procedimiento y los pasos que deben seguirse para investigar y determinar si ha habido irregularidades o mal uso de los recursos públicos por parte de los servidores públicos, es decir, esta ley busca garantizar que se realicen procesos justos, transparentes y efectivos para asegurar que los recursos públicos sean utilizados de manera adecuada y en beneficio de la sociedad (Congreso de la República de Colombia, 2000).

La Ley 80 de 1993: impone una obligación a las entidades del Estado de supervisar las obras que han sido adjudicadas a través de licitaciones públicas. Esta ley establece que una vez que una entidad del Estado ha adjudicado un contrato de obra mediante un proceso competitivo y transparente, es su responsabilidad asegurarse de que dicha obra sea ejecutada de manera adecuada y de acuerdo con los términos y condiciones acordados en el contrato, por lo tanto, es la ley en la que se fundamenta la labor de fiscalización, interventoría y supervisión pública. Esta Ley es una herramienta legal importante que busca garantizar la supervisión efectiva de las obras adjudicadas mediante licitaciones públicas, con el objetivo de asegurar la calidad y el cumplimiento de los contratos, y de promover una gestión pública más transparente y responsable en el uso de los recursos estatales (Congreso de la República de Colombia, 1993).

3.3.3 Resolución

La Resolución 6494 de 1994: establece los procedimientos de interventoría para el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en Colombia. Esta resolución detalla los roles, responsabilidades y

obligaciones tanto del interventor como del contratista o ejecutor de la obra, y define los documentos y formatos que deben ser presentados en cada etapa del proyecto. En general, es una herramienta importante para asegurar la transparencia y la eficiencia en la ejecución de proyectos viales y garantizar que las obras públicas se realicen de manera adecuada, incluyendo aquellas como la construcción de servicios para las comunidades como los canales de lluvia, entre otros de índole social (Ministerio de Transporte y Vialidad, 1994).

3.3.4 Normativa

La Ley 400 de 1994: es una normativa prevista en la ley colombiana que establece las disposiciones sobre construcciones sismorresistentes. Esta ley define los criterios técnicos y las normas de diseño y construcción que deben seguirse para garantizar la sismorresistencia de las edificaciones, y también incluye disposiciones para la revisión y control de las construcciones existentes. El objetivo principal de esta ley es proteger la vida y el patrimonio de los ciudadanos, reduciendo los riesgos asociados a los desastres naturales, como los terremotos; dentro de estas construcciones se incluyen la construcción de calzadas, puentes, vialidades, canales de lluvia, etc (Congreso de la República de Colombia, 1994).

3.3.5 Código

Código disciplinario único Ley 734- 2002: es un conjunto integral de normas que tiene como objetivo principal fomentar en los servidores públicos un cumplimiento ético y moral en el ejercicio de sus funciones. Esta legislación busca promover valores fundamentales en el servicio público, tales como la honestidad, la responsabilidad y el respeto por el interés general de la sociedad. Es decir, es una herramienta legal que busca promover una gestión pública ética,

comprometida con el bienestar común y el desarrollo del país, incluyendo en aquellas obras de gestión comunal con implicaciones sociales como las propuestas en esta investigación (Constitución Política de Colombia, 1991).

4. Método

De acuerdo a lo anterior, el proceso se llevó a cabo en cuatro fases, las cuales están acorde al desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos en el primer capítulo. Antes de iniciar con las fases mencionadas se realizó un análisis documental sobre los procesos constructivos que se requieren ejecutar durante la obra, con el fin de identificar la información técnica que se debe recopilar antes, durante y en la terminación de una obra de canal de aguas lluvias. Esto, con el fin de hacer las comparaciones necesarias sobre las especificaciones técnicas y normativas que se deben revisar durante la interventoría o supervisión de las respectivas obras. El objeto de estudio fue el canal de aguas lluvias que se está construyendo en el barrio Prados del Este y está ubicado en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander en las siguientes coordenadas:

X: 1176275.56069287.

1176346.24545021.

11176514.20656085.

Y: 1367372.04338356.

1367397.6829353.

1367448.43469325.

Z: 275.746440946105.

276.894434734925.

278.715645915049.

4.1 Fase I. Identificación del equipo para hacer el registro aéreo

En esta fase se realizó la selección del dron que se iba a utilizar, junto con las herramientas como el GPS que se necesitaban para tomar los datos para el proyecto. Estas fueron las siguientes:

Dron Mavic 2 Pro con sensor de 1”, lente de 35 mm, rango de disparo de 1 ma, resolución de video de 4K: 3840 x 2160 píxeles.

Equipo GPS Spectra Precision Mobile Mapper 50. Tamaño: 164 x 82 x 14,6 mm, pantalla de 13,4 cm con resolución de 1280 x 720 píxeles.

Se definió un procedimiento para realizar el procesamiento de las imágenes por medio de los programas Google Earth Pro, Pix4D, ReCap, AutoCad, Excel y Global Mapper, lo que sirvió para definir un modelo digital de elevación que se adaptara a las condiciones del terreno para hacer el trabajo de campo.

Se definieron los formatos para hacer el registro de la información del seguimiento aéreo utilizando el dron en el canal de aguas lluvias.

Se programó el plan de vuelo mediante la estimación de datos de altitud, trayectoria, condiciones del terreno y el área donde se iba a tomar la información.

4.2 Fase II. Determinación de las actividades de seguimiento

Revisar los diseños presentados por el contratista según las especificaciones técnicas establecidas por el RAS 200 y las especificaciones técnicas establecidas en el contrato de obra.

Se establecieron los procesos constructivos y el seguimiento que requería la construcción del canal de aguas lluvias.

Se definieron las condiciones técnicas de la obra que requería de la revisión y seguimiento en campo por medios tradicionales y se identificaron los datos que se podían tomar mediante el

dron.

4.3 Fase III. Aplicación de la metodología de seguimiento y postprocesos fotogramétricos

Se revisaron las bases conceptuales, teóricas y normativas para definir el procedimiento para ejecutar la interventoría o supervisión técnica mediante el uso de equipos RPAS o drones.

Se realizaron los vuelos con el dron sobre las coordenadas indicadas anteriormente y que definía la ubicación del canal de aguas lluvias acorde al plan de vuelo predeterminado.

Se tomaron las imágenes aéreas de la construcción del canal de aguas lluvias identificado y se extrajeron luego de terminado el plan de vuelo.

Se reunieron y organizaron los datos tomados por el dron utilizando programas de computadora, para analizar las especificaciones técnicas y las actividades de construcción del canal de aguas lluvias, Para lo cual se analizaron dos sistemas de foto-interpretación así: la primera denominada: Fotointerpretación en AutoCAD a través del escalamiento y georreferenciación de nube de puntos y ortomosaico con puntos de control GPS de alta precisión, que utiliza complementos con software Pix4d mapper, RECAP y AutoCAD, método desarrollado por el Arq. Robert Gutiérrez Ortiz a través del Semillero de Investigación SIMO 3D del grupo GINVEARQUI de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga, que está en fase de experimentación y que hasta el momento ha dado buenos resultados generando una planimetría con una precisión del 98.8%. Y el otro sistema se denomina Fotointerpretación con Global Mapper o ARCGIS desarrollado por ESRI y que igualmente utiliza postprocesos del software Pix4d mapper para foto interpretar desde el software insertando la nube de puntos en formatos legibles por Global Mapper o ARCGIS cuyo proceso también tiene una buena precisión para la Planimetría. Ambos sistemas de fotointerpretación arrojan medidas de precisión para tomar lecturas de longitudes y áreas precisas

como lo solicitan la Interventoría y la Supervisión para sus informes y actas de cantidades de obra. Para esta investigación se tomó la Fotointerpretación con AutoCAD método aprendido en el Diplomado de Piloto de Operaciones RPAS y Fotogrametría.

Se verificaron las especificaciones técnicas establecidas el RAS 2000 para ejercer el control y seguimiento de la construcción.

4.4 Fase IV. Análisis de resultados y conclusiones del estudio

A partir de los datos recolectados en campo y el análisis de las tomas e imágenes aéreas, se realizó una comparación entre el método innovador propuesto en este proyecto y el enfoque tradicional para hacer la interventoría y supervisión de la construcción del canal de aguas lluvias. El objetivo era determinar el potencial que tiene este método como alternativa para monitorear infraestructuras hidráulicas complejas mediante vehículos aéreos no tripulados y software como Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCad.

La finalidad fue obtener una representación fotogramétrica tridimensional de la obra, lo que ayuda a optimizar los procesos de verificación, reduce las limitantes geográficas y las restricciones de acceso terrestre. Finalmente, los resultados y conclusiones del estudio se presentan al final del documento frente a los objetivos propuestos.

5. Resultados

El proceso de elaboración de fotogrametría para la interventoría o supervisión de un proyecto de un canal de aguas lluvias implica los siguientes pasos:

Planificación: en esta etapa se define el alcance del proyecto, se determina la ubicación y extensión del área a cubrir, se establecen los objetivos y se definen los equipos y software a utilizar.

Captura de imágenes: se procede a capturar las imágenes áreas de la zona de estudio utilizando drones equipados con cámara de alta resolución.

Control de calidad: se verifica la calidad de las imágenes capturadas, asegurando que sean nítidas, estén correctamente expuestas y no posean distorsiones o problemas de perspectiva.

Marcación de puntos de control: se seleccionan puntos de control reconocibles en el terreno que serán utilizados posteriormente para la georreferenciación de las imágenes.

Georreferenciación: se realiza la georreferenciación de las imágenes mediante la identificación y emparejamiento de los puntos de control entre las imágenes y las coordenadas reales del terreno obtenidas aparte de datos GPS. Este proceso permite ubicar cada imagen en su posición geográfica correcta.

Generación de ortofotos: a partir de las imágenes georreferenciadas se genera ortofotos, que son imágenes en las que se elimina la distorsión y se corrigen la perspectiva, permitiendo tener una vista bidimensional precisa del terreno.

Generación de nubes de puntos: utilizando técnicas de fotogrametría se generan nubes de puntos 3D que representan la superficie terrestre con alta precisión. Estas nubes de puntos se obtienen a partir de la reconstrucción de la geometría tridimensional a partir de las imágenes.

Procesamiento y análisis de datos: se realiza un análisis de los datos recopilados, utilizando software especializado, para extraer información relevante como mediciones de distancias, áreas, volúmenes, pendiente, entre otros.

Elaboración de informes: se presenta un informe final que incluya los resultados obtenidos, análisis de la información, conclusiones y recomendaciones para la interventoría del proyecto del canal de aguas lluvias.

Es importante destacar que el proceso de elaboración de fotogrametría puede variar dependiendo de factores como el tamaño y complejidad del proyecto, así como los recursos y tecnologías disponibles.

5.1 Planificación y programación de vuelo con el dron

Para realizar un vuelo con el dron, en este caso con el fin de realizar un levantamiento fotogramétrico se debe realizar la planificación del vuelo. La norma nos indica que los vuelos clase B los cuales describen las características del dron y la altura máxima de vuelo, entre otras precisiones nos permite realizar operaciones por debajo de los 400 ft o 123m, por lo cual, realizamos la planificación para el vuelo que se va a ejecutar.

Primero se indica la localización en la que se va a ejecutar el vuelo, para esto se utiliza la herramienta Google Earth Pro, empleando polígonos y puntos de control definimos las coordenadas de la zona a trabajar.

Figura 5. *Polígono*



Tomado de Google Earth (2023).

Teniendo definidos las áreas de vuelo georreferenciadas empleamos la herramienta PIX4D Captur, la cual nos permite programar las zonas del estudio para que el dron vuele autónomamente según la planificación. El programa nos permite una serie de modalidades de vuelo, tanto en las figuras geométricas, como en el recorrido del dron, en este caso empleamos dos zonas rectangulares las cuales cubren el área que se necesita estudiar y se utilizó una doble grilla, en la cual el dron realiza el vuelo en dos direcciones para así capturar más información de la zona.

Figura 6. *Polígono Pix4D*



Nota: la figura muestra un ejemplo de la marcación de un polígono en Pix4D.

Después se inicia el trabajo de referencia geográfica, la cual se lleva a cabo tomando las coordenadas obtenidas en Google Earth Pro y se convierten de geográficas a coordenadas Magna-Sirgas Planas Gauss-Kruger utilizando el programa CONCOORD 1.0 para tener definidos los puntos de control y de inicio, posteriormente se verifican con las coordenadas tomadas en terreno con el GPS de alta precisión.

Figura 7. Convertidor de coordenadas CONCOORD 1.0

Nota: la figura muestra un ejemplo de convertidor de coordenadas.

Con la información obtenida podemos diligenciar nuestro documento de plan de vuelo, el Flight Logbook.

Figura 8. Formato flight logbook.

APELLIDO Y NOMBRE O PERSONA JURIDICA DEL EXPLOTADOR:					JOSE LUIS SALAZAR GERARDINO					Identificación c.c. o NIT 1090488399				
APELLIDO Y NOMBRE OPERADOR O PILOTO DE VUELO LICENCIADO:					FRANKLIN CAMACHO ORTIZ					Identificación c.c. 1090488399				
ITINERARIO														
AÑO 2023		NUMERO DE RUTA	TIPO DE RUTA	HORA DE SALIDA RPAS Y HORA DE LLEGADA	PUNTO DE INICIO COORDENADAS		PUNTO RETURN HOME COORDENADAS		COORDENADAS MAGNA SIRGAS O GAUSS KRUGER		EXTENSION DE AREA DE LA MISION O POLIGONO: LARGO POR ANCHO (LXA RUTA RECTANGULAR) O LONG RADIO (RUTA RADIAL)	ALTURA DEL VUELO (M)	TIEMPO ESTIMADO DE VUELO EN MINUTOS	FINALIDAD DEL VUELO
DIA	MES				LATITUD:	LONGITUD	LATITUD:	LONGITUD	NORTE:	ESTE				
12	7	1	DOBLE GRILLA RECTANGULAR	9:30 a. m.	7°54'52.78"N	72°28'48.54"O	7°54'54.08"N	72°28'44.13"O	1367009.922	1176544.192	834x59 m	100	14min:00seg	LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico Flight Logbook.

Figura 9. *Formato Flight Logbook*

NUMERO DE REGISTRO BASE DE DATOS DE LA AEROCIVIL		215	CLASIFICACION DEL PILOTO OPERADOR		LOCALIZACION, DIRECCION O LUGAR DE LOS VUELOS:				
NUMERO DE REGISTRO BASE DE DATOS DE LA AEROCIVIL		215	PILOTO TIPO (B)		SECTOR PRADOS DEL ESTE, SAN JOSÉ DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER.				
AERONAVES UTILIZADA O RPAS				OPERADORES RPAS			NUMERO DE DESPEGUES	NUMERO DE ATERRIJAJES	AUTORIZACIONES (RESOLUCIONES AEROCIVIL)
MARCA / MODELO	MATRICULA	POTENCIA o Velocidad	TIPO (DE FUSELAJE Y SUSTENTACION)	NOMBRE PILOTO	NOMBRE OBSERVADOR	NOMBRE EXPLOTADOR			
MAVIC 2	23803	150 rpm	Multirotor cuatro hélices	Franklin Camacho Ortiz	Elizabeth Leon	Jose Luis Salazar	1	1	

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico Flight Logbook.

Seguido a esto se realiza el análisis meteorológico en METAR y WINDY, ya que para ejecutar los vuelos se debe tener en cuenta las condiciones climáticas, con el fin llevar a cabo un vuelo seguro.

Condiciones meteorológicas registradas en el Aeropuerto Internacional Camilo Daza.

Figura 10. *Reporte meteorológico metar*

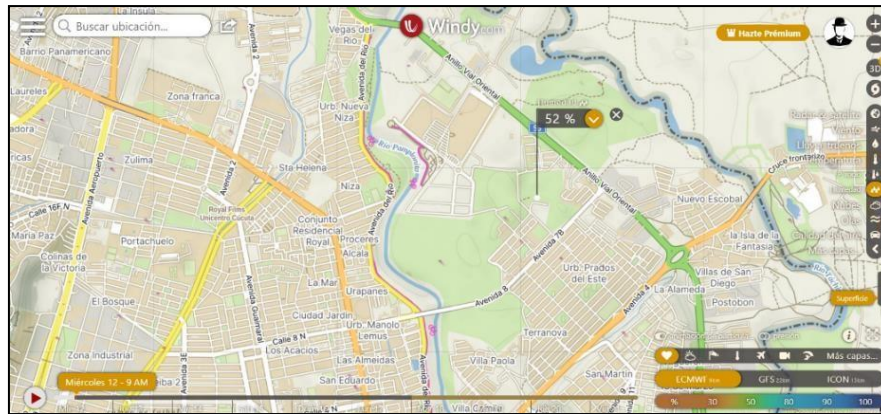
```

8:44 ▲ ▢ ↓
Cucuta / Camilo Daza, Colombia (SKCC) 07-56N
072-31W 317M
Jul 12, 2023 - 09:00 AM EDT / 2023.07.12 1300 UTC
Wind: from the NNE (020 degrees) at 9 MPH (8 KT):
0
Visibility: greater than 7 mile(s):0
Sky conditions: partly cloudy
Temperature: 77 F (25 C)
Dew Point: 69 F (21 C)
Relative Humidity: 78%
Pressure (altimeter): 29.97 in. Hg (1015 hPa)
ob: SKCC 121300Z 02008KT 9999 SCT022 SCT080 25/21
Q1015
cycle: 13

```

Porcentaje de humedad pronosticado para el día y la hora de vuelo.

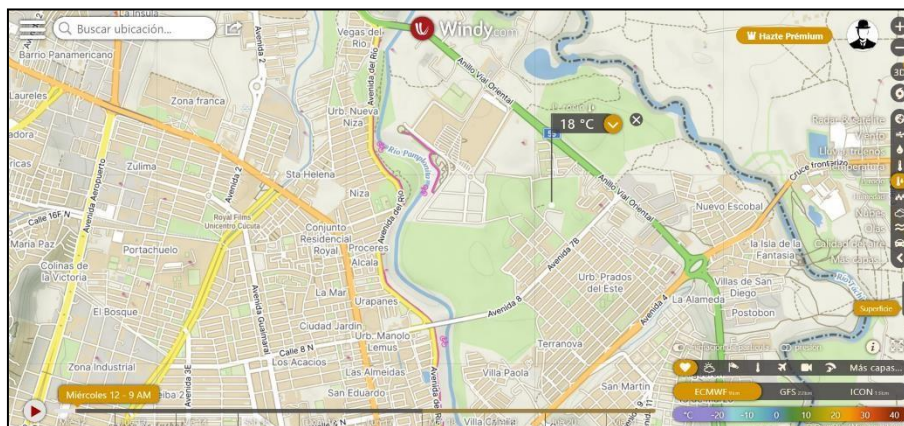
Figura 11. *Reporte humedad Wendy.com*



Nota: la figura muestra un ejemplo de reporte meteorológico.

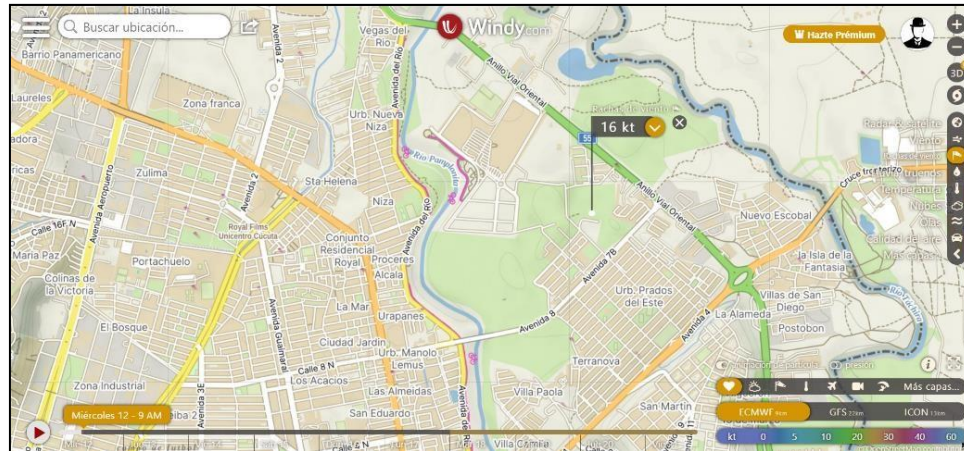
Temperatura de rocío pronosticado para el día y la hora de vuelo.

Figura 12. *Reporte temperatura Wendy.com*



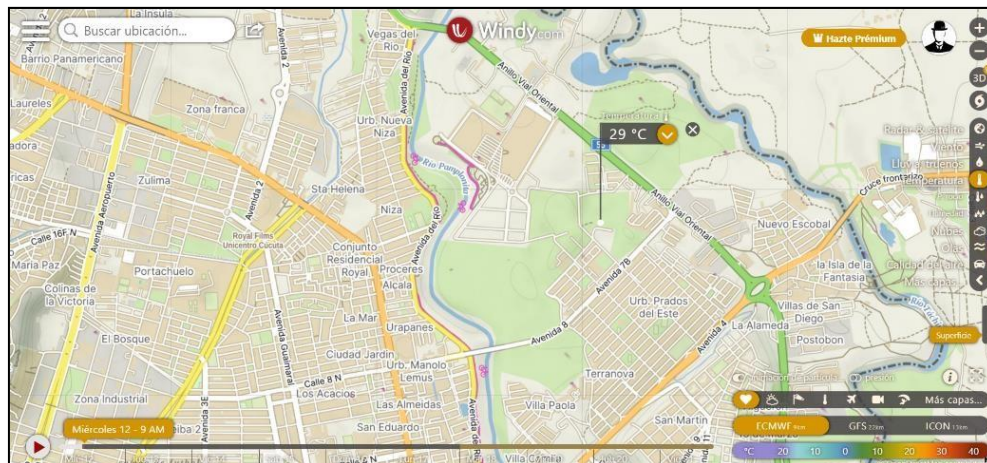
Nota: la figura muestra un ejemplo de reporte meteorológico.

Probables ráfagas de viento pronosticado para el día y la hora de vuelo.

Figura 13. *Reporte de viento Wendy.com*

Nota: la figura muestra un ejemplo de reporte meteorológico.

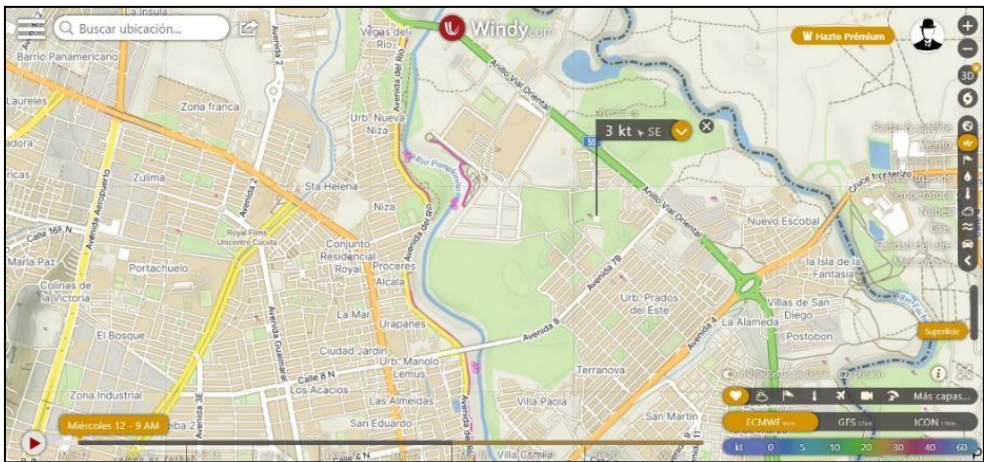
Temperatura ambiente pronosticado para el día y la hora de vuelo.

Figura 14. *Reporte temperatura ambiente Wendy.com*

Nota: la figura muestra un ejemplo de reporte meteorológico.

Velocidad de viento pronosticado para el día y la hora de vuelo.

Figura 15. Reporte velocidad del viento Wendy.com



Nota: la figura muestra un ejemplo de reporte meteorológico.

Aunando la información se obtiene el Flight Logbook definitivo.

Figura 16. Programación de vuelo flight logbook

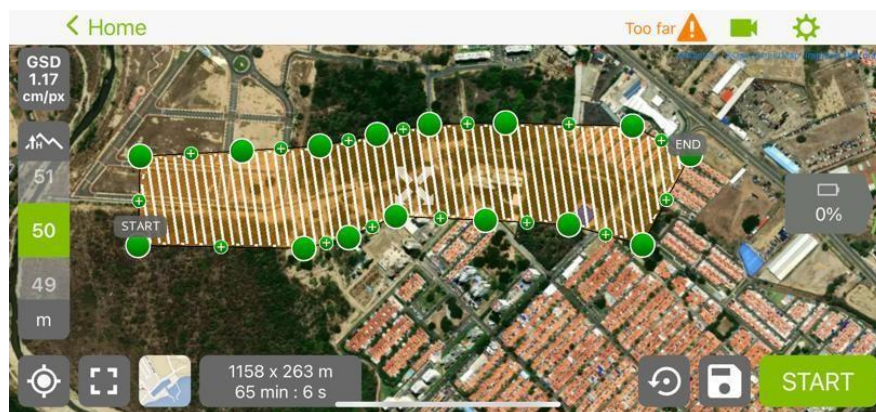
FLIGHT LOGBOOK PROYECTO FINAL PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALIZACION EN INTERVENTORIA Y SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN (FOTOGAMETRÍA CON DRON AL CANAL DE AGUAS LLUVIAS LOCALIZADO EN EL BARRIO PRADOS DEL ESTE)																																																	
APELLIDO Y NOMBRE O PERSONA JURIDICA DEL EXPLOTADOR:						JOSE LUIS SALAZAR GERARDO						Identificación c.e. o MT 1090498399		NUMERO DE REGISTRO BASE DE DATOS DE LA AEROCIVIL		215		CLASIFICACION DEL PILOTO OPERADOR		LOCALIZACION, DIRECCION O LUGAR DE LOS VUELOS:																													
APELLIDO Y NOMBRE OPERADOR O PILOTO DE VUELO LICENCIADO:						FRANKLIN CHAVECH ORTIZ						Identificación c.e. 1090498399		NUMERO DE REGISTRO BASE DE DATOS DE LA AEROCIVIL		215		PILOTO TIPO (B)		SECTOR PRADOS DEL ESTE, SAN JOSE DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER.																													
IDENTIFICACION														AEROPUERTOS UTILIZADOS Y RPAS						OPERADORES RPAS																													
AÑO		2023		NUMERO DE RUTA		TIPO DE RUTA		HORA DE SALIDA RPAS Y HORA DE LLEGADA		PUNTO DE INICIO COORDENADAS		PUNTO DE FIN COORDENADAS		COORDENADAS MAGNÉTICAS O GAUSS KRUGER		EXTENSION DE AREA DE LA MESA O POSICION LARGO POR ANCHO (LA RUTA RECTANGULAR O LONG RADIUS (RUTA RADIAL))		ALTURA DEL VUELO (M)		TIEMPO ESTIMADO DE VUELO EN MINUTOS		REALIDAD DEL VUELO		MARCAS/ MODELO		MATRÍCULA		POTENCIA o Velocidad		TIPO DE FUENTE DE ALIMENTACION Y SUSTENTACION		NOMBRE PILOTO		NOMBRE OBSERVADOR		NOMBRE EXPLOTADOR		NUMERO DE DESPECHES		NUMERO DE ATENCIONES		AUTORIZACIONES (RESOLUCIONES AEROCIVIL)							
DIA		MES								LATITUD		LONGITUD		LATITUD		LONGITUD		NORTE		ESTE																													
12		7		1		DOBLE GRILLA RECTANGULAR		8:30 a.m.		7°54'52.78"N		72°28'48.50"E		7°54'54.08"N		72°28'44.13"E		1307009.922		1270844.130		1048 m		100		14min (0049)		LEVANTAMIENTO FOTOGAMETRICO		MARC 2		23803		150 gph		Baterías LiPo 3S		Franklin Chavez Ortiz		Elizabeth Lopez		Juan Luis Salazar		1		1			

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico programación de vuelo dron.

5.2 Proceso de ejecución del vuelo

Ya ubicado en el sitio del sobre vuelo se procede a preparar el dron colocándole la batería, abriendo sus hélices, calibrando la brújula horizontal como vertical, después se procede a descargar el archivo kml en programa Pix4D Capture del dron se selecciona el punto de inicio y retorno y se realiza un chequeo del polígono establecido se realizan el respectivo ajuste a las opciones de vuelo aplicando todas los parámetros de modo autónomo y se procede a realizar el vuelo sobre el área del proyecto en estudio.

Figura 17. *Polígono Pix4D Capture*



Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de polígono de vuelo dron.

Figura 18. *Dron Mavic 2*



Nota: la figura muestra fotográfica del inicio de vuelo dron modo automático.

Figura 19. *Pilotos de dron especializados*



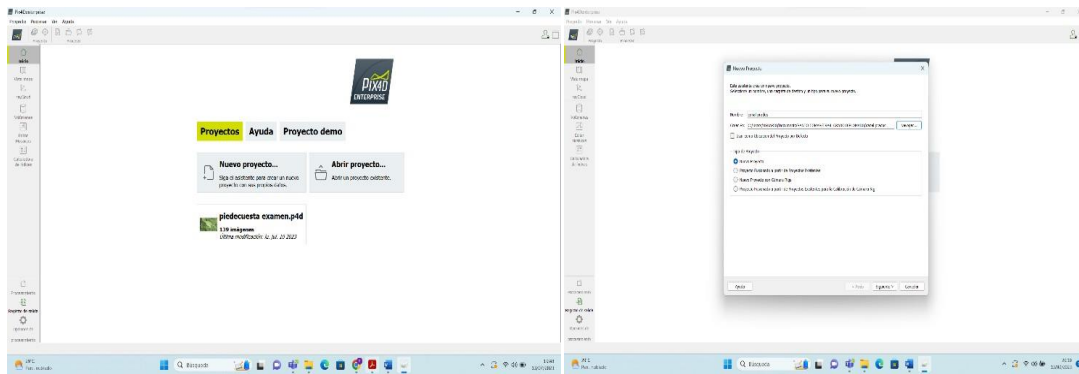
Nota: las figuras muestran un ejemplo fotográfico de pilotos de dron en campo.

5.3 Procesamiento de la información pix4d

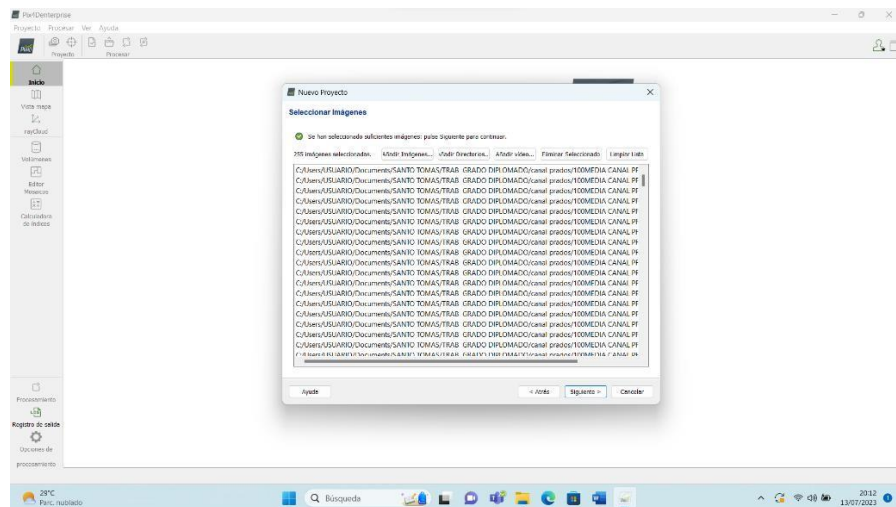
Después de terminado el vuelo se procede a realizar el descargue de la información de la memoria del dron, el archivo con las 254 fotos tomadas al polígono del área de influencia del canal de aguas lluvias del barrio prados del este y se empieza a procesar en el Programa PIX4D donde se realiza el proceso de modulación de la información, realizando las tres opciones de procesamiento.

1. Procesamiento inicial.
2. Nube de puntos y mallas.
3. MDS, ortomosaico e índices.

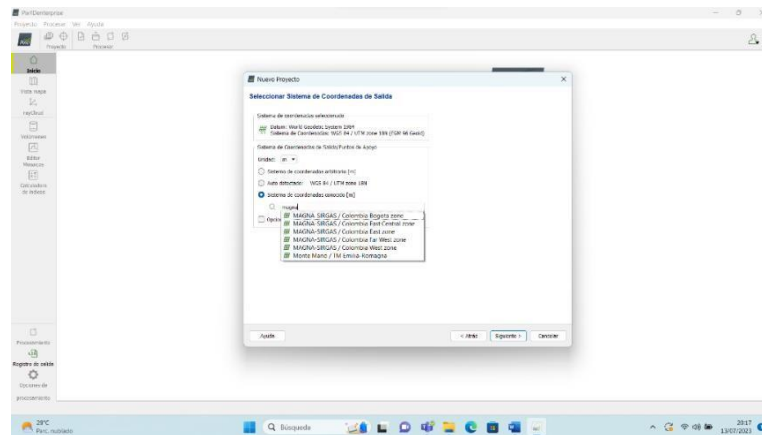
Se selecciona nuevo proyecto, después se asigna un nombre al proyecto y se establece la carpeta general de todos los archivos resultantes del proceso, creada para para el proyecto donde se almacenarán todos los archivos de correlación del proceso de modulación.

Figura 20. Creación de proyecto programa Pix4D

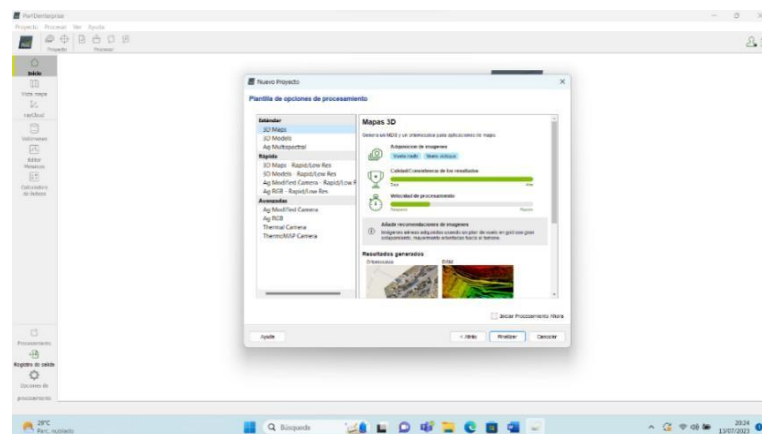
Añadimos las 254 imágenes después de revisadas que cumplan con los parámetros establecidos para el proceso; seleccionando todas de la carpeta donde está la muestra fotogramétrica del vuelo y le damos siguiente quedando ingresadas en software.

Figura 21. Importación de fotos programa Pix4D

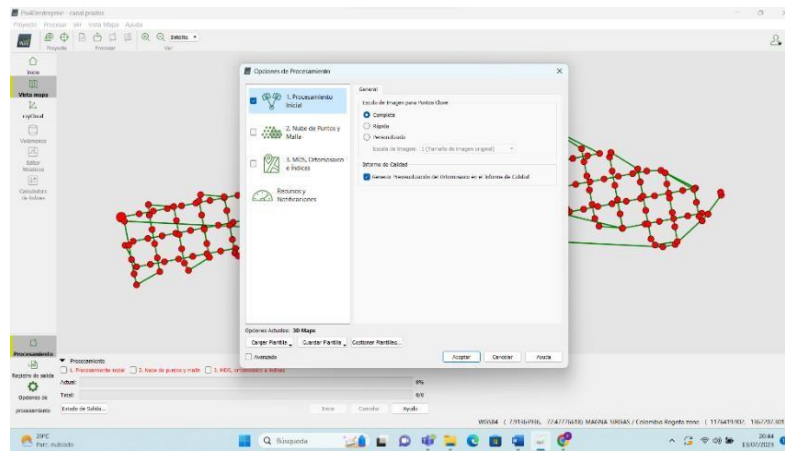
Después selecciono el modelo de cámara utilizada en el vuelo y seleccionamos el tipo de coordenadas de salida MAGNA _SIRGAS/COLOMBIA BOGOTA ZONE.

Figura 22. *Asignación de coordenadas programa Pix4D*

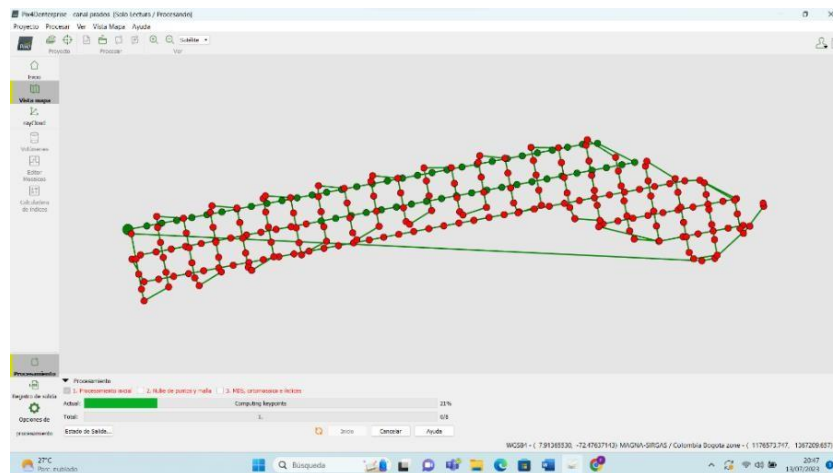
En la ventana opciones de procesamiento seleccionamos estándar 3D Maps y seleccionamos finalizar.

Figura 23. *Opciones de procesamiento programa Pix4D*

Después corremos el primer proceso donde seleccionamos la opción de procesamiento y activamos la opción proceso inicial, seleccionamos completa e informe de calidad y le damos aceptar.

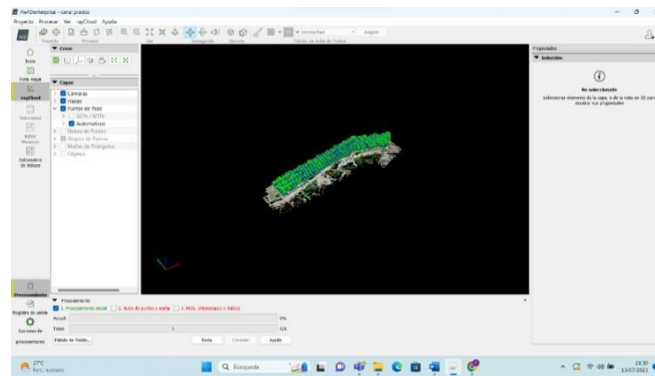
Figura 24. Selección de procesamiento programa Pix4D

Después activamos proceso inicial y le damos inicio.

Figura 25. Procesamiento información programa Pix4D

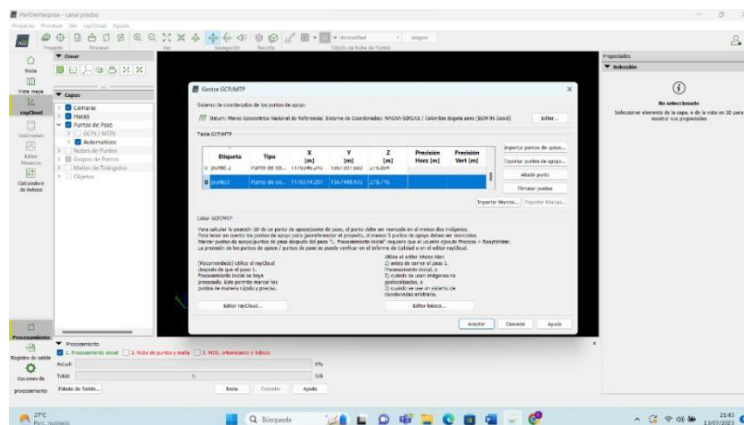
Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico del procesamiento inicial.

Al terminar el procesamiento inicial ya podemos ver la nube de puntos, con el rango de las cámaras sobre la nube de puntos.

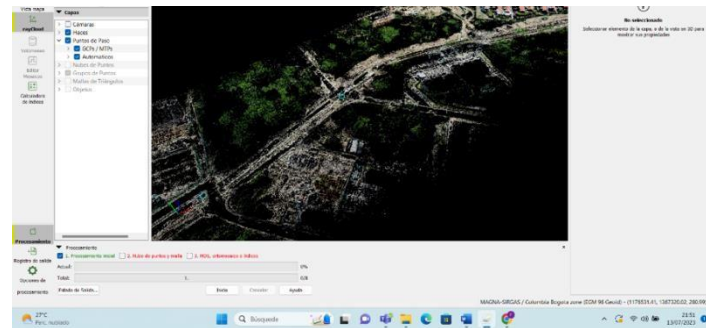
Figura 26. Resultado procesamiento programa Pix4D

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de la nube de puntos proceso inicial.

Después activamos la ventana dándole chip en el aplicativo que parece una mira llamado gestor GPS a ingresar los puntos de control tomados en campo el día del sobrevuelo con un GPS de alta precisión y procedemos añadirlos de forma manual y le damos clip en aceptar.

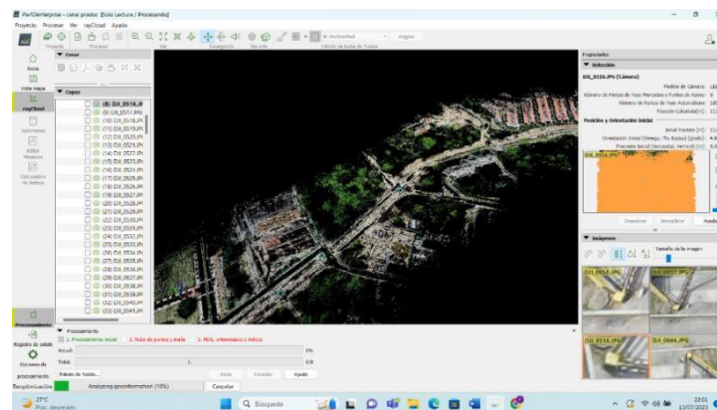
Figura 27. Puntos de control programa Pix4D

Al darle aceptar ubica los 3 puntos de control en la nube de puntos nos ubica en la nube de puntos, para dar continuidad al procesamiento de la información en el programa.

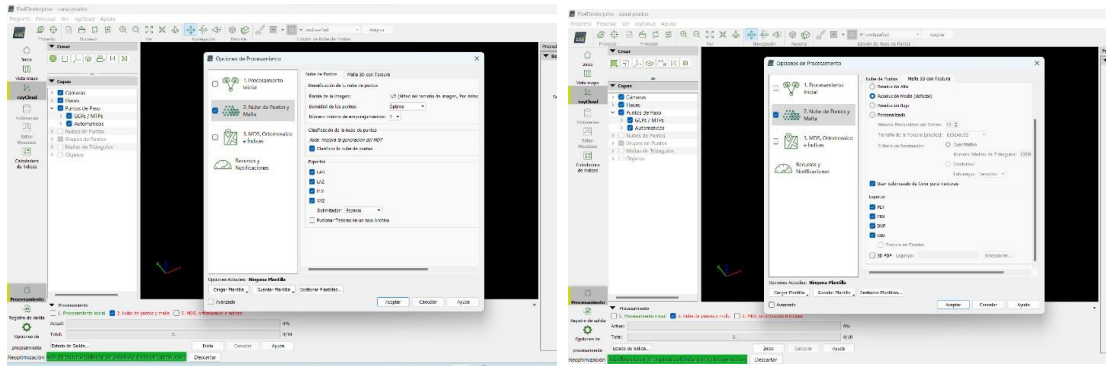
Figura 28. *Ubicación puntos de control programa Pix4D*

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de la ubicación de los puntos de control en la nube de puntos.

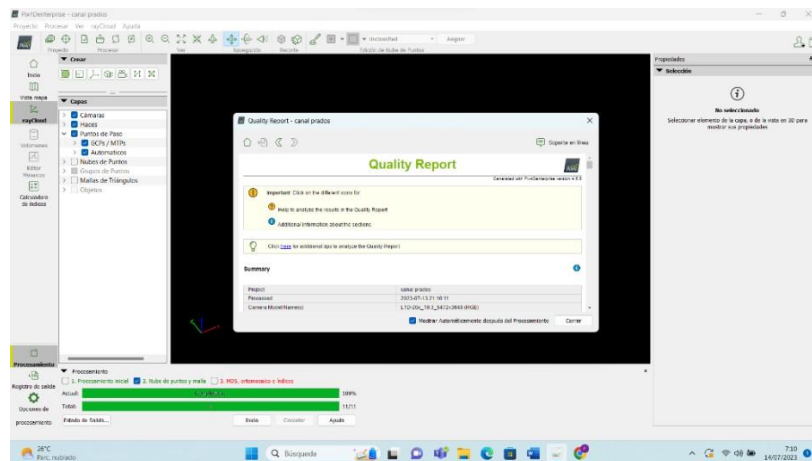
Después vamos a la opción procesar y le damos Reoptimizar y en la ventana siguiente aceptar

Figura 29. *Reoptimización puntos de control nube de puntos Pix4D*

Al terminar el proceso le damos opciones de procesamiento y en la ventana nube de puntos activamos las siguientes opciones y en la malla 3d con textura activamos las siguientes opciones y le damos aceptar para continuar el proceso.

Figura 30. *Procesamiento nube de puntos y mallas Pix4D*

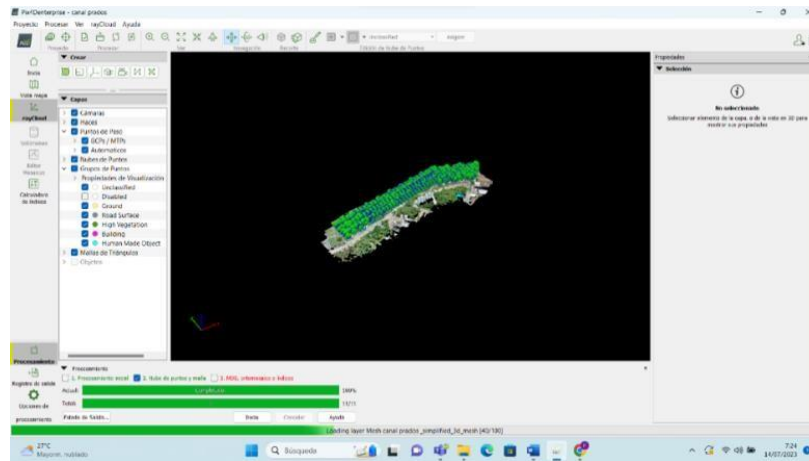
Y procedemos a correr el proceso 2 nube de puntos y mallas.

Figura 31. *Reporte procesamiento nube de puntos y mallas Pix4D*

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de la terminación del proceso.

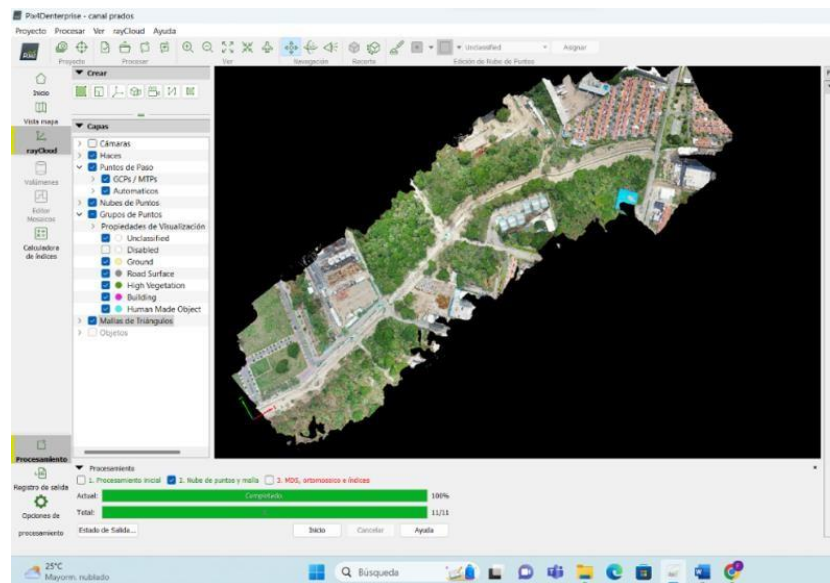
Procesando nube de puntos y malla de triángulos para tener una mayor claridad en la imagen obtenida del proceso número 2.

Figura 32. *Procesamiento nube de puntos y mallas de triángulos Pix4D*



Se obtiene el siguiente resultado de los puntos de control ubicados en la nube de puntos para proceder a realizar los ajustes de las coordenadas.

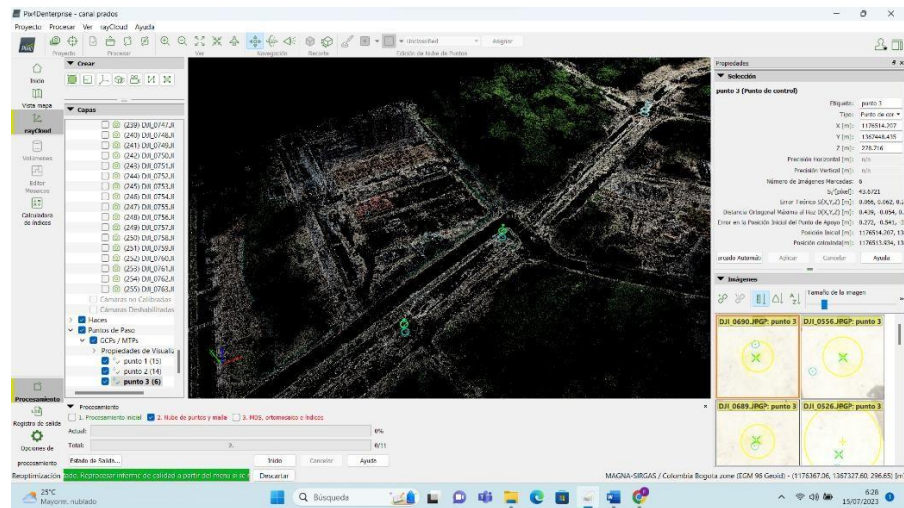
Figura 33. Ubicación puntos de control Pix4D



Procedemos a ajustar los puntos de control a la nube de puntos para continuar con el tercer proceso de modulación, la cual se realiza seleccionando cada punto y en la parte derecha buscamos las imágenes que muestren cada punto y empezamos a hacer la corrección de la posición de cada

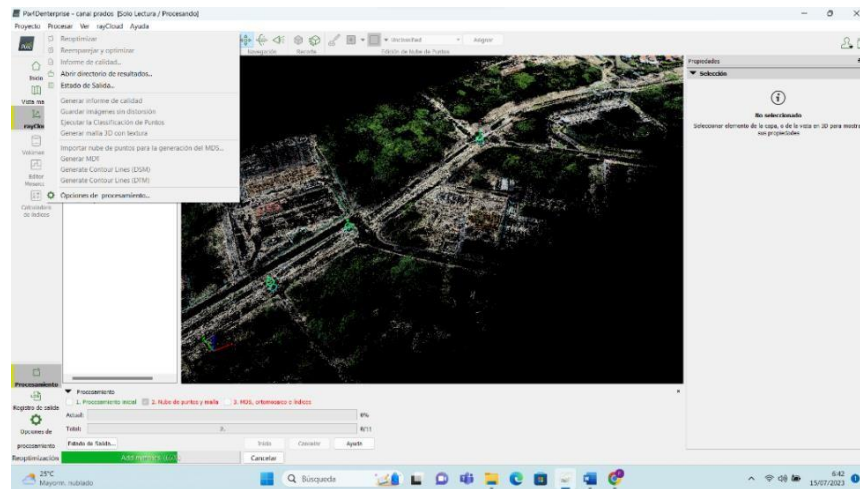
punto de control ubicándolo en la imagen, tomando como mínimo 10 imágenes por cada punto para tener una mayor exactitud.

Figura 34. Ajuste de puntos de control Pix4D

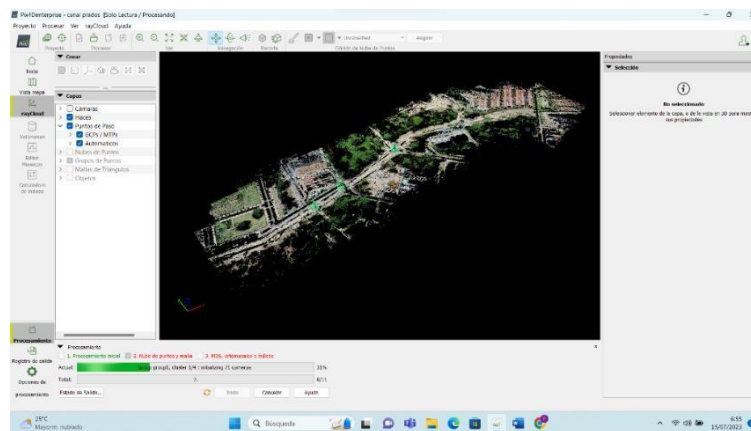


Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de ajuste de puntos de control en la nube de puntos.

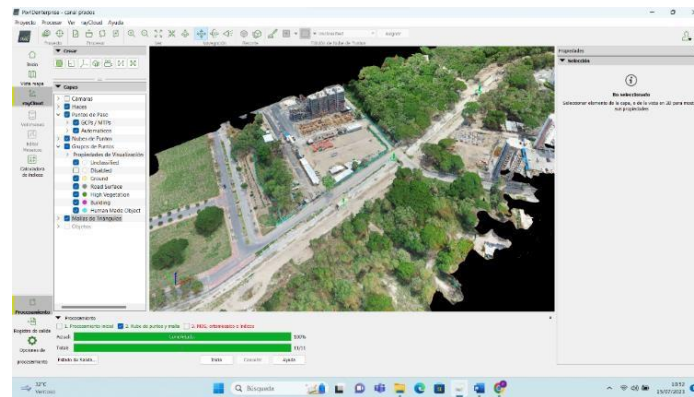
Después de terminado este proceso de reubicación de los puntos de control en la nube de puntos procedemos a buscar la opción procesar y le damos optimizar y Reemparejar y optimizar para tener una mayor claridad o resolución de la imagen de la nube de puntos.

Figura 35. *Reoptimizar puntos de control Pix4D*

El terminarse procede en la opción de procesamiento 2 nube de puntos y malla y le damos inicio para que realice el respectivo ajuste a la imagen.

Figura 36. *Ajuste de imagen de control Pix4D*

Al terminar el proceso, se selecciona la opción ventana de capas el proceso de nubes de puntos y malla de triángulos para mejorar la textura.

Figura 37. Proceso de nubes de puntos malla de triángulos de control Pix4D

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de proceso de mejora de textura de la nube de puntos.

Continuamos con el proceso 3 MDS ortomosaico e índices, en las 3 siguientes ventanas activamos las siguientes opciones como lo muestra la imagen para completar el proceso.

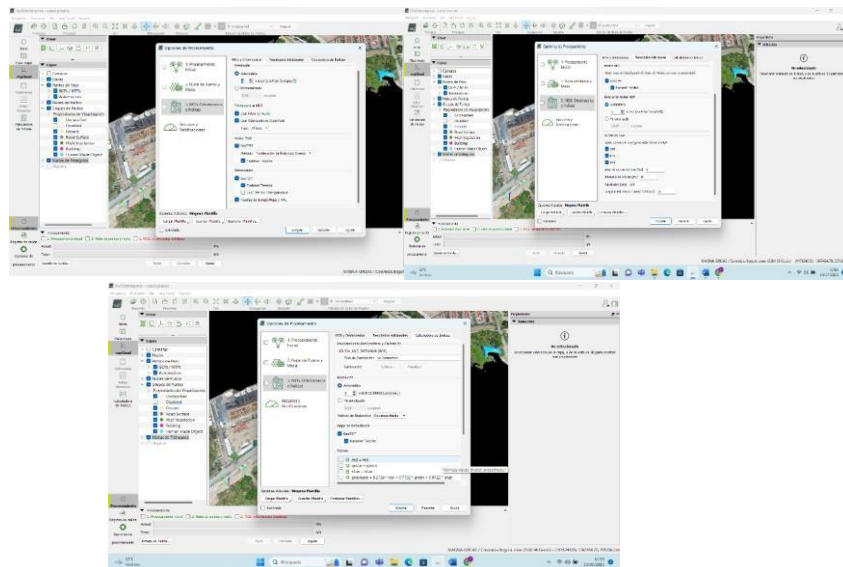
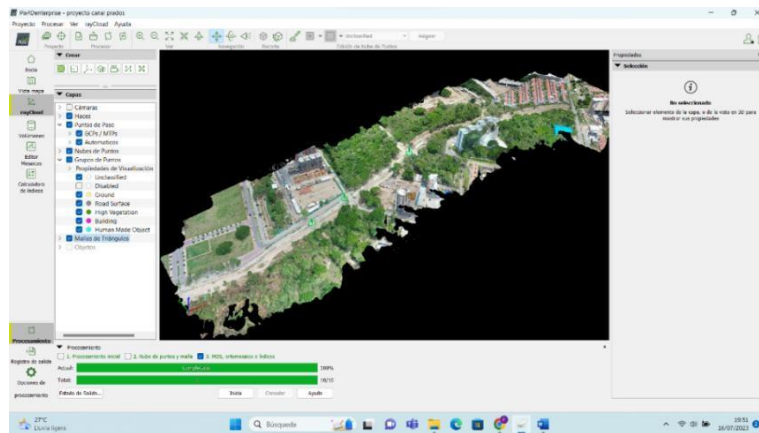
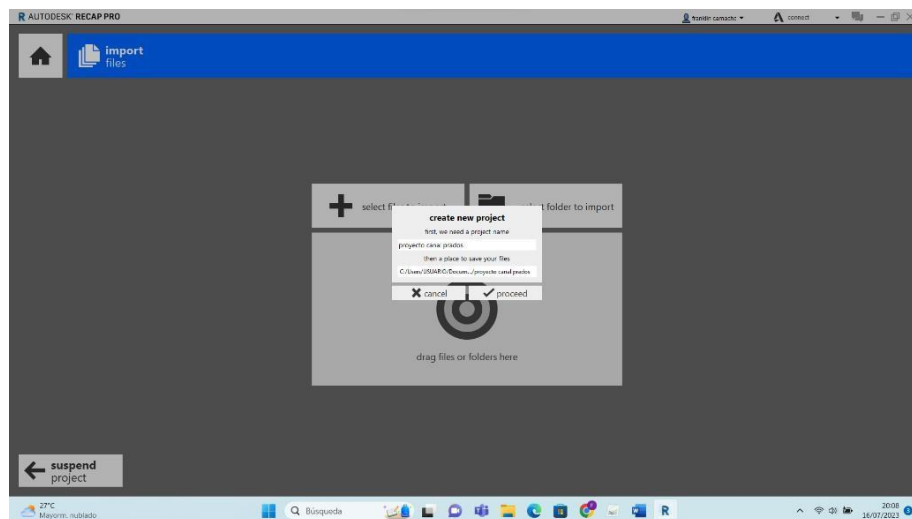
Figura 38. Proceso MDS, ortomosaico e índices Pix4D

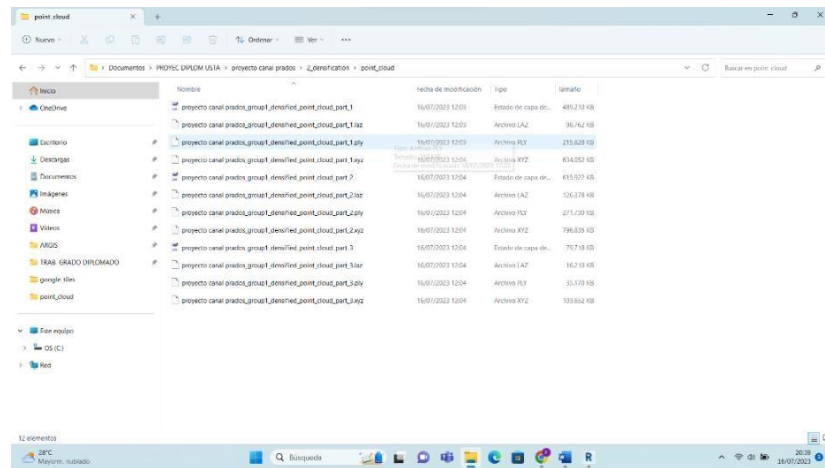
Figura 39. Proceso de nubes de puntos y malla de triángulos Pix4D

5.4 Proceso de fotointerpretación con AutoCAD desde información del programa ReCap

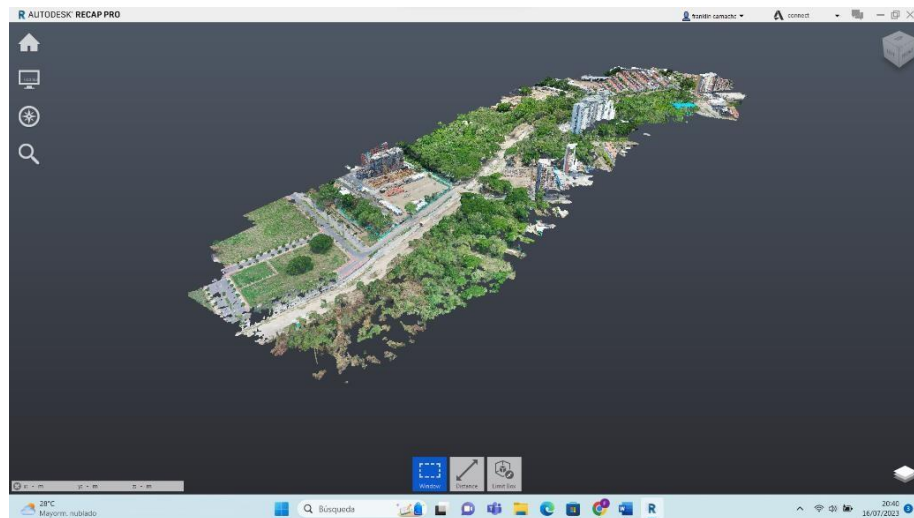
Para seguir procesando la información iniciamos la fotointerpretación con AutoCAD efectuando la apertura del programa ReCap, le asignamos un nombre al proyecto y lo direccionamos a la carpeta general de correlación de todos los archivos, donde se está haciendo el proceso general de información.

Figura 40. Crear proyecto ReCap

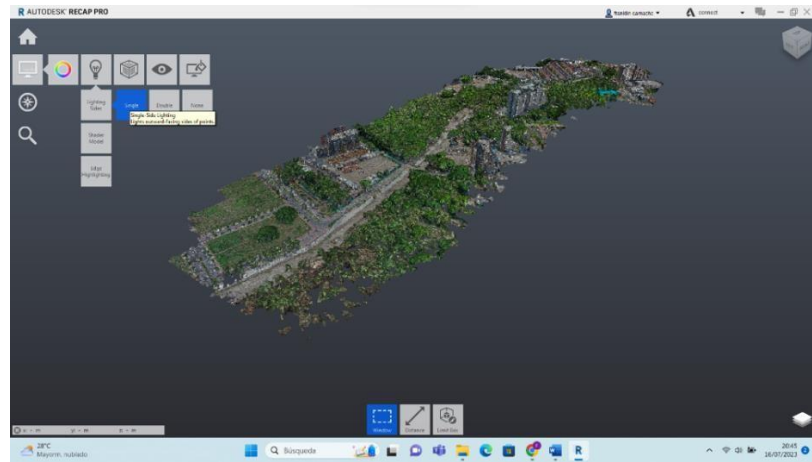
Se buscan los archivos correlacionados se selecciona y se importa al programa de ReCap.

Figura 41. Importar archivo ReCap

Se le da clip en la plantilla de trabajo y aparece la nube de puntos para seguir el proceso de modulación de la información para pasar al programa de AutoCad.

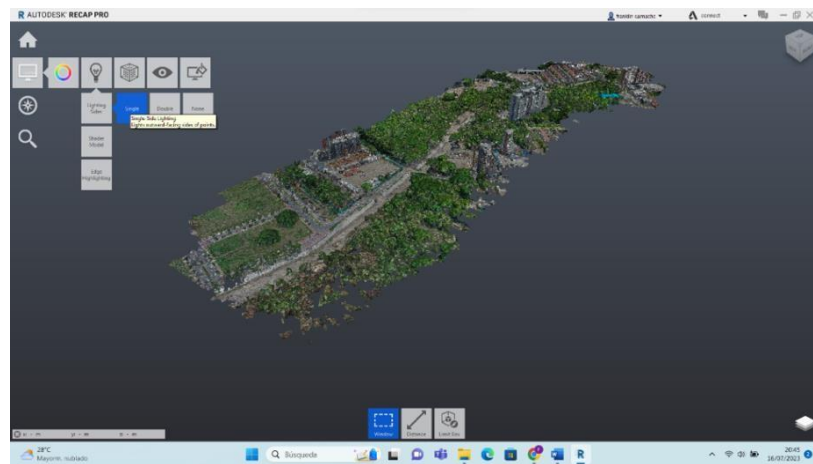
Figura 42. Importar nube de puntos ReCap

Para darle mejor definición a las líneas y la nube de puntos se habilita la opción single en la línea de herramientas que se resalta en azul.

Figura 43. Definición de puntos ReCap

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico como darle mayor definición a la nube de puntos.

Siguiendo el proceso de definir mejor la nube de puntos, se selecciona la herramienta point display, se le da nivel 3 de intensidad de puntos para mayor claridad de la imagen.

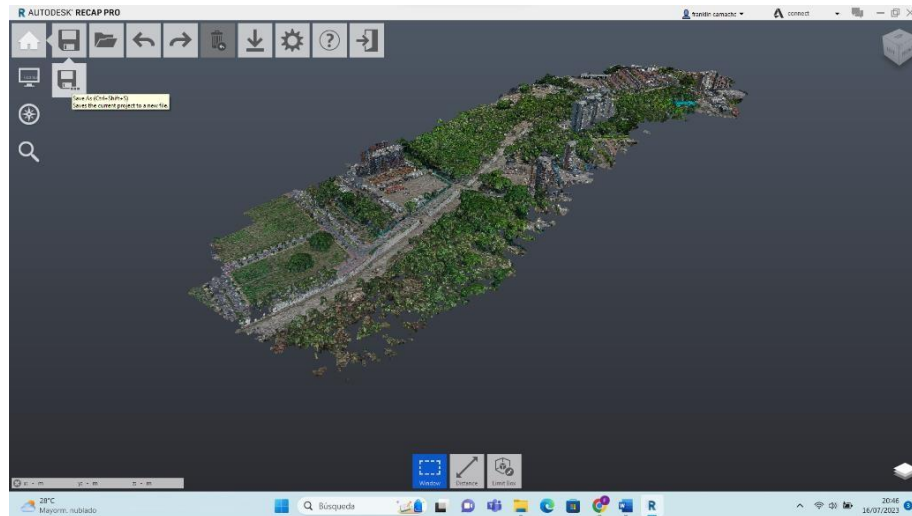
Figura 44. Intensidad de puntos ReCap

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de mejorar la intensidad de la nube de puntos.

Procedemos a guardar el archivo teniendo en cuenta ubicarla en la carpeta general del proyecto para que todos los archivos queden correlacionados y así poderlo importar en el programa

de AutoCad.

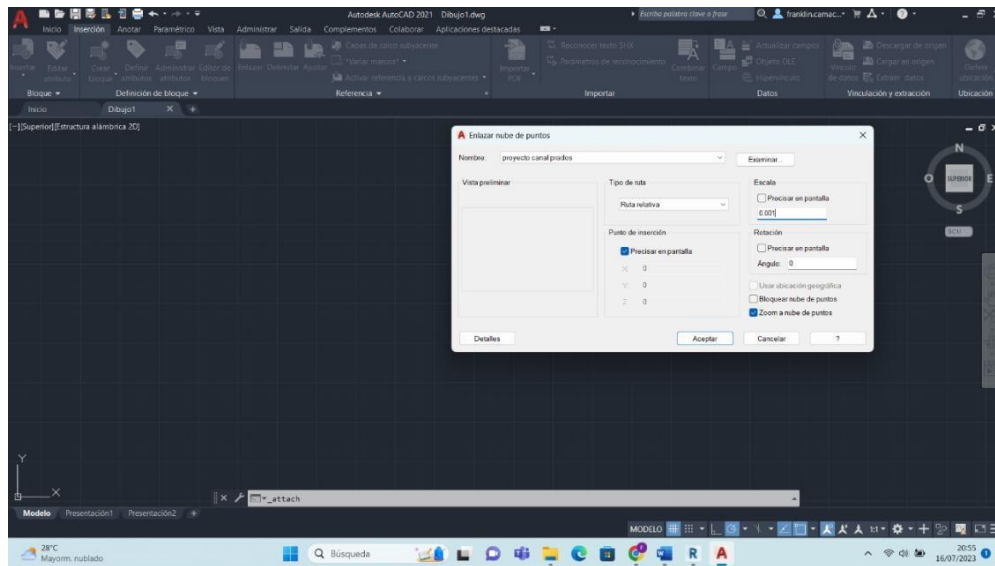
Figura 45. *Guardar archivo ReCap*



5.5 Procesamiento de fotointerpretación en AutoCAD

Continuamos con el proceso abriendo el programa AutoCAD importar la información procesada en el programa ReCap y procedemos a realizar algunas mediciones como calles o lozas del box coulvert para confirmar la escala de la nube de puntos, y así foto interpretar para proceder a hacer la planimetría; para esto le damos insertar y después enlazar y se selecciona en la carpeta de correlación el archivo de ReCap de la nube de puntos.

El proceso de importar y escalar nube de los puntos de AutoCad se muestra en las siguientes figuras:

Figura 46. Importar nube de puntos AutoCad

Para establecer la nube de puntos y quede con las medidas exactas, al momento de importar se le debe ajustar la escala, para esto se le da una medida de escala 0.001 como lo muestra la siguiente imagen.

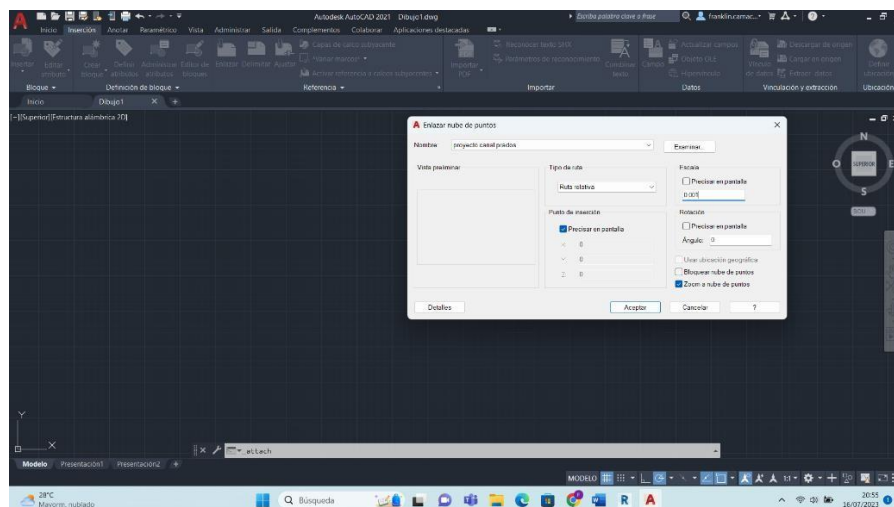
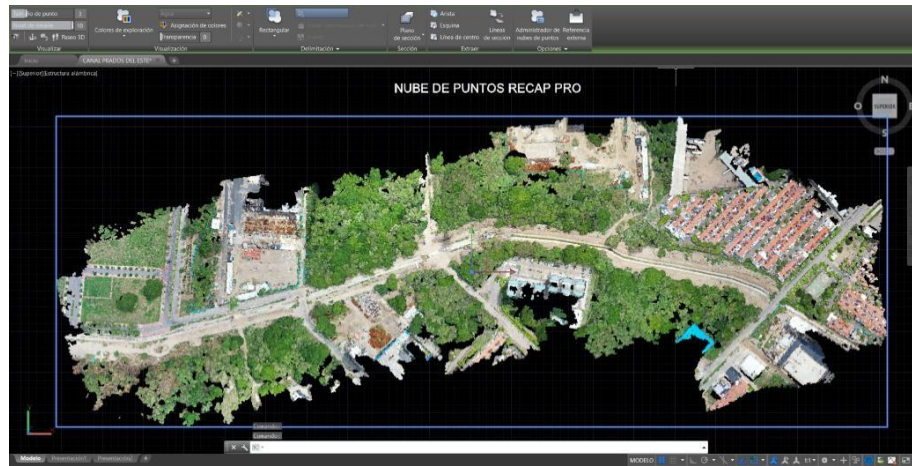
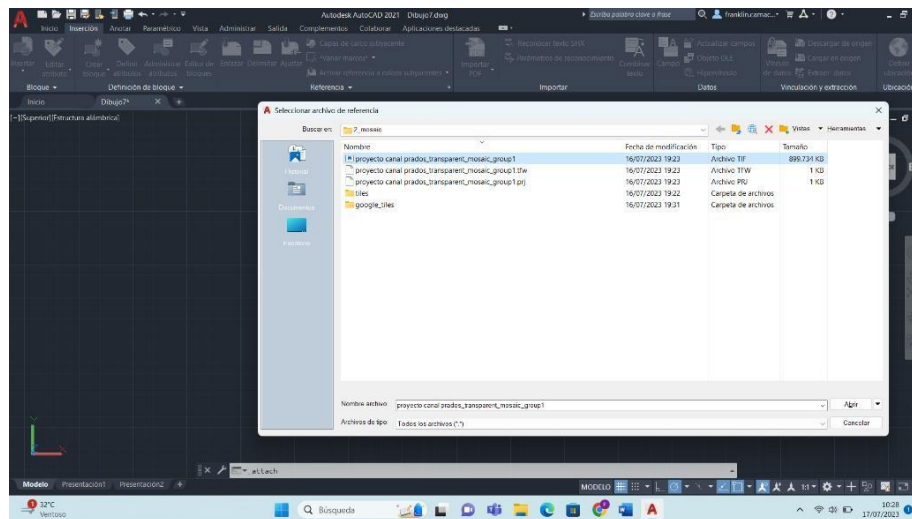
Figura 47. Escala nube de puntos AutoCad

Figura 48. Nube de puntos en la plantilla de AutoCad

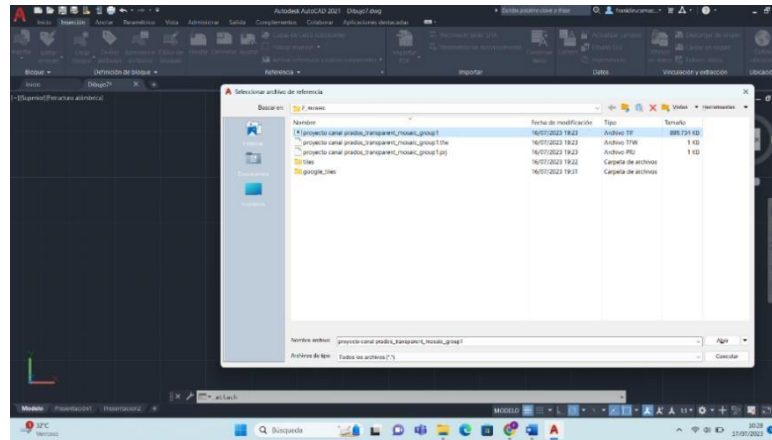
Para ingresar la ortofoto y poder realizar la planimetría con una imagen más clara damos opción inserción seguido enlazar y buscamos en archivo en la carpeta de correlación, le damos abrir y clip en la plantilla de *AutoCad*

Figura 49. Importar ortomosaico AutoCad

Para que las medidas de ortofoto sean exactas se debe ajustar la escala para este caso se selecciona una escala 1000 y aceptar y clip en el espacio de la plantilla de dibujo como lo muestra

la siguiente imagen.

Figura 50. *Escalar ortomosaico AutoCad*



Se importa la Ortofoto a una escala que coincida con las medidas reales realizadas en campo de algunos elementos como calles o placas del Box Culvert, Se ajustan parámetros para trabajar sobre la Ortofoto, los cuales se eliminan el brillo y transparencia de fondo.

Figura 51. *Importar ortomosaico AutoCad*

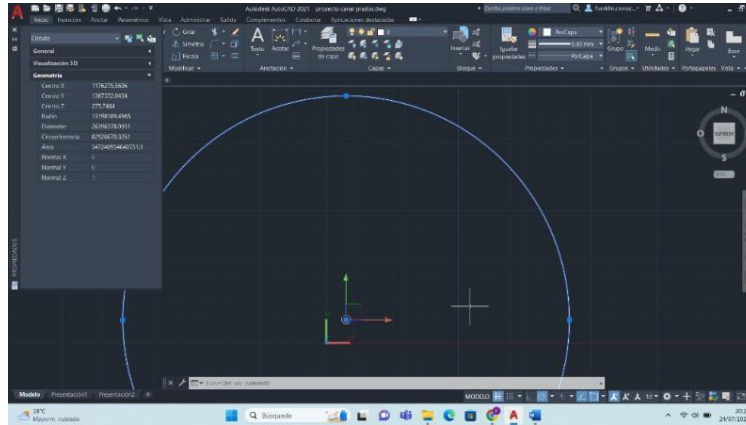


Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico se importó la ortofoto en la planilla de trabajo.

Se ingresa la ortofoto para empezar a ubicar los puntos de control y realizar los respectivos ajustes en caso de que estén corridos y así quede georreferenciada, procedemos a dibujar unos

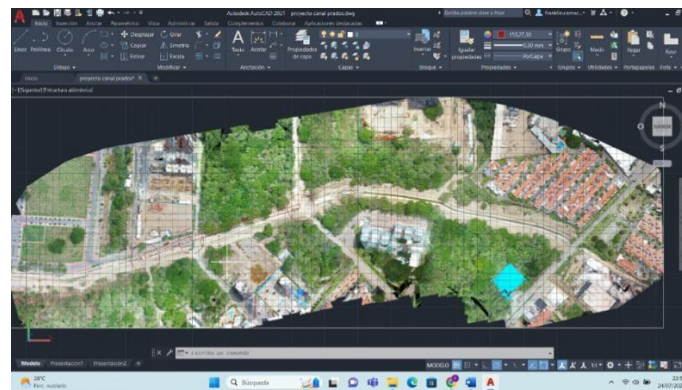
círculos grandes e ingresar las coordenadas en las propiedades del círculo.

Figura 52. *Importar los puntos de control en AutoCad*



Se procedió a centrar los puntos de control y verificar las medidas para que quedara centrado y georreferenciado con coordenadas en la ortofoto y hacer algunas mediciones como calles o puentes para confirmar que tenga una escala real en comparación con el terreno.

Figura 53. *Ajustar los puntos de control al ortomosaico AutoCad*

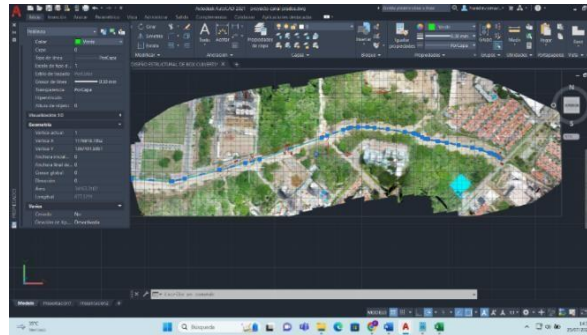


Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico medir y ubicar los puntos de control en la ortofoto.

Después de ajustar los puntos de control se procede a hacer la medición de la longitud del canal de aguas lluvias, desde el empalme de inicio hasta el empalme donde termina con un tramo

construido anteriormente por el grupo empresarial CELEUS GRUP. La cual corresponde a una distancia de 877.32 metros de longitud.

Figura 54. *Medir longitud del canal en AutoCad*



Con la información suministrada por el contratista Dreco Ingenieria SAS, el plano de diseño del canal se procede a realizar la importación del bloque correspondiente al diseño, para sobre poner en el orto mosaico y empezar a realizar la respectiva comparación de las medidas, especificaciones técnicas y detalles establecidas para el proyecto.

Figura 55. *Importar plano de diseño del canal en AutoCad*

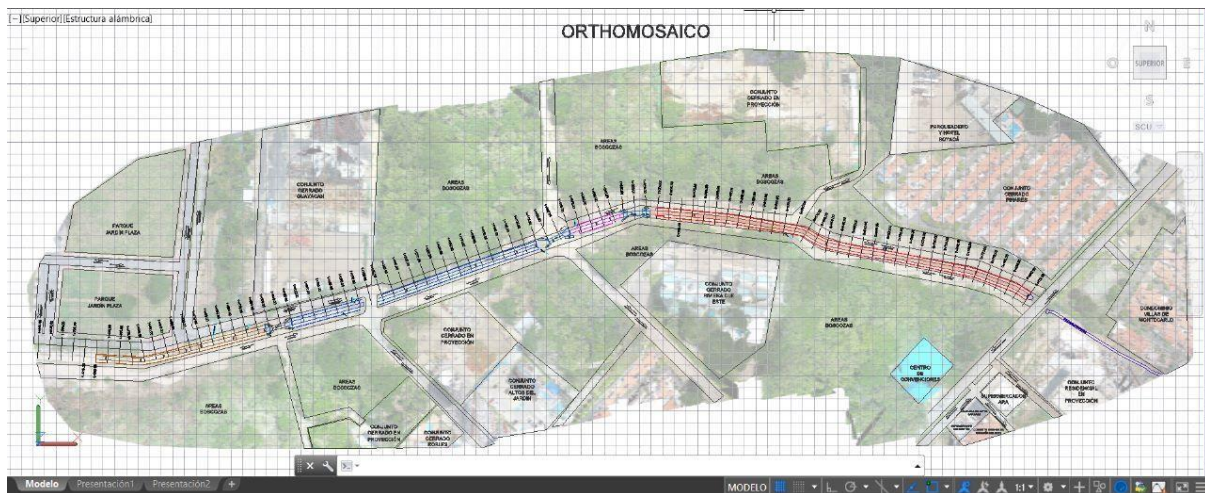


Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico el diseño aplicado a la orto foto.

En la revisión se pudo observar que el diseño del canal coincide con la imagen del orto mosaico, y solo presenta un pequeño desfase en las medidas los bux culbert, que corresponden a

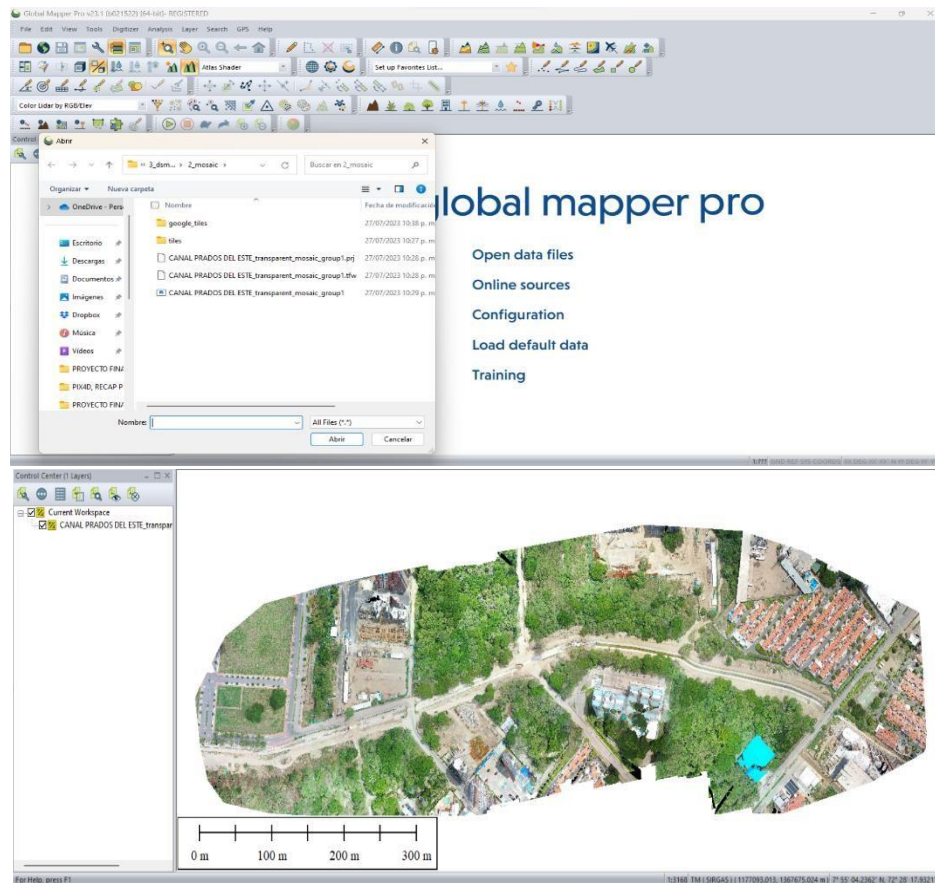
un porcentaje muy mínimo, también se pudo visualizar y demarcar las áreas de proyectos de conjuntos residenciales construidos y en proceso de construcción los cuales ya cuentan con licencia de construcción; estos ya tienen instalado el sistema de alcantarillado para aguas lluvias las cuales sus emisarios tributan sus aguas lluvias al canal del proyecto evaluado.

Figura 56. Planimetría del proyecto en AutoCad

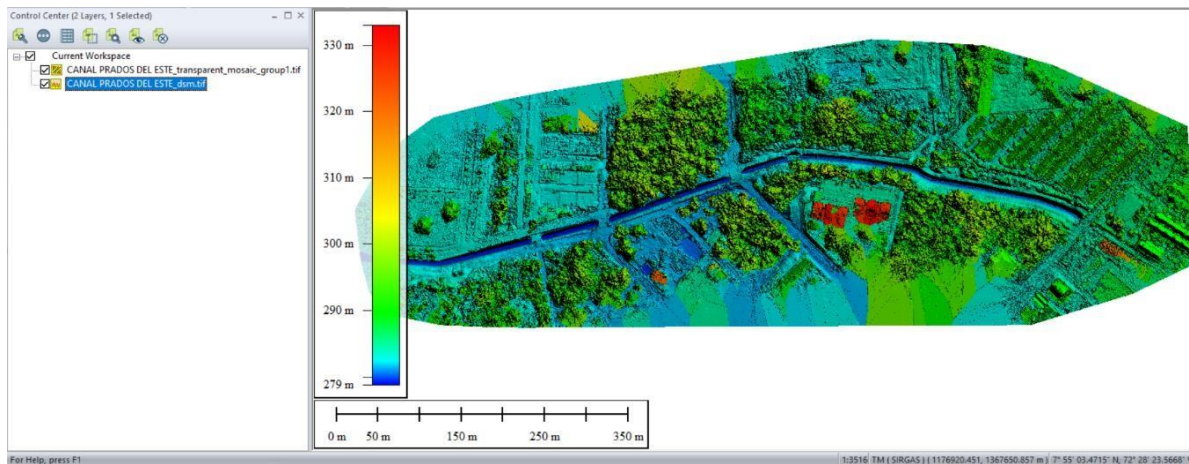


5.6 Procesamiento de fotointerpretación en Global Mapper

Se continua el procesamiento de la información en el programa Global Mapper para determinar el área de influencia y las curvas de nivel; así visualizar y determinar las escorrentías naturales que tributan sus aguas lluvia al canal objeto de estudio en este proyecto de construcción por parte del contratista Dreco Ingenieria SAS. Y procedemos a realizar la inserción de datos.

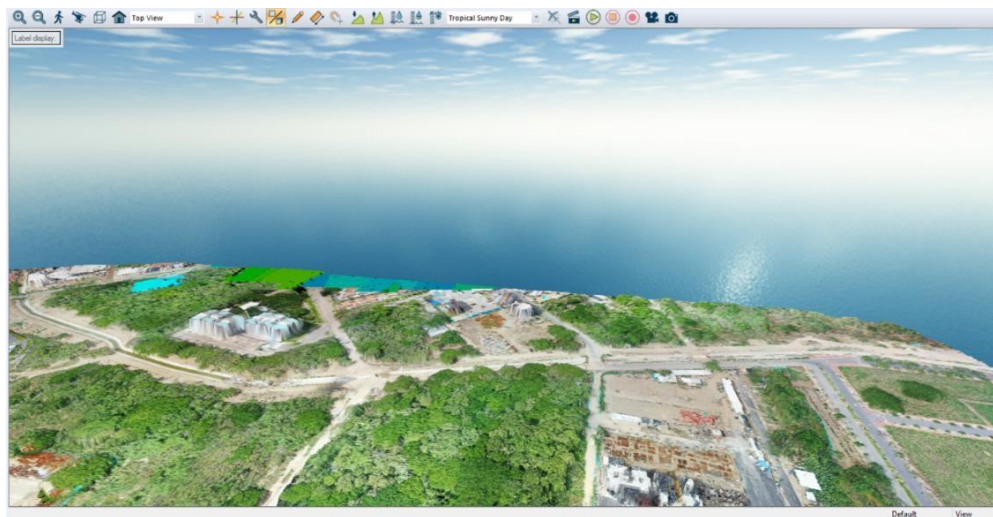
Figura 57. *Importar la orto foto en Global Mapper*

Se cargan los datos obtenidos en PIX4D mapper en GLOBAL MAPPER para su procesamiento y Se hace la verificación de las unidades de medida en las cuales se va a trabajar el Global Mapper para generar las curvas de nivel y el modelo de superficie.

Figura 58. *Unidades de medida Global Mapper*

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico del modelo de superficies de medida.

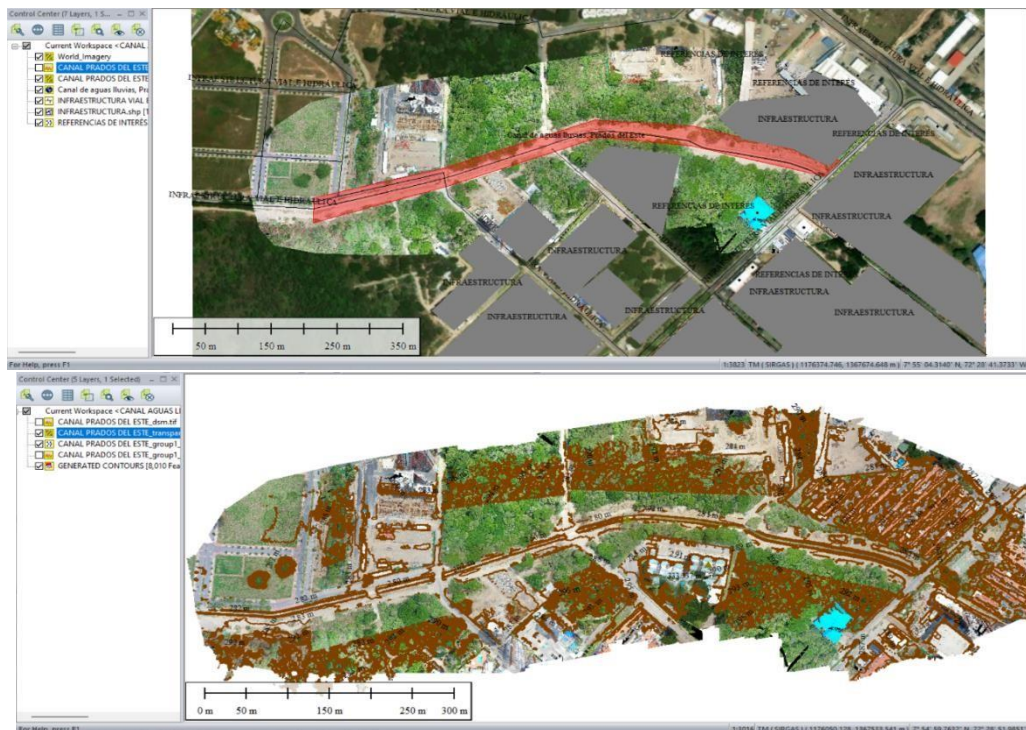
Se procede a generar el modelo de superficie para resaltar las curvas de nivel.

Figura 59. *Modelo de superficie 3D*

Se genera la elevación data el lugar a trabajar para establecer y resaltar la elevación base del canal de agua lluvias en estudio.

Figura 60. *Elevación base del canal Global Mapper*

Se procede a ubicar la orto foto en el mapa para empezar a realizar la planimetría y después se procede a marcar las curvas de nivel en el ortomosaico.

Figura 61. *Planimetría y curvas de nivel Global Mapper*

5.7 Análisis de la información

Teniendo en cuenta toda la información anteriormente procesada y la información suministrada por el contratista y la interventoría se procede a realizar el análisis comparativo en los formatos de memoria de cálculo establecidos para el desarrollo de este proyecto de construcción.

Información de interventoría método tradicional.

Memorias de cálculo para los ítems:

- 1.0 Preliminares.
- 1.01 Descapote y limpieza.
- 1.02 Localización y limpieza del canal.
- 1.03 Corte del terreno.

Figura 62. Memoria de cálculo ítem preliminares interventoría tradicional

MEMORIA DE CÁLCULO CANAL PRADOS DEL ESTE										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023	
MEMORIAS DE CÁLCULO										VERSION:	1
MEMORIAS DE CÁLCULO</											

1.2 Localización y limpieza del canal.

1.3 Corte del terreno.

Figura 63. Memoria de cálculo ítem preliminares interventoría con dron



Información de interventoría método tradicional.

Memorias de cálculo para los ítems:

2.0 Canal de aguas lluvias.

2.1 Geotextil NT 1600

2.2 Base granular e = 0.20 m compactada 95%

2.3 Filtro en grava triturada e = 0.30m x 0.30m con L = 0.60 con tubería de drenaje de 4"

2.4 Agromanto de 4600 FC_FP

2.5 Solado en concreto simple e=0.05 de 17 MP

2.6 Acero de refuerzo de D=1/2 y D=3/4

2.7 Concreto Fc = 28 mpa.

Figura 64. Memoria de cálculo ítem canal de aguas lluvias interventoría tradicional

[illegible]

Análisis de la información con el sobre vuelo con el dron.

Memorias de cálculo para los ítems:

2.0 Canal de aguas lluvias.

2.1 Geotextil NT 1600

2.2 Base granular e = 0.20 m compactada 95%

2.3 Filtro en graba triturada $e = 0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$ con $L = 0.60$ con tubería de drenaje de 4"

2.4 Agromanto de 4600 FC_FP

2.5 Solado en concreto simple $e=0.05$ de 17 MP

2.6 Acero de refuerzo de $D=1/2$ y $D=3/4$

2.7 Concreto $F_c = 28 \text{ mpa.}$

Figura 65. Memoria de cálculo ítem canal de aguas lluvias interventoría con dron

MEMORIA DE CÁLCULO CANAL PRADOS DEL ESTE										FECHA DE EMISIÓN: JULIO 2023		VERSION: 1	
MEMORIAS DE CALCULO													
NOMBRE DEL PROYECTO										NOMBRE DEL PROYECTO		NOMBRE DEL PROYECTO	
OBJETIVO DEL PROYECTO										OBJETIVO DEL PROYECTO		OBJETIVO DEL PROYECTO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO										DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD DE OBRAS	
CANTIDAD DE OBRAS										CANTIDAD DE OBRAS		CANTIDAD	

Análisis de la información con el sobre vuelo con el dron

Memorias de cálculo para los ítems:

3.0 Box Culvert, 1,2,3

3.1 Mejoramiento base granular compactada $e=0.20m$

3.2 Solado en concreto simple $e=0.05$ de 17 MP

3.3 Concreto $F_c = 28$ mpa BOX 1, BOX 2

3.4 Acero refuerzo varilla $d= 7/8", 5/8, 3/4", 1/2"$

3.5 Baranda metálica los dos lados.

Figura 67. Memoria de cálculo ítem Box Culvert interventoría con dron

Análisis de la información interventoría tradicional.

Memorias de cálculo para los ítems:

4.0 Tubería descarga de agua lluvia.

4.1 Tubería para agua lluvia de 4"

4.2 Tubería de agua lluvia de 6"

4.3 Tubería de agua lluvia de 8"

4.4 Tubería de agua lluvia de 12"

4.5 Tubería de agua lluvia de 18"

4.6 Tubería de agua lluvia de 24"

4.7 Tubería de agua lluvia de 36"

4.8 Tubería de descarga de 48"

Figura 68. *Memoria de cálculo ítem tubería descarga de agua lluvia interventoría tradicional*

Análisis de la información del sobre vuelo del dron

Memorias de cálculo para los ítems:

4.0 Tubería descarga de agua lluvia.

4.1 Tubería para agua lluvia de 4"

4.2 Tubería de agua lluvia de 6"

4.3 Tubería de agua lluvia de 8"

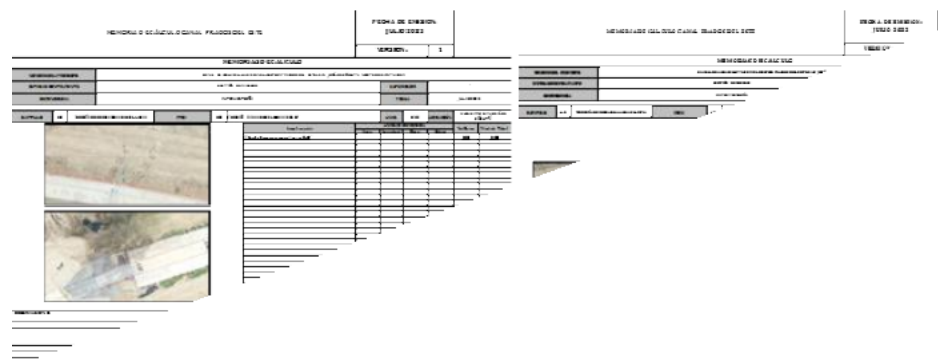
4.4 Tubería de agua lluvia de 12"

4.5 Tubería de agua lluvia de 18"

4.6 Tubería de agua lluvia de 24"

4.7 Tubería de agua lluvia de 36"

Figura 69. Memoria de cálculo ítem tubería de descarga agua lluvia interventoría con dron



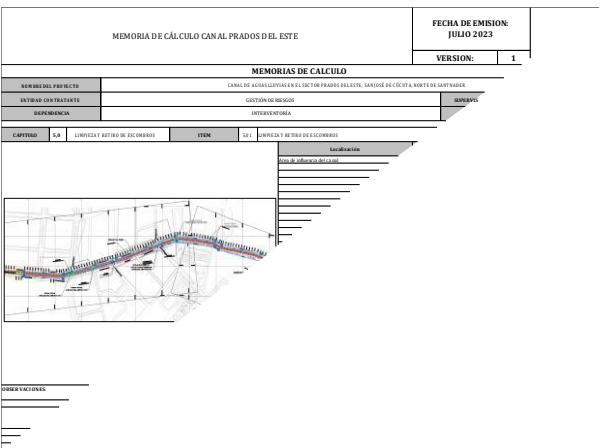
Análisis de la información interventoría tradicional

Memorias de cálculo para los ítems:

5.0 Limpieza y retiro de escombros.

5.1 Área de influencia del canal.

Figura 70. Memoria de cálculo ítem limpieza y retiro de escombros interventoría tradicional



Análisis de la información del sobre vuelo con el dron.

Memorias de cálculo para los ítems:

5.0 Limpieza y retiro de escombros.

5.1 Área de influencia del canal.

Figura 72. Producto final análisis de la información

PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN DE CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN EL SECTOR PRADOS DEL ESTE, SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER							
GESTIÓN DE RIESGOS INTERVENTORÍA							
				MEDIDAS OBTENIDAS POR LA INTERVENTORÍA CON MÉTODOS DE MEDICIÓN CON TOPOGRAFÍA, CINTA MÉTRICA Y OTROS.		MEDIDAS OBTENIDAS CON MÉTODO FOTOGRAMÉTRICO POR VUELO DE DRON	
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDADES DE AVANCE	% DE AVANCE ACTIVIDAD	CANTIDADES DE AVANCE	% DE AVANCE ACTIVIDAD
1,0	OBRAS PRELIMINARES						
1,01	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	10500,00	9765,00	93,00%	9765,00	93,00%
1,02	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DEL CANAL	M2	7732,60	6806,00	88,02%	6806,00	88,02%
1,03	CORTE DE TERRENO	M3	8662,52	6952,00	80,25%	6952,00	80,25%
1,04	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACIÓN	M3	4474,81	4466,10	99,81%	4466,10	99,81%
2,0	CANAL DE AGUAS LLUVIAS						
2,01	GEOTEXTIL NT 1600	M2	9180,30	9038,70	98,46%	7949,70	86,60%
2,02	BASE GRANULAR e=0,20m COMPACTADA AL 95%	M3	463,70	456,50	98,45%	459,30	99,05%
2,03	FILTRO EN GRAVA TRITURADA 0,30 m x 0,30m CON L=0,60 m TUBERÍA DRENAJE D= 4"	UND	571,00	562,00	98,42%	454,00	79,51%
2,04	AGROMANTO 4600 FC-FP	M2	4215,00	0,00	0,00%	0,00	0,00%
2,05	SOLADO EN CONCRETO SIMPLE e=0,05m DE 17 Mpa	M3	459,00	438,30	95,49%	411,10	89,56%
2,06	ACERO DE REFUERZO DE D= 1/2" Y D=3/4"	KG	145834,30	143585,40	98,46%	126285,90	86,60%
2,07	CONCRETO DE Fc= 28 Mpa	M3	1836,10	1753,30	95,49%	1644,40	89,56%
3,0	BOX CULVERT 1, 2, 3						
3,01	MEJORAMIENTO BASE GRANULAR COMPACTADA e=0,20m	M3	40,20	25,10	62,44%	28,00	69,65%
3,02	SOLADO EN CONCRETO SIMPLE e=0,05m DE 17 Mpa	M2	18,00	11,20	62,22%	14,00	77,78%
3,03	CONCRETO DE Fc = 28 Mpa BOX1 y BOX 2	M3	235,60	235,60	100,00%	233,10	98,94%
3,04	CONCRETO DE Fc = 28 Mpa BOX3 y BOX 4	M3	277,49	107,57	38,77%	108,45	39,08%
3,05	ACERO DE REFUERZO DE D= 7/8", 5/8", 3/4" y 1/2"	KG	12760,86	12637,55	99,03%	12637,55	99,03%
3,06	BARANDA METALICA AMBOS LADOS	UND	8,00	6,00	75,00%	0,00	0,00%
4,0	TUBERIA DE DESCARGA AGUAS LLUVIA						
4,01	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 4"	UND	1,00	1,00	100,00%	0,00	0,00%
4,02	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 6"	UND	3,00	3,00	100,00%	3,00	100,00%
4,03	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 8"	UND	4,00	4,00	100,00%	0,00	0,00%
4,04	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 12"	UND	1,00	1,00	100,00%	1,00	100,00%
4,05	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 18"	UND	1,00	1,00	100,00%	1,00	100,00%
4,06	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 24"	UND	1,00	1,00	100,00%	1,00	100,00%
4,07	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 36"	UND	1,00	1,00	100,00%	1,00	100,00%
4,08	TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS DE 48"	UND	1,00	1,00	100,00%	1,00	100,00%
5,0	LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS						
5,01	LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS	GLB	2,00	2,00	100,00%	2,00	100,00%

Nota: la figura muestra un ejemplo fotográfico de un análisis comparativo de la información recolectada en el trascurso del trabajo usando los dos métodos de interventoría.

6. Conclusiones

Se aplicó el método de medición de obra para la interventoría o supervisión mediante el uso de fotogrametría obtenida del vuelo del dron en el polígono de construcción de un canal de aguas lluvias y se procedió a realizar un procesamiento digital de la información obtenida mediante imágenes, en los programas Google Earth Pro, Pix4D, ReCap, AutoCad, Excel y Global Mapper donde el resultado obtenido se comparó con el informe de interventoría tradicional.

Se realizó el seguimiento durante la ejecución del proyecto de construcción del canal de agua lluvia en el barrio Prados del Este y se evidenció que el diseño cumple con las medidas y características especificadas en el contrato, como se puede observar en el ortomosaico al superponerle los planos, teniendo en cuenta que las imágenes corroboran la información geometría

aplicada al avance de la obra de infraestructura.

Durante el proceso de verificación utilizando los equipos de alta tecnología se obtuvo una mayor perspectiva del área de influencia del proyecto y sus alrededores mediante la captación de 254 imágenes del terreno con una calidad 4k de 20 mega píxeles obtenidas del sobre vuelo del dron. También se marcación 3 puntos de control con un equipo de alta precisión, favoreciendo la georefenciación de los elementos estructurales que conforman el proyecto de construcción del canal, lo que facilitó el seguimiento efectivo de la obra.

Teniendo en cuenta el tiempo de la aplicación del proceso usando este medio tecnológico (dron) se logró determinar que los costos por mano de obra calificada, en comparación con el proceso de mediciones con equipos convencionales, son menores tanto en la toma de datos de campo como en el procesamiento de la información, lo que puede oscilar entre un 70% a 80% en este tipo de proyecto. Se puede deducir que en proyectos de difícil acceso este rendimiento puede aumentar.

Se comprobó que, haciendo un análisis comparativo general sobre la supervisión de las actividades y cantidades de materiales, se puede llevar un mejor control de la obra aplicando este procedimiento en la construcción de canales de agua lluvia en zonas apartadas, lo que ofrece mayor viabilidad, tanto en lo técnico, administrativo y en lo económico. Esto facilita un equilibrio entre la precisión de los resultados y la reducción de los costos en comparación con el método tradicional de interventoría y supervisión de proyectos de construcción.

Referencias

- Acevedo, S. (2021). *Uso de herramientas digitales en el rol de la interventoría. Aplicaciones y aprendizajes en la empresa Sopórtica*. [Tesis de grado, Arquitectura]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia – RIUNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79535>
- Arredondo, A. (2022). *Elaboración de manual de interventoría y supervisión técnica para la construcción de obras de nivel de complejidad baja*. [Tesis de grado, Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia – RIUCC. <https://repository.ucc.edu.co/items/73122de2-4d12-49cd-a0b5-3adc6810fc94>
- Chamorro, G., Pérez, D. y Serrano, M. (2022). Rol del interventor en la gestión de proyectos de infraestructura pública: estudio de caso del Valle del Cauca, Colombia. *Ciencia Ergo Sum*, 29(1), 15-26.
- Código Disciplinario Único Ley 734 (2002). Artículo 13. *Sobre el cumplimiento integral de normas éticas y moral de los servidores públicos en el ejercicio de sus funciones*. Gestor Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4589>
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 14 de octubre). Ley 80 de 1993. *Ley de Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Secretaría Jurídica Distrital. <https://intranet.secretariajuridica.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/ley-80-1993#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,Marco%20Legal%20de%20la%20Entidad.>
- Congreso de la República de Colombia. (1994, 19 de agosto). Ley 400 de 1994. *Normas sobre construcciones sismo resistentes*. Gestor Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=336>

- Congreso de la República de Colombia. (2000, 15 de agosto). Ley 610 de 2000. *Trámite de los procesos de responsabilidad fiscal de competencia de las contralorías*. Gestor Normativo.
- Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 678 de 2001. *Sistematiza la responsabilidad patrimonial de los funcionarios y empleados públicos del Estado*. Gestor Normativo.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5725>
- Congreso de la República de Colombia. (2007, 16 de julio). Ley 1150 de 2007. *Medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con Recursos Públicos*. Secretaria del Senado.
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1150_2007.html
- Constitución Política de Colombia. (1991). Artículo 123 y 124. Sobre la definición de los servidores públicos como miembros de corporaciones públicas. Justicia Colombia.
<https://colombia.justia.com/nacionales/constitucion-politica-de-colombia/titulo-v/capitulo-2/>
- Cortés, J. y Alonso, L. (2022). *Guía de controles técnicos aplicables por el residente de interventoría, en la construcción de placa huella tipo ICCU para facilitar su inspección en campo*. [Tesis de grado, Especialización en Interventoría y Supervisión de Obras de Construcción]. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas – RIUDISTRITAL. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/28352>
- Del Río, O., Espinoza, T., Sáenz, A. y Cortes, F. (2019). Levantamientos topográficos con drones. *Revista Ciencia*, 1(5), 156-196.
- Google Earth. (2023). *Polígono*. <https://support.google.com/earth/answer/148072?hl=es-419>
- Grupo Acre Colombia. (2018). *Topografía con drones*. <https://grupoacre.co/>

- Hinostroza, P. (2021). *Evaluación de errores máximos permisibles entre levantamiento topográfico empleando dron y sistema de posicionamiento global diferencial*. [Tesis de grado, Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional Universidad Peruana de los Andes – RIUPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2073>
- López, Y. (2023). *Tecnología para levantamiento topográfico con drones en Valledupar*. [Tesis de grado, Universidad Galileo]. <http://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/1540>
- Malagón, C. y Castro, R. (2022). *Responsabilidad de la supervisión e interventoría en los contratos estatales*. [Tesis de grado, Especialización en Contratación Estatal]. Repositorio Institucional Universidad la Gran Colombia – RIUGC. <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/7606>
- Méndez, C. (2022). *La importancia de la interventoría y la supervisión durante la ejecución de obras públicas*. [Tesis de grado, Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia – RIUCC. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e3c04707-2766-4495-bf20-84aa03a1fa00/content>
- Ministerio de Transporte y Vialidad. (1994). *La Resolución 6494 de 1994: establece los procedimientos de interventoría para el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en Colombia*. El Ministerio.
- Ojeda, A., Álvarez, C. y Orona, D. (2020). Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora. *Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 14(20), 1-26.

- Orozco, A. (2022). *Diseño de estrategias para el control de estudios de factibilidad de proyectos de infraestructura ferroviaria desde el proceso de interventoría*. [Tesis de grado, Especialización en Gerencia Integral de Proyectos]. Repositorio Institucional Universidad Militar Nueva Granada – RIUNIMILITAR. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/44249>
- Orozco, H. (2021). *Creación de una empresa de servicios con tecnología Drone para recolección de datos, video y fotografía para obras civiles y construcción*. [Tesis de grado, Tecnología Industrial]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Abierta y a Distancia – RIUNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/41769>
- Ortiz, A. (2022). *Apoyo a la supervisión de interventoría de obra en la construcción de un muro de contención en gaviones en la zona rural del distrito de Buenaventura*. [Tesis de grado, Tecnología en Construcciones Civiles]. Repositorio Institucional Universidad del Pacifico – RIUNIPACIFICO. <https://repository.unipacifico.edu.co/handle/unipacifico/753/restricted-resource?bitstreamId=5acef59c-f2f2-4a6c-905a-fda0317b857f>
- Parrado, L. (2019). *Seguimiento, control y supervisión técnica, administrativa y ambiental de proyectos de sistemas de agua potable y saneamiento básico de la empresa de servicios públicos del meta Edesa SA ESP*. [Tesis de grado, Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia – RIUCC. <https://repository.ucc.edu.co/items/25cc629c-1887-4810-bbce-5815d776e3b6>
- Patel, K. y Nihalani, S. (2023). Una revisión de la gestión de redes de agua urbanas utilizando SIG. *MétodosX*, 11(10), 2261-2421.

- Rodríguez, P. (2022). *Gestión para la construcción de la obra de mitigación que reduce las condiciones del riesgo de desastres asociadas a la socavación en la ribera occidental del río Magdalena en el municipio de La Dorada en el Departamento de Caldas*. [Tesis de grado, Especialización en Prevención, Reducción y Atención de Desastres]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Manizales – RIUCM. <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/3539>
- Rueda, J. (2019). *Brindar apoyo a la empresa Civile SAS en las actividades relacionadas con el desarrollo de las labores en interventoría y supervisión de obras civiles*. [Tesis de grado, Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional Universidad Pontificia Bolivariana – RIUPB. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/8458>
- Salazar, D. (2021). *Auxiliar de interventoría en el desarrollo del contrato 1104 del 2019 celebrado entre el departamento del Huila y el consorcio p-420*. [Tesis de grado, Ingeniería Civil]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia – RIUCC. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e1cfa724-2a57-472a-b7fb-fc5ffdf2bdbb/content>
- Salinas, J. (2020). *Aplicación de la topografía en el desarrollo de los proyectos de alcantarillados rurales*. [Tesis de grado, Tecnología en Topografía]. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas – RIUDISTRITAL. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26308>
- Sánchez, D. (2020). *Supervisión e interventoría en los contratos de obra pública celebrados por el municipio de Puerto Boyacá (Boyacá) en las vigencias 2018-2019: una vista desde el direccionamiento estratégico y de planeación*. [Tesis de grado, Maestría en Gobierno, Políticas Públicas y Desarrollo Territorial]. Repositorio Institucional Universidad Nacional

Abierta y a Distancia – RIUNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/56451/dmsanchezare.pdf?sequence=1&isAllowed=y>