

**Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron para la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander**

**Jorge Iván Arias Flórez, Lidia Shirley Parra García, Maira Alejandra Picón García**

**Monografía para optar el título de Especialistas en Interventoría y Supervisión de la Construcción.**

**Director**

**Arq. Robert Gutiérrez Ortiz**  
**Piloto de operaciones RPAS remotely pilot aircraft system**  
**Magíster en dirección y gestión de proyectos**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**  
**Especialización en Interventoría y**  
**Supervisión de la Construcción**  
**Facultad de Arquitectura**

**2023**

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación es dedicado primeramente a Dios quien siempre nos acompaña, ilumina el camino y nos levanta cuando tropezamos, a nuestros padres por habernos forjado con tanto amor y dedicación, a nuestros hijos que son nuestra motivación y quienes nos impulsan día a día a superarnos más, a nuestros hermanos por su respaldo y cariño y a todas aquellas personas que de una forma u otra se involucraron en la realización de este proyecto.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo para la realización de este trabajo de investigación a la Universidad Santo Tomas por la colaboración con sus funcionarios, quienes fueron fundamentales para realizar las revisiones en la investigación, a nuestra directora por su compromiso, a la Unión Temporal Inter Placa MC por los datos aportados, a las empresas MAPG e INGEPARRA de quienes somos gerentes por los equipos utilizados.

## Contenido

|                                                          | Pág. |
|----------------------------------------------------------|------|
| Introducción .....                                       | 20   |
| 1. Objetivos .....                                       | 22   |
| 1.1 Objetivo General.....                                | 22   |
| 1.2 Objetivos Específicos .....                          | 22   |
| 2. Marco Referencial .....                               | 23   |
| 2.1 Marco Conceptual.....                                | 23   |
| 2.1.1 Vías Terciarias .....                              | 23   |
| 2.1.2 Placa Huella .....                                 | 24   |
| 2.1.3 Interventoría de Obras.....                        | 29   |
| 2.1.4 Levantamiento Topográfico de Obras .....           | 29   |
| 2.1.5 Levantamientos con Instrumentos Tradicionales..... | 30   |
| 2.1.6 Levantamiento Topográfico con Dron.....            | 31   |
| 2.1.7 Fotogrametría.....                                 | 38   |
| 2.1.8 Procesamiento Digital de Imágenes.....             | 39   |
| 2.1.9 Georreferenciación.....                            | 40   |
| 2.2 Marco Teórico .....                                  | 41   |
| 2.3 Marco Legal.....                                     | 44   |
| 2.3.1 Constitución Política.....                         | 44   |
| 2.3.2 Ley 80 de 1993.....                                | 44   |



|        |                                                                                              |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.3  | Ley 489 de 1998.....                                                                         | 44 |
| 2.3.4  | Ley 678 de 2001 artículo 2 .....                                                             | 44 |
| 2.3.5  | Ley 734 de 2002.....                                                                         | 45 |
| 2.3.6  | Ley 1952 de 2019.....                                                                        | 45 |
| 2.3.7  | Ley 1150 de 2007.....                                                                        | 45 |
| 2.3.9  | Ley 1476 de 2011.....                                                                        | 45 |
| 2.3.10 | Decreto 103 de 2015 .....                                                                    | 46 |
| 2.3.11 | Ley 1978 de 2019.....                                                                        | 46 |
| 2.3.12 | Decreto 1082 de 2015 .....                                                                   | 46 |
| 2.3.13 | Decreto 1064 de 2020 .....                                                                   | 46 |
| 2.3.14 | Decreto 1065 de 2020 .....                                                                   | 46 |
| 2.3.15 | Ley 1474 De 2011.....                                                                        | 47 |
| 2.4    | Antecedentes y Estados del Arte .....                                                        | 47 |
| 2.4.1  | Antecedentes Internacionales.....                                                            | 47 |
| 2.4.2  | Antecedentes Nacionales .....                                                                | 49 |
| 3.     | Método .....                                                                                 | 52 |
|        | Fases y Actividades Específicas del Proyecto.....                                            | 52 |
| 3.1    | Fase I: Identificación de herramientas del vehículo aéreo .....                              | 52 |
| 3.2    | Fase II: Determinación de las actividades de seguimiento.....                                | 53 |
| 3.3    | Fase III: Aplicación de la metodología de seguimiento .....                                  | 53 |
| 3.4    | Fase IV: Análisis de los resultados obtenidos conclusiones y formulación del documento ..... | 54 |

|       |                                                                    |     |
|-------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.    | Resultados .....                                                   | 55  |
| 4.1   | Localización y ubicación del proyecto .....                        | 55  |
| 4.2   | Análisis y comparación del levantamiento con Dron y con GNSS ..... | 58  |
| 4.2.1 | Topografía convencional: .....                                     | 59  |
| 4.2.2 | Topografía mediante Dron .....                                     | 68  |
| 4.3   | Proceso Constructivo .....                                         | 118 |
| 4.4   | Funciones de la Interventoría .....                                | 122 |
| 4.5   | Interventoría Tradicional .....                                    | 124 |
| 4.6   | Análisis de datos .....                                            | 149 |
| 4.6.1 | Evaluación de costos de interventoría.....                         | 149 |
| 4.6.2 | Funcionalidad:.....                                                | 154 |
| 4.6.3 | Rendimiento:.....                                                  | 155 |
| 4.6.4 | Costos de los levantamientos .....                                 | 155 |
| 4.6.5 | Precisión.....                                                     | 156 |
| 5.    | Conclusiones .....                                                 | 171 |
|       | Referencias .....                                                  | 174 |

**Lista de figuras**

|                                                                                          | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Elementos de una placa huella. ....                                            | 24   |
| Figura 2. Planta de Distribución del Refuerzo en una Placa-huella. ....                  | 26   |
| Figura 3. Corte Transversal de una Placa-huella. ....                                    | 27   |
| Figura 4. Corte Longitudinal de una Placa-huella. ....                                   | 27   |
| Figura 5. Topografía con drones. ....                                                    | 32   |
| Figura 6. Análisis espacial y ciencia de datos en ArcGIS Pro. ....                       | 34   |
| Figura 7. Ejemplo de correlación en la fotogrametría ....                                | 35   |
| Figura 8. Diferencia de enfoque en una fotografía con respecto a la distancia focal .... | 36   |
| Figura 9. Relación entre distancia focal y Angulo de visión ....                         | 36   |
| Figura 10. Matriz de pixeles imagen digital ....                                         | 37   |
| Figura 11. Ubicación Municipio Mutiscua, Norte de Santander, Colombia ....               | 55   |
| Figura 12. Vía que se Intervendrá en el Proyecto ....                                    | 57   |
| Figura 13. Ubicación del proyecto. ....                                                  | 58   |
| Figura 14. Levantamiento topográfico convencional ....                                   | 64   |
| Figura 15. Puntos post procesados. ....                                                  | 65   |
| Figura 16. Plano topográfico AutoCAD ....                                                | 66   |
| Figura 17. Secciones transversales ....                                                  | 67   |
| Figura 18. Perfil topografía tradicional. ....                                           | 67   |
| Figura 19. Instalación Stonex ....                                                       | 73   |
| Figura 20. Punto de control con el Rover GNSS ....                                       | 74   |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21. Pantalla de inicio iPad .....                             | 75 |
| Figura 22. Pantalla de inicio GO FLY .....                           | 75 |
| Figura 23. Consejos de seguridad GO FLY .....                        | 76 |
| Figura 24. Alcance y datos generales del Dron .....                  | 76 |
| Figura 25. Estado de la aeronave .....                               | 77 |
| Figura 26. Calibración horizontal del Dron .....                     | 77 |
| Figura 27. Calibración vertical del Dron .....                       | 78 |
| Figura 28. Estado de la aeronave .....                               | 78 |
| Figura 29. Estado general del Dron .....                             | 79 |
| Figura 30. Alcance y datos de vuelo .....                            | 79 |
| Figura 31. Zonas Geo.....                                            | 80 |
| Figura 32. Distribución Zonas Geo.....                               | 80 |
| Figura 33. Pantalla de inicio iPad. ....                             | 81 |
| Figura 34. Pantalla de inicio del programa DJI GS Pro.....           | 81 |
| Figura 35. Inicio de sesión en el programa DJI GS Pro.....           | 82 |
| Figura 36. Misiones de DJI GS Pro.....                               | 82 |
| Figura 37. Crear nueva misión.....                                   | 83 |
| Figura 38. Crear 3D Map - Area.....                                  | 83 |
| Figura 39. Ubicación del Municipio Mutiscua .....                    | 84 |
| Figura 40. Ubicación de la vía terciaria Las Minas – La Laguna ..... | 84 |
| Figura 41. Plan de vuelo .....                                       | 85 |
| Figura 42. Plan de vuelo en ajuste .....                             | 85 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 43. Plan de vuelo ajustada .....                                     | 86 |
| Figura 44. Plan de vuelo con puntos ajustados .....                         | 86 |
| Figura 45. Configuración datos avanzados .....                              | 87 |
| Figura 46. Datos generales del plan de vuelo .....                          | 88 |
| Figura 47. Cuadro de dialogo de preparación para el vuelo .....             | 89 |
| Figura 48. Levantamiento topográfico mediante Dron.....                     | 90 |
| Figura 49. Fotografías tomadas.....                                         | 91 |
| Figura 50. Pantalla de inicio Agisoft Metashape. ....                       | 91 |
| Figura 51. Herramienta añadir carpeta Agisoft Metashape. ....               | 92 |
| Figura 52. Función referencia Agisoft Metashape.....                        | 92 |
| Figura 53. Cuadro de diálogo para convertir referencias.....                | 93 |
| Figura 54. Coordenadas de los puntos de control. ....                       | 93 |
| Figura 55. Herramienta para orientar fotos.....                             | 94 |
| Figura 56. Georreferenciación de fotos. ....                                | 94 |
| Figura 57. Herramienta crear nube de puntos densa.....                      | 95 |
| Figura 58. Cuadro diálogo para crear nube de puntos densa. ....             | 95 |
| Figura 59. Herramienta crear malla. ....                                    | 96 |
| Figura 60. Cuadro diálogo para crear malla.....                             | 96 |
| Figura 61. Herramienta para crear el modelo digital de elevaciones.....     | 97 |
| Figura 62. Cuadro de diálogo para crear modelo digital de elevaciones. .... | 97 |
| Figura 63. Herramienta para crear ortomosaico. ....                         | 98 |
| Figura 64. cuadro de diálogo para crear Ortomosaico.....                    | 98 |

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 65. Herramienta para crear textura. ....                   | 99  |
| Figura 66. Cuadro de diálogo para crear textura.....              | 99  |
| Figura 67. Herramienta para crear modelo de teselas.....          | 100 |
| Figura 68. Cuadro de diálogo para crear modelo de teselas. ....   | 100 |
| Figura 69. Ortofoto vuelo inicial .....                           | 101 |
| Figura 70. Ortofoto vuelo final .....                             | 102 |
| Figura 71. Datos vuelo inicial.....                               | 103 |
| Figura 72. Datos del levantamiento vuelo inicial. ....            | 103 |
| Figura 73. Posiciones de cámaras vuelo inicial. ....              | 104 |
| Figura 74. Calibración de cámara vuelo inicial. ....              | 104 |
| Figura 75. Datos del levantamiento del vuelo final .....          | 105 |
| Figura 76. Posiciones de cámaras vuelo fotogramétrico final ..... | 105 |
| Figura 77. Calibración de cámara vuelo final .....                | 106 |
| Figura 78. Pantalla de inicio ArcGIS Pro. ....                    | 107 |
| Figura 79. Herramienta mapa base. ....                            | 107 |
| Figura 80. Sistema de coordenadas.....                            | 108 |
| Figura 81. Archivo de la ortofoto. ....                           | 108 |
| Figura 82. Ortofoto vuelo final. ....                             | 109 |
| Figura 83. Archivo MDE. ....                                      | 109 |
| Figura 84. Modelo digital de elevaciones. ....                    | 110 |
| Figura 85. Archivo polígono.....                                  | 110 |
| Figura 86. Geoprocesamiento de la ortofoto.....                   | 111 |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 87. Simbología ortofoto.....                                                    | 111 |
| Figura 88. Simbología ortofoto menú de Alpha. ....                                     | 112 |
| Figura 89. Opción Custom.....                                                          | 112 |
| Figura 90. Ortofoto georreferenciada. ....                                             | 113 |
| Figura 91. Herramienta 3D Analys Tools.....                                            | 113 |
| Figura 92. Contorno de la ortofoto. ....                                               | 114 |
| Figura 93. Curvas de nivel de la vía en estudio. ....                                  | 114 |
| Figura 94. Herramienta Cartography Tools.....                                          | 115 |
| Figura 95. Herramienta Smooth line.....                                                | 115 |
| Figura 96. Herramienta Smooth line.....                                                | 116 |
| Figura 97. Curvas de nivel suavizadas cada metro de la vía en estudio. ....            | 116 |
| Figura 98. Ortofoto en AutoCAD .....                                                   | 117 |
| Figura 99. Registro fotográfico de actividades realizadas 25 de octubre .....          | 126 |
| Figura 100. Registro fotográfico de actividades realizadas 26 de octubre .....         | 128 |
| Figura 101. Registro fotográfico de actividades realizadas 27 de octubre .....         | 129 |
| Figura 102. Registro fotográfico de actividades realizadas 28 de octubre .....         | 130 |
| Figura 103. Registro fotográfico de actividades realizadas 29 de octubre .....         | 131 |
| Figura 104. Registro fotográfico de actividades realizadas 30 de octubre .....         | 132 |
| Figura 105. Registro fotográfico de actividades realizadas 1 de noviembre .....        | 135 |
| Figura 106. Registro fotográfico de actividades realizadas 8 al 13 de noviembre .....  | 137 |
| Figura 107. Registro fotográfico de actividades realizadas 15 al 20 de noviembre ..... | 140 |
| Figura 108. Registro fotográfico de actividades realizadas 22 al 27 de noviembre ..... | 143 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 109. Registro fotográfico de actividades realizadas 29 nov al 5 de diciembre ..... | 146 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|



**Lista de tablas**

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Tramo Las Minas – La Laguna, Mutiscua.....                                               | 57  |
| Tabla 2. Herramientas supervisión Topografía convencional .....                                   | 60  |
| Tabla 3. Herramientas supervisión técnica mediante Dron .....                                     | 69  |
| Tabla 4. Informe semanal de Interventoría Interplaca .....                                        | 147 |
| Tabla 5. Análisis presupuesto interventoría tradicional.....                                      | 151 |
| Tabla 6. Análisis presupuesto interventoría con dron.....                                         | 152 |
| Tabla 7. Diferencia de tiempo de un levantamiento con Dron y con GNSS .....                       | 155 |
| Tabla 8. Diferencia de costos de un levantamiento con Dron y con GNSS .....                       | 156 |
| Tabla 9. Memoria de cantidad conformación de la subrasante tradicional.....                       | 157 |
| Tabla 10. Memoria de cantidad conformación de la subrasante con Dron.....                         | 158 |
| Tabla 11. Memoria de cantidad suministro e instalación de subbase granular tradicional.....       | 159 |
| Tabla 12. Memoria de cantidad suministro e instalación de subbase granular con Dron.....          | 160 |
| Tabla 13. Memoria de cantidad de bordillo en concreto tradicional .....                           | 161 |
| Tabla 14. Memoria de cantidad de bordillo en concreto con Dron .....                              | 162 |
| Tabla 15. Memoria de cantidad suministro e instalación de concreta piedra pegada tradicional..... | 163 |
| Tabla 16. Memoria de cantidad suministro e instalación de concreta piedra pegada con Dron. ....   | 164 |
| Tabla 17. Memoria de cantidad concreto de berma cuneta tradicional .....                          | 165 |
| Tabla 18. Memoria de cantidad concreto de berma cuneta con Dron .....                             | 166 |
| Tabla 19. Memoria de cantidad concreto para placa huella tradicional .....                        | 167 |
| Tabla 20. Memoria de cantidad concreto para placa huella con Dron.....                            | 168 |
| Tabla 21. Comparación de cantidades .....                                                         | 169 |

|                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 22. Porcentaje de variación entre cantidades mediante el levantamiento convencional y levantamiento con Dron..... | 170 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**Lista de aprendices**

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Apendice 1. Informe de ortofoto.....                    | 178 |
| Apendice 2. Planos de topografía. ....                  | 188 |
| Apendice 3. Plano en planta ortofoto y topografía ..... | 203 |

## **Glosario**

### *Acta*

Documento donde se describe un evento del contrato o lo tratado en una reunión, dejando constancia de los compromisos y tareas pactadas e indicando el responsable de cada una de ellas.

### *Fotogrametría*

Es una técnica de medición de coordenadas 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición.

### *Interventor*

Persona natural o jurídica contratada por el estado para realizar la interventoría a los contratos de obra.

### *Interventoría*

Seguimiento y control del cumplimiento del contrato de obra realizado por una persona natural o jurídica contratada para tal fin por el Estado.

### *MAGNA-SIRGAS*

Sistema de referencia geodésico usado en la zona Colombia-Bogotá.

### *MDE*

Modelos de elevación digital.

### *Monitoreo de Obra*

Es un sistema que verifica si las actividades se están llevando a cabo según lo planeado.

*Nubes de puntos 3D*

Se refiere a un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, y Z y son representaciones de la superficie externa de un objeto.

*Obras Civiles*

Se refiere al proceso de construcción de una infraestructura en general.

*Ortofoto*

Imagen fotográfica del terreno con proyección ortogonal, esta proyección permite que se eliminen las distorsiones planimétricas dadas por la inclinación de la cámara y por el desplazamiento que se da debido al relieve, dicha imagen da origen después de un respectivo procesamiento a mosaicos de cualquier plano seleccionado.

*Planeación*

Determinación de lo que se pretende realizar, incluyendo las estrategias que posibilitan alcanzar una meta específica anteriormente planteada, este proceso se compone de distintos pasos fundamentales, tales como, análisis de la situación problema, descripción de los objetivos, definición de la metodología, procedimientos y demás actividades que ejecutadas permiten obtener la meta establecida.

*Programa de Obra*

Representación gráfica de las metas físicas mediante la cual el Contratista organiza cronológicamente en forma detallada y secuencial cada una de las actividades que hacen parte del proceso constructivo de la obra, dentro del plazo establecido. Este programa es la base para la elaboración del Programa de Inversiones.

### **Resumen**

El presente trabajo contiene el desarrollo de una alternativa para el seguimiento, control y supervisión de la construcción de una placa huella en concreto mediante el uso de vehículo no tripulado, con el propósito de comparar el desempeño, costo y precisión en relación con la interventoría tradicional. Para la ejecución de este alcance se utilizó un Dron Mavic 2 Pro, varios softwares para el procesamiento digital de imágenes como fue Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCAD e información del proceso constructivo de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua. El proyecto ejecutado es de un enfoque tipo aplicado e investigativo, toda vez por los datos extraídos han sido cuantitativo y comparados con nuevas metodologías innovadoras de control de cantidades de obra. Por tanto, el método propuesto género como resultado, que la realización de actividades de interventoría por medio del uso del dron podría tener una buena relación costo-beneficio, ya que existe una reducción de 16% de los costos en comparación de una interventoría tradicional.

*Palabras Clave: Interventoría, dron, ortofoto, costo, seguimiento, control*

### **Abstract**

The present work contains the development of an alternative for the monitoring, control and supervision of the construction of a concrete footprint plate through the use of an unmanned vehicle, with the purpose of comparing the performance, cost and precision in relation to the traditional intervention. For the execution of this scope, a Mavic 2 Pro Drone was obtained, several software for digital image processing such as Agisoft Metashape, ArcGIS Pro and AutoCAD and information on the construction process of the concrete footprint plate of the Las Minas - La tertiary road. Lagoon in the section between K0+000 to K0+123 of the Municipality of Mutiscua. The executed project is of a type of applied and investigative approach, every time due to the extracted data they have been quantitative and compared with new innovative methodologies for the control of quantities of work. Therefore, the proposed method generates as a result, that carrying out audit activities through the use of the drone could have a good cost-benefit ratio, since there is a 16% reduction in costs compared to a traditional audit.

*Key Word: Audit, drone, orthophoto, cost, monitoring, control*

## **Introducción**

Colombia es uno de los países más atrasados en materia de infraestructura vial, lo que afecta el progreso y desarrollo del país, debido al mal estado y deterioro de las vías quien a su vez genera tanto malas condiciones en el transporte de carga de los productos y su sobre costo, como dificultad en la movilidad de los habitantes. Por su parte, las vías terciarias del departamento Norte de Santander presentan falta de mantenimiento, atención y rehabilitación, así como la ausencia de sistemas de drenaje atrasando el crecimiento y desarrollo económico a nivel local. Adicionalmente, por ser zona fronteriza ha habido en los últimos años un posicionamiento de los grupos armados lo cual ha generado conflictos que alteran el orden público y generan un riesgo para acceder a estas zonas que son alejadas del casco urbano. Es por esto que las vías terciarias han sido foco de atención por parte del gobierno departamental quienes hoy día realizan inversiones considerables en el mejoramiento de la red vial terciaria, facilitando el acceso a las zonas rurales para el fortalecimiento del comercio de productos agrícolas al casco urbano y la transitabilidad de las personas.

Por otra parte, los funcionarios públicos que realizan la supervisión de obras de construcción de vías terciarias, tiene retos cada día mayores, ya que el seguimiento y control es de suma importancia para la optimización de los recursos, por lo que su deber es garantizar la realización de la obras en conformidad a lo dispuesto en planos y especificaciones, así como el correcto uso del presupuesto y el cumplimiento del cronograma en tiempo y actividades, con el propósito de mantener la calidad de las estructuras en el proceso constructivo. En los términos expresados en la Ley 80 de 1993 y el Estatuto Anticorrupción, todas aquellas Entidades Estatales, servidores públicos, contratistas e interventores “que intervienen en la celebración, ejecución y liquidación



del contrato estatal son responsable por sus actuaciones y omisiones y en consecuencia responden civil, física, penal y disciplinariamente por las faltas que cometan en ejercicio de sus funciones”.

La interventoría tradicional desde el punto de vista financiero y el uso de recursos dispone de considerables gastos en cuanto al aseguramiento del equipo de profesionales, transportes, estadía llegada el caso, así mismo la exposición a riesgos en accidentes de tránsito por el traslado al sitio de ejecución, ya que en la mayoría de las veces son áreas de difícil acceso, por accidentes en obra y riesgos por condiciones topográficas o de orden público.

Para evitarlo, el presente proyecto diseña una metodología de seguimiento y control de una obra civil usando como instrumento tecnológico base un Dron Mavic 2PRO, mediante la realización de vuelos aéreos no tripulados que permiten llevar un registro de avance de obra por medio de imágenes, las cuales serán procesadas en el software Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCAD, creando modelos digitales de elevación para obtener datos geométricos de las actividades ejecutadas, estudio que permitirá conocer qué tan eficiente es la interventoría por medio de los modelos digitales obtenidos con drones y la interventoría tradicional para el diseño de una placa huella, teniendo en cuenta su precisión, eficiencia y tiempo de adquisición y post proceso de la información en las actividades de construcción como lo son; la conformación de la subrasante, instalación de base granular e instalación de concreto hidráulico para la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 y el K0+123 del municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Diseñar una Metodología alternativa para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de Dron para la construcción de la placa huella en concreto Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del municipio de Mutiscua, Norte de Santander, con el propósito de crear una alternativa que pueda de reducir costo y limitaciones de la interventoría.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Identificar las particularidades generales y las herramientas necesarias para que el vehículo aéreo pueda facilitar las labores de supervisión técnica teniendo en cuenta las condiciones del fabricante del Dron y los parámetros de la aplicación DJI GO 4.

Determinar el proceso constructivo de las actividades de conformación de subrasante e instalación de subbase y concreto hidráulico, que serán sometidas al seguimiento y control por medio del vehículo aéreo teniendo en cuenta la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella de INVIAS 2017.

Formular una metodología para la supervisión técnica mediante el uso del dron sobre la vía terciaria a las actividades de conformación de subrasante e instalación de subbase y concreto hidráulico, en busca de mejoras el control y seguimiento de la construcción.

Analizar los resultados del seguimiento aéreo y de la interventoría tradicional, para determinar la eficiencia de la metodología que podría ser una alternativa para mejorar la supervisión de vías

terciarias en zona de difícil acceso y limitaciones de un control permanente del proceso constructivo.

## **2. Marco Referencial**

### **2.1 Marco Conceptual**

#### **2.1.1 Vías Terciarias**

Las vías terciarias “Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí” (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008), cuando estas vías tienen un ancho de calzada menor o igual a seis metros con 15.000 habitantes o menos, su volumen de tránsito se estima igual o inferior a 150 vehículos por día. Las pendientes máximas de las vías terciarias se diseñan de acuerdo con velocidades, entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20-60 km/h).

En las vías terciarias, cuando se trata de terrenos montañosos y escarpados, “es difícil disponer de longitudes de entre tangencia amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de seis por ciento (6%)”. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008).

En las vías terciarias es necesario minimizar los movimientos de tierra, su superficie de rodadura en la mayoría de las veces es pobre. Cada una de las medidas para la construcción de la misma debe diseñarse con referencia a las especificaciones geométricas del Manual de Diseño Geométrico de Invias que se encuentre vigente. El mal estado de estas vías hace que se tornen intransitables, existen tramos con restricción total del tránsito por falta de mantenimiento, esos factores influyen en la intercomunicación de la población rural, generando accidentes, demora en los tiempos de viaje, difícil acceso a centros de salud, incremento en los costos de transporte de

carga y pasajeros, reducción de la productividad que comercializa el municipio, aumentando su costo.

Por todo esto, es fundamental para Colombia el desarrollo social y productivo que se obtiene con la construcción de estas vías terciarias, dichas corresponden al “67% de la malla vial total de Colombia con una extensión de 142.284 kilómetros, de los cuales 27.577 están a cargo del INVIAS, 100.748 a cargo de los municipios y 13.959 a cargo de los departamentos”. (Correa, 2017)

### 2.1.2 Placa Huella

La placa huella es un elemento estructural usado en la red vial terciaria, consta de placas en concreto reforzado con acero longitudinal y transversal, placas en concreto ciclópeo con tamaño de roca máximo de diez pulgadas, una viga riostra ubicada transversalmente en concreto reforzado, y la berma o cuneta de concreto reforzado cuya función es drenar las aguas de escorrentía y residuales.

**Figura 1.** *Elementos de una placa huella.*



Para el correcto funcionamiento y desempeño de una placa huella es necesario diseñar con las especificaciones del INVIAS, seguidamente realizar en su construcción un seguimiento en el suministro y calidad de los materiales, la colocación, vibrado, curado, acabados y demás actividades del proceso constructivo, así como el correcto uso del presupuesto para que las metas y objetivos propuestos en cada proyecto sean ejecutados de la forma planteada en el diseño.

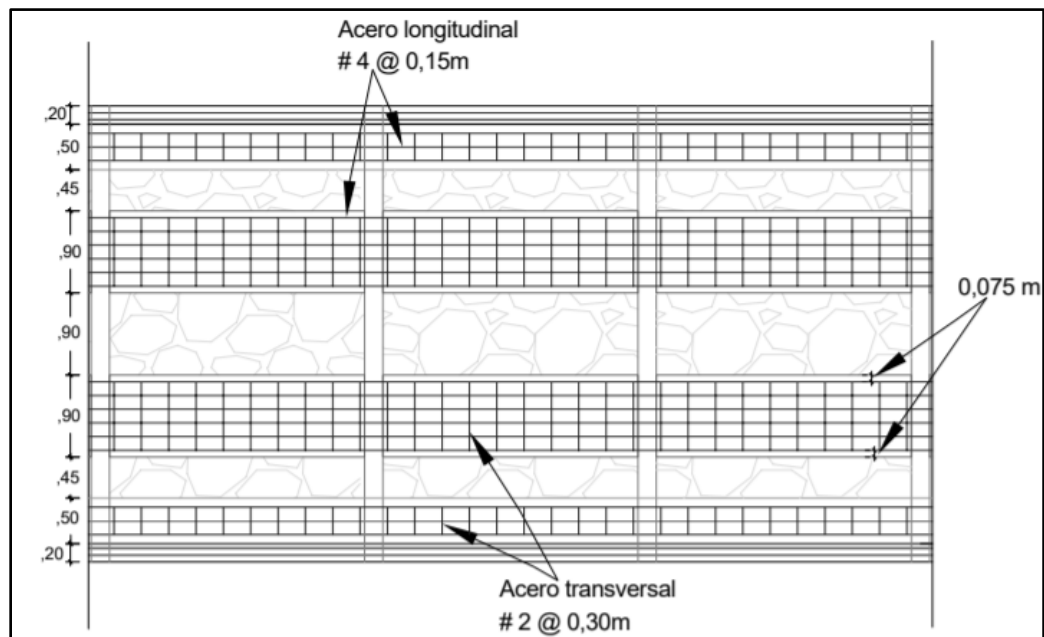
#### **2.1.2.1 Dimensiones** (Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, 2017)

- Placa huella: Longitud máxima de dos metros ochenta (2,80m) y mínima de un metro (1,00m), el ancho de la placa puede tener tres valores, tales son, noventa centímetros (0,90m), un metro con treinta y cinco centímetros (1,35m) y un metro con ochenta centímetros (1,80m), espesor de la placa de quince centímetros (0,15m) este espesor es igual para todos los tamaños de placa-huella, refuerzo longitudinal de una varilla número 4 ubicadas cada quince centímetros (1#4@0,15), el refuerzo transversal de una varilla número 2 cada treinta centímetros (1#2@0,30) y la longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 de mínimo seis centímetros (0.6m).
- Riostra: Ancho de veinte centímetros (0.20m), longitud máxima de un módulo de tres metros (3.0m), siendo esta medida variable ya que depende de la sección transversal de la vía.
- Concreto Ciclópeo: Proporción máxima del agregado en concreto simple del sesenta por ciento (60%) y en rocas de tamaño inferior o igual a diez pulgadas del cuarenta por ciento (40%). Espesor de la capa de quince centímetros (0.15m), ancho de nueve centímetros (0.9m).

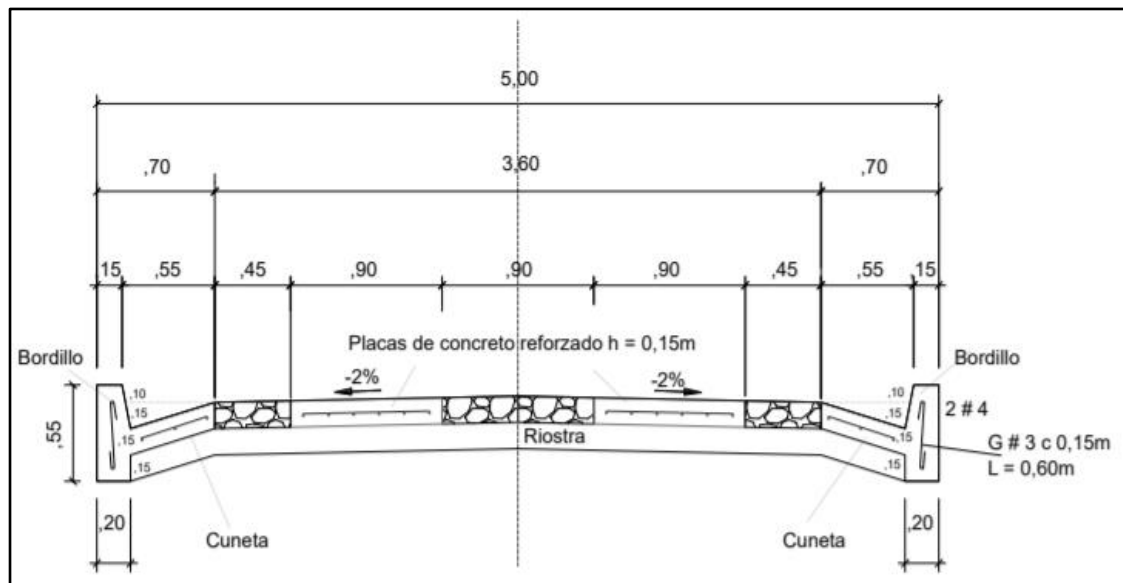
- Berma – Cuneta: Espesor variable y dependiente de la sección transversal de la vía.

En cuanto al esquema en planta, perfil y detalles, el acero de refuerzo se debe colocar en la mitad del espesor de la placa-huella, lo que implica un recubrimiento de siete y medio centímetros (0,075 m) tanto en la cara superior como en la inferior. (Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, 2017). En la figura 2 se muestra en planta la distribución del refuerzo tanto del acero longitudinal como el acero transversal, en la figura 3 se puede observar una sección transversal de la vía en donde se puede visualizar los elementos que la conforman junto con sus medidas correspondientes y en la figura 4 un corte longitudinal de la misma, con las respectivas medidas especificadas anteriormente según el INVIAS.

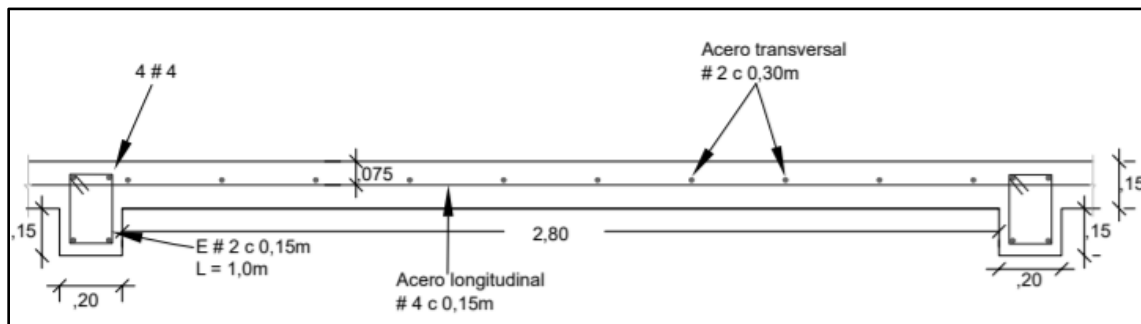
**Figura 2.** Planta de Distribución del Refuerzo en una Placa-huella.



Adaptado de Instituto Nacional de Vías (2017). Guía de diseño de pavimentos de placa huella.

**Figura 3.** Corte Transversal de una Placa-huella.

Adaptado de Instituto Nacional de Vías (2017). Guía de diseño de pavimentos de placa huella.

**Figura 4.** Corte Longitudinal de una Placa-huella.

Adaptado de Instituto Nacional de Vías (2017). Guía de diseño de pavimentos de placa huella.

Adicionalmente, estas vías cuentan con un periodo de diseño de 20 años en condiciones óptimas de servicio según la norma INVIAS.

La construcción de toda obra de infraestructura requiere de procedimientos para su ejecución que se realizan de forma consecutiva en el tiempo. A continuación, se detallan los procesos de construcción de una placa huella: Se inicia con localización y replanteo, en donde se ubica el

área de construcción y de todos los puntos, alineaciones, rasantes, curvas y niveles que se han establecido en los planos del proyecto de obra vial de la construcción de la placa huella.

Seguidamente el cerramiento, siendo este el proceso donde se delimita y adecua el área de construcción mediante telas, paneles metálicos u otro material para impedir el acceso a personas exentas a la obra. Se continua con la demolición de obras existentes retirando las especies vegetales, cercas de alambre, obstáculos, ductos de servicios existentes, traslado de postes y torres y demás elementos que estén obstruyendo la vía, de igual forma, preparación del terreno, limpieza y adecuamiento. “Los escombros resultantes de estas demoliciones, se deberán retirar cada día de las zonas por donde circulen vehículos o peatones. Bajo ningún motivo, se podrán dejar en forma definitiva los escombros resultantes. Se podrán almacenar en forma parcial y temporal, hasta completar viajes, momento en el cual deberán ser retirados”. (Liz & Rugeles, 2018).

Sucesivamente se realizan los rellenos y excavaciones necesarios para obtener el nivel de diseño, se procede entonces a la conformación de la subrasante, verificando la calidad de los materiales a usar, ya que con resultados menores al 3% del ensayo de soporte del suelo en el laboratorio se denominan suelos blandos caracterizados como baja calidad para una subrasante. Con base a ello, si se presentan suelos de esta característica es necesario que se realice una estabilización o mejoramiento del suelo antes de continuar. Luego se realiza el suministro, colocación y compactación de la subbase granular hasta completar el espesor de 15cm, así como la colocación de formaletas y aceros de refuerzo, el vaciado de placa huella en concreto y del concreto ciclópeo y, por último, la adecuación de obras de drenaje (berma – cuneta).



### **2.1.3 Interventoría de Obras**

Ente responsable del seguimiento óptimo y control técnico, administrativo, judicial y financiero de un contrato, quien garantiza que el contratista cumpla con las especificaciones dadas en el objeto de obra. El supervisor encargado debe coordinar la ejecución de la obra, velando por el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos, llevando un control del suministro y calidad de los materiales, colocación adecuada e inspección de los equipos, entre otros. Así mismo, es el encargado de la documentación en la elaboración, suscripción y radicación oportuna de las actas requeridas, todo esto permitiendo que el contrato se ejecute correctamente.

### **2.1.4 Levantamiento Topográfico de Obras**

La topografía es fundamental en la ingeniería civil. Se basa en actividades ejecutadas en campo con el fin de obtener información necesaria que permita determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, básicamente en geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y otros temas matemáticos.

Ampliando el termino, la topografía es una representación gráfica del área delimitada para la construcción de determinada obra de infraestructura, siendo esta, lo más cercana posible a la realidad. Puede definirse en dos procesos: planimetría y altimetría. La planimetría es el estudio de las técnicas y métodos que permiten representar a escala las especificaciones de un terreno sobre una superficie plana, excepto del relieve y la altitud, obteniendo por ello una representación en dirección horizontal. Conjuntamente, la altimetría se ocupa de medir las alturas del terreno en relación a un plano de referencia, esta altura es llamada “cota”. Por consiguiente, la altimetría permite la representación del relieve del terreno en estudio.

Considerando que la determinación de las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra se basa esencialmente en tres elementos del espacio. Dichos elementos pueden ser: “dos distancias y una elevación, o bien una distancia, una dirección y una elevación”. (Franquet & Querol, 2010)

La identificación del área del terreno en estudio se ubica mediante coordenadas, tales como, latitud, longitud y elevación también llamada cota. De este modo, el resultado del levantamiento de obra es de vital importancia para cualquier proyecto, ya que permite trazar mapas o planos de área logrando el avance y realización del mismo.

### **2.1.5 Levantamientos con Instrumentos Tradicionales**

Para realizar un levantamiento topográfico, se debe conocer la finalidad que tendrá el mismo, conocer el mapa topográfico del terreno en estudio seleccionando el método a utilizar y los instrumentos en este caso clásicos como: Teodolito mecánico, plomada, brújula, declinatoria, jalones, eclímetro, entre otros. También los instrumentos automatizados tradicionales como: Estación total, GPS, nivel laser, wincha laser, planímetro digital.

Seguidamente se realiza el trabajo de campo, haciendo un señalamiento de puntos para marcar linderos y guiar el trabajo de construcción sobre el área a ejecutar, con el registro de las medidas de campo se elaboran los cálculos y con ellos se traza el plano.

“Los mapas o cartas topográficas son el resultado de una proyección cartográfica, las cuales son transformaciones matemáticas que permiten representar (proyectar) a la esfera en el plano, y convertir las coordenadas geográficas (latitud y longitud) en coordenadas cartesianas (X y Y). Este proceso conlleva distorsiones de la

superficie original en tres dimensiones, al convertirse a una superficie plana de dos dimensiones”. (Serafino, 2018)

Los planos obtenidos como resultado del levantamiento de obra al igual que las demás actividades anteriormente mencionadas se realizan en conjunto al lineamiento establecido en el cronograma. Es preciso considerar la distancia desde el meridiano de tangencia inmediatamente se lea una carta. Esto debido a la Dilatación Lineal Cartográfica (ecuación 1), la cual es “una deformación de la proyección cartográfica manifestada en un cambio gradual de la “escala” a medida que nos alejamos del centro de la faja”. (Serafino, 2018)

**Ecuación 1.** *Ecuación de la dilatación cartográfica.*

$$m = \frac{1 + Y^2}{2N^2(1 + \eta^2) + \dots}$$

Adaptado de Universidad Nacional de San Juan (Serafino, 2018).

Donde:

“Y” distancia dada desde el meridiano central de la faja.

“N” radio de curvatura superior al radio terrestre “R”.

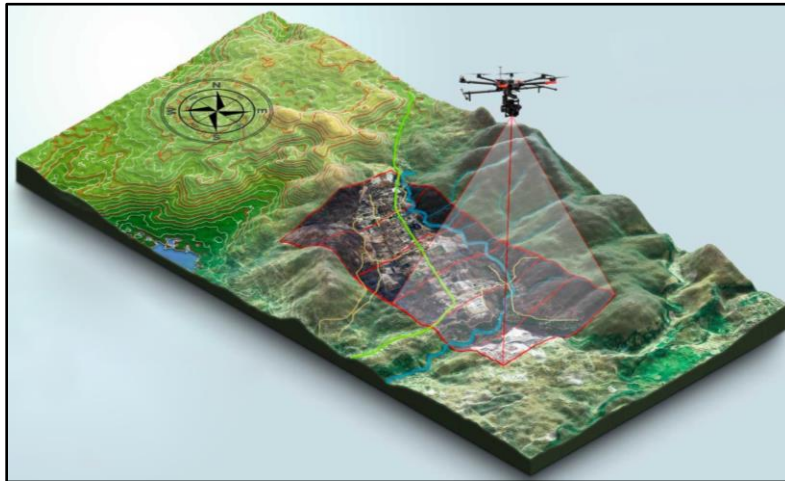
$\eta = e' \cos \theta$  es pequeño y para distancias cortas se puede despreciar, como así también los siguientes términos de orden superior por la misma razón.

### 2.1.6 Levantamiento Topográfico con Dron

El vuelo aéreo se basa en el uso de un Dron (vehículo aéreo no tripulado), que captura imágenes con cámaras verticales a establecida altura y velocidad constante en un área determinada. Con trayectorias paralelas entre si durante su recorrido, las imágenes serán tomadas

con traslapes zona común a éstas (zona de solape) en su imagen inmediatamente anterior que permitirán la reconstrucción del terreno.

**Figura 5.** *Topografía con drones.*



Adaptado de Topografía con drones: qué es y cómo realizarla - ARQUIDRON.

El levantamiento con drones es un avance en el desarrollo de la ingeniería y tecnología en general, este instrumento representa un apoyo, en vista de que se realiza en menor tiempo, con gran precisión y un costo inferior a un levantamiento topográfico tradicional según estudio realizado en la Universidad Santiago de Cali.

El uso de Drones en la topografía proporciona información gráfica en 3D debido a sus cámaras de última generación, mayor resolución y calidad del área en estudio y de sus alrededores. Además, captura un mayor número de puntos garantizando una planimetría y altimetría más detallada.

El levantamiento con drones se realiza a partir de imágenes aéreas cuyo objetivo principal es usar los datos bidimensionales obteniendo con ellos información cartográfica. Es importante

capturar suficientes imágenes, incluso fuera del borde definido para obtener una veraz reconstrucción de los datos.

“Para obtener esa extra de información se realiza un solapamiento entre imágenes consecutivas (overlap), para esto el piloto del UAV debe planificar ruta o misión de manera que en cada imagen este un elemento, que también aparece en la imagen anterior, posterior y en las venideras”. (Aerial Insights, 2019).

En la actualidad existen gran variedad de software que procesan las imágenes tomadas por el Dron, transfiriendo los datos en alta calidad y precisión. Estos son: Agisoft Metashape cuyo software fotogramétrico cuyas imágenes digitales tomadas en campo elaboran nubes de puntos densas y texturadas, realizando orto mosaicos en 3D a partir de una colección de imágenes.

De igual forma ArcGIS Pro “Aplicación SIG de escritorio para crear y trabajar con datos espaciales, proporciona herramientas para visualizar, analizar, compilar y compartir datos en entornos 2D y 3D”. (Morales, 2020) Una de las características de ArcGIS Pro cumple la función de importar archivos en MXD en “proyectos”. Por medio de los cuales se puede organizar las carpetas en mapas, presentaciones, tareas, cajas de herramientas, estilos, conexiones a base de datos y carpetas.

Por último, AutoCAD refiriéndose a un software de diseño asistido por computadora (CAD) que permite crear dibujos en 2D y 3D.

**Figura 6.** *Análisis espacial y ciencia de datos en ArcGIS Pro.*



Adaptado de Plataforma de representación cartográfica y análisis ArcGIS Pro.

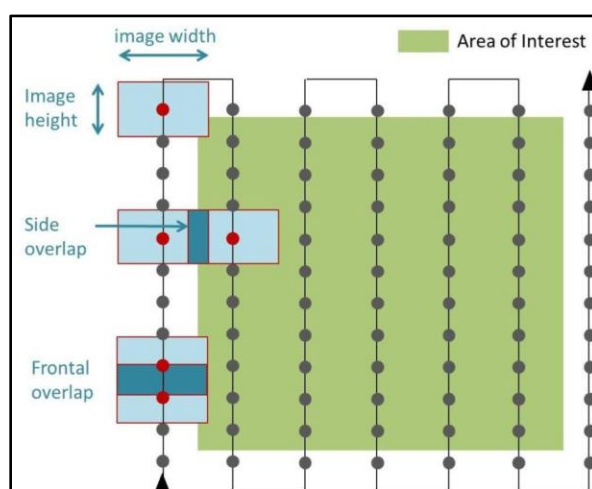
#### **2.1.6.1 Zona de correlación**

El vuelo aéreo realizado por un Dron se eleva a una altura absoluta de vuelo previamente establecida que depende esencialmente de la escala deseada y la distancia focal de la cámara. Al mismo tiempo depende del parámetro de “correlación”, esto hace referencia a los traslajos que debe tener cada imagen capturada, es decir, cada imagen debe tener un área en común con la anteriormente tomada. La correlación en una imagen en campo que, a partir de imágenes tomadas durante los vuelos, se puedan evaluar los desplazamientos y deformaciones producidas. Este procesamiento digital de imágenes se hace en la figura bidimensional mediante computación digital.

Es necesario que durante el vuelo se conserve una altura establecida y velocidad constante, que han sido previamente programadas, todo esto permite que las tomas puedan realizarse en intervalos regulares y con la obtención de recorridos iguales, garantizando un mayor solapamiento entre las imágenes.

Cada fotografía tiene una parte en común con la anterior, a la que llamamos zona de “correlación” expresándose en porcentaje de la superficie de la foto con el fin de que el software pueda reconocer puntos homólogos y generar eficientes resultados. “Para obtener unos excelentes resultados hay que garantizar que el recubrimiento longitudinal sea mayor del 80% y el recubrimiento transversal mayor al 60%”. (García et al., 2019)

**Figura 7.** Ejemplo de correlación en la fotogrametría



Adaptado de Para qué sirve el traslape en Fotogrametría con RPAS | por Coatza Drone | Medium. (2019, Septiembre).

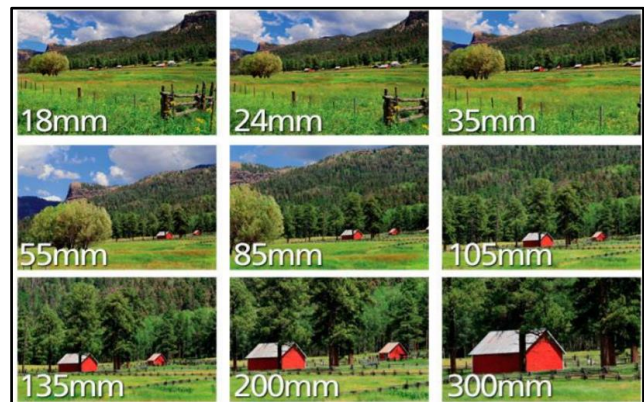
#### **2.1.6.2 Distancia Focal**

La distancia focal como muchos piensan no es la distancia real de un lente, sino que es “un cálculo de la distancia óptica desde el punto en donde los rayos convergen hasta formar una imagen nítida de un objeto para el sensor digital de la película en el plano focal de la cámara”. (Nikon inc., 2017). Cuya distancia indica el ángulo de visión de la fotografía.

A mayor distancia focal, menor será el ángulo de visión, pero su aumento será mayor. Por el contrario, a menor distancia focal, mayor ángulo de visión y menor aumento. La figura 8 indica una fotografía con diferencia de enfoque respecto a la distancia focal, es decir distancias focales

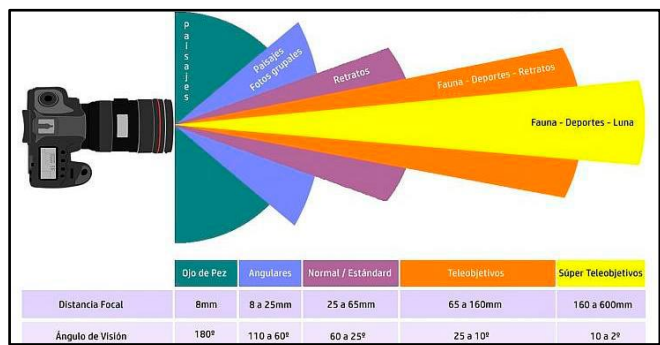
de diferentes medidas, corta y largas, junto con su alcance en ángulo de visión. La figura 9 muestra la relación entre distancia focal y ángulo de visión.

**Figura 8.** Diferencia de enfoque en una fotografía con respecto a la distancia focal



Adaptado de Nikon inc., 2017

**Figura 9.** Relación entre distancia focal y Angulo de visión



Adaptado de Silvia, 2016

**2.1.6.3 Pixel**

“Es la unidad más pequeña de los elementos pictóricos que constituyen una imagen digital, siendo una proyección del espectro de colores. Por lo general, se cree que los píxeles de color tienen componentes rojos, verdes y azules”. (Sugathan & Jaimes, 2014)



De una matriz de píxeles (figura 10) que contiene filas y columnas “se obtiene como resultado una imagen digital, la suma de todos los píxeles repartidos en las filas y columnas es su tamaño en píxeles. Entre mayor sea el número de píxeles que contenga una imagen mayor será su resolución”. (García *et al.*, 2019)

**Figura 10.** Matriz de píxeles imagen digital

El diagrama muestra una matriz de píxeles con las siguientes características:

- Una flecha horizontal hacia la derecha etiquetada como "filas" a la izquierda de la matriz.
- Una flecha vertical hacia abajo etiquetada como "columnas" encima de la matriz.
- El símbolo  $\Delta_{dc}$  ubicado encima de la matriz, indicando la distancia horizontal entre columnas.
- El símbolo  $\Delta_{df}$  ubicado a la derecha de la matriz, indicando la distancia vertical entre filas.
- La matriz contiene los siguientes píxeles:
 

|         |          |         |         |
|---------|----------|---------|---------|
| P (1.1) | P (1.2)  | P (1.3) | P (1.n) |
| P (2.1) | P (2.2)  | P (2.3) | P (2.n) |
| P (3.1) | P (3.12) | P (3.3) | P (3.n) |
| P (m,1) | P (m,2)  | P (m,3) | P (m,n) |

Adaptado de (García *et al.*, 2019)

#### 2.1.6.4 GSD

Por sus siglas en inglés (Ground Sample Distance), la distancia de muestreo del suelo es aquella distancia entre los centros de los dos píxeles medidos en el suelo, es decir, es la distancia que puede tener un píxel en el terreno. Conociendo el GSD de un proyecto es posible calcular la escala, y con la escala de un proyecto es posible conocer el GSD o distancia del píxel en el terreno.

Este término se relaciona con la altura del vuelo es por esto que entre mayor sea la altitud del vuelo, mayor valor tendrá la distancia de muestreo del suelo (GSD), medidas directamente proporcionales. De este modo, un GSD de 5 centímetros indica un píxel en la imagen de 5 centímetros lineales en el suelo. Ese mismo píxel cubre 25 centímetros cuadrados, es decir, 5 por 5 centímetros.

La altura del vuelo y las especificaciones dadas a la cámara inciden sobre el GSD, con una altura y por ende menor distancia focal, se obtendrán tomas más precisas. Sin embargo, aun cuando el vuelo se realice a una altura constante, es posible no obtener el mismo GSD causado por los desniveles del terreno y las variaciones de ángulos en la cámara. Con todo esto, el GSD se calcula promediando el mismo.

#### **2.1.6.5 Escala**

Relación entre el tamaño real de un objeto con el tamaño de la imagen. En la fotogrametría la escala es fundamental para el levantamiento con Dron, ya que es un dato que necesita ser estipulado antes o después de la ejecución del vuelo. Conociendo la escala se halla la altura apropiada para realizar el vuelo aéreo. Cuando no se ha determinado la escala es posible hallarla mediante el cálculo entre la distancia focal y la altura del vuelo.

Se considera por lo general que una fotografía es de “pequeña escala” cuando el valor del denominador es superior a 10.000 y que es de “gran escala” cuando es inferior. Así pues, con la fotogrametría se obtiene el diseño geométrico de un vuelo “en donde podemos definir parámetros como: determinación de las líneas de vuelo, determinación de la separación entre líneas de vuelo, determinación de la altura de vuelo sobre el terreno, determinación de la altura absoluta de vuelo, entre otras”. (Granados, 2018)

#### **2.1.7 Fotogrametría**

Concepto de vital importancia en la utilización del Dron, ya que, a diferencia de una cámara convencional, este instrumento funciona con los principios de la fotogrametría, tales como, distancia focal, resolución y distorsión diferentes a las cámaras métricas. Siendo una técnica de coordenadas 3D, también llamada captura de movimiento. “La fotogrametría es el proceso de

generar un modelo 3D a partir de imágenes 2D; El modelo resultante se puede escalar y usar para medir distancias entre objetos”. (Napolitano & Glisic, 2019)

Se emplea para definir las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas de corto o largo alcance, esto se consigue a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño de vías.

Según estudio la fotogrametría comprende todas las técnicas relacionadas con la realización de mediciones de objetos del mundo real y características del terreno a partir de imágenes. Estas pueden ser imágenes aéreas y terrestres, y pueden ser tomadas por cámaras de película, cámaras digitales o escáneres electrónicos en trípodes, plataformas aerotransportadas o espaciales. (James et al., 2010)

### **2.1.8 Procesamiento Digital de Imágenes**

En la actualidad, las imágenes representan un lenguaje en sí mismas. En términos generales el procesamiento digital de imágenes (PDI) se basan en una herramienta que permite resaltar información de una imagen, referente a un procesamiento digital de señales en dos o tres dimensiones (2D y 3D). Su enfoque principal es el mejoramiento en la calidad de información que se puede obtener de una imagen y el procesamiento de estos datos. “El procesamiento digital de imágenes puede extraer información útil de las imágenes y construir modelos digitales de las mismas” (Chen & Liu, 2009).

Puesto que el procesamiento digital de imágenes PDI es muy complejo y los cálculos son extensos, se realiza a través de computadoras donde se procesa el color, frecuencia, ondículas, se

lleva a cabo la restauración de las imágenes, la segmentación, representación y descripción, entre otros procesos, todo esto gracias al avance en las tecnologías del hardware y software. “El procesamiento de las imágenes se puede, en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora”. (Malacara, 2007)

La variedad actual de tecnologías y el rápido desarrollo de la misma hace que los equipos de digitalización de imágenes cada día se hagan más útiles y esenciales para la realización de cualquier proyecto, logrando convertirse gradualmente en un área de investigación científica, de allí su importancia. Todo esto favorece a que el procesamiento de imágenes cada día sea con más detalle y su visualización sea mejor en relación a color de alta-resolución.

#### **2.1.9 Georreferenciación**

“Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, de sus siglas en inglés Geographical Information System) es una herramienta indispensable para el tratamiento de datos espaciales que nos permite analizarlos y representarlos de múltiples maneras” (García, 2021). Fundamentalmente este proceso se encarga de determinar la posición de un punto en un sistema de coordenadas (latitud, longitud y altura) en el espacio.

Para georreferenciar se utilizó un equipo Stonex S980A cuyo aparato receptor está diseñado para rastrear todas las constelaciones y señales de satélite presentes GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO, QZSS e IRNSS. A través del módem 4G GSM se garantiza una conexión rápida a Internet y los módulos Bluetooth y Wi-Fi permiten un flujo de datos siempre confiable al controlador. (S980A GNSS Receiver, 2020)

Stonex es utilizado en actividades de topografía operando eficazmente, con 2cm de precisión a 30° y 5cm de precisión a 60°, obtiene puntos y realiza el levantamiento de forma rápida y no cuenta con perturbaciones electromagnéticas.

Por otra parte, el Cube-Manager Software está “Totalmente diseñado y desarrollado por el departamento de I + D de Stonex, NTRIP Caster es el software ideal para la gestión de redes GNSS NTRIP”. (Instrumentos de Ingeniería GGP S.A.S., 2019) Así mismo, el Cube Line funciona como aquella “plataforma de software completa, potente y basada en scripts para crear y aplicar modelos complejos y simulaciones de sistemas de uso de transporte terrestre” (Bentley Systems, 2022).

Todo este proceso se realiza mediante un conjunto de estaciones GNSS (sistema global de navegación por satélite) de resteo continuo, que se encuentran ubicados estratégicamente en el territorio nacional y sirven como base de referencia para los levantamientos diferenciales, porque reciben información satélite en tiempo real. Esta Red está conformada por 46 estaciones, por tanto la Antena Georreferenciadora hace parte del sistema global de navegación de satélite en Norte de Santander, Colombia.

## **2.2 Marco Teórico**

En el trabajo de Cabada (2019), en Perú realizó un análisis comparativo de los levantamientos topográficos con estación total y con Dron, el cual encontró una diferencia de 10 veces mayor precisión en este, 5 veces mayor precisión en norte y 51 veces mayor precisión en elevación, puesto que la estación total partió de coordenadas iniciales con GPS navegador y el Dron tuvo puntos de control con un GPS diferencial, demostrando que el levantamiento topográfico con Dron es más preciso.

De igual manera los resultados obtenidos del análisis de costos, pudo identificar que el levantamiento topográfico con estación total tuvo un costo de S/. 457,92 por hectárea, así mismo tratándose de 3,24 hectáreas resulta un costo total de S/. 1 483,66 y con RPA (dron) un costo de S/. 418,56 por hectárea, como se trata de la misma área resulta un costo total de S/. 1 356,14. con una diferencia de S/. 127,52 perteneciendo a un 8.59% menor que la estación total, puesto que la diferencia no es mucha al tamaño del levantamiento, sin embargo, se tratará de un proyecto más extenso la diferencia es significativa (Cabada, 2019).

Adicionalmente, en la actualidad existen trabajos sobre levantamientos de obra usando drones como lo realizó Corredor (2015), ya que Implemento de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico para rehabilitar el tramo vial Tuluá - Río frío, en el cual consistió en aplicar modelos de elevación para el diseño geométrico de 12,62 Km de una vía en rehabilitación en el departamento del Valle del Cauca. Concluyendo que el proceso permite manejar con una mayor facilidad la producción de diseños de una vía ya sea para una rehabilitación, mejoramiento o ampliación.

En la investigación de Díaz Baeza, E. (2019), realizaron el seguimiento del proceso constructivo de una vía, en el cual identificaron como era el comportamiento de la textura de la mezcla asfáltica que se estaba instalando, por tal razón, las ventajas que se presentan con el uso del dron durante el proceso constructivo de una obra vial son la posibilidad de monitorear la ejecución de la maquinaria que participa de la construcción vial y generar material visual el cual podrá ser revisado posteriormente para realizar un estudio y análisis de las etapas que puedan ser corregidos para mejorar así el proceso constructivo y la calidad de los caminos.

Por otro lado, el uso de técnicas de procesamiento digital de imágenes permitió estimar la macrotextura de la superficie expuesta del camino pavimentado, estas técnicas mezcladas con el uso del dron, ayudo a realizar observaciones de manera remota y tener estimaciones de macro textura en un post proceso corto que puede realizarse durante la etapa de pavimentación (Díaz, 2019).

Según García et al (2019). Realizaron el seguimiento constructivo de un edificio por medio de dron en Santiago de Cali, Colombia, para reducir el uso de los elementos de topografía clásicos, lo que demanda tiempo y dinero, además, de las implicaciones en el tema de seguridad del personal ajeno a la construcción. Para evitar esto, en este proyecto se implementó una metodología capaz de realizar la tarea de seguimiento de una obra civil. Se utiliza un vehículo aéreo no tripulado o dron, los cuales son pequeños aparatos voladores controlados remotamente que, en los últimos años se han convertido en una herramienta extremadamente útil en actividades que el ser humano no puede realizar o que atenten contra su integridad, encontrando que De acuerdo con los resultados obtenidos y las comparaciones realizadas con los informes de interventoría de la obra, se deduce que la metodología creada es eficiente, segura, rápida y precisa, facilitando la elaboración de informes y demás actividades de interventoría.

Así mismo Zevallos (2021), realizó una investigación en la cual hicieron levantamientos topográficos con equipos tradicionales y luego fueron comparados con la información de los sobrevuelos por dron sobre el terreno evaluado, por tanto demostraron que en los costos el uso de dron es mucho más beneficioso económico y técnicamente; del mismo modo se sostiene que la rapidez queda también demostrada y que optimiza su aplicación con mayor amplitud de varios kilómetros en corto tiempo, y la precisión garantiza una mayor confiabilidad para poder ejecutar

proyectos de ingeniería en comparación con el método tradicional del uso de estación total. Debido a la gran calidad de las orto imágenes procesadas y convertidos en nube de puntos para su procesamiento obtenido del dron.

## **2.3 Marco Legal**

### **2.3.1 Constitución Política**

Artículos. 6, 123, 124, y 209 (Responsabilidad de los servidores públicos). La Interventoría contratada tiene base jurídica en el artículo 32 de la Ley 80 de 1993 y el artículo 83 de la ley 1474 de 2011. (Constitución Política de Colombia, 1991)

### **2.3.2 Ley 80 de 1993**

“Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública” Esta ley obliga a las entidades del estado a supervisar las obras adjudicadas mediante licitaciones públicas o concurso de méritos por medio de una interventoría independiente con responsabilidades civiles y penales según sus obligaciones contractuales”. (*Ley 80 de 1993 (Octubre 28), 1993*)

### **2.3.3 Ley 489 de 1998**

“Por la cual se dictan normas sobre la organización y funcionamiento de las entidades del orden nacional, se expiden las disposiciones, principios y reglas generales para el ejercicio de las atribuciones previstas en los numerales 15 y 16 del artículo 189 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones”. (*Ley 489 de 1993 (Diciembre 29), 1993*)

### **2.3.4 Ley 678 de 2001 artículo 2**

“Acción de Repetición o llamamiento en garantía, acción civil de carácter patrimonial que deberá ejercerse en contra del servidor o ex servidor público que como consecuencia de su



conducta dolosa o gravemente culposa haya dado lugar reconocimiento indemnizatorio por parte del Estado proveniente de una condena, conciliación u otra forma de terminación de un conflicto”. (*Ley 678 de 2001 (Agosto 3), 2001*)

#### **2.3.5 Ley 734 de 2002**

“Por la cual se expide el Código Disciplinario Único, Artículo 34. Deberes. Los deberes de todo servidor público”. (*Ley 734 de 2002 (Febrero 5), 2002*)

#### **2.3.6 Ley 1952 de 2019**

“Por medio de la cual se expide el código general disciplinario se derogan la ley 734 de 2002 y algunas disposiciones de la ley 1474 de 2011, relacionadas con el derecho disciplinario”. (*Ley 1952 de 2019 (Enero 28), 2019*)

#### **2.3.7 Ley 1150 de 2007**

“Por medio del cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan medidas generales sobre contratación con recursos públicos”. (*Ley 1150 de 2007 (Julio 16), 2007*)

#### **2.3.8 Ley 1341 de 2009**

“Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones”. (*Ley 1341 de 2009 (Julio 30), 2009*)

#### **2.3.9 Ley 1476 de 2011**

“Por la cual se expide el régimen de responsabilidad administrativa por pérdida o daño de bienes de propiedad o al servicio del Ministerio de Defensa Nacional, sus entidades adscritas o vinculadas o la Fuerza Pública”. (*Ley 1476 de 2011 (Julio 19), 2011*)

#### **2.3.10 Decreto 103 de 2015**

“Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1712 de 2014 y se dictan otras disposiciones” artículo 8, compilado en el Decreto 1081 de 2015. Macroprocesos de Apoyo: Gestión de Recursos Código Gcc-Tic-Ma-004 Gestión de Compras y Contratación Manual de Supervisión e Interventoría Versión 1.0 Página 8 De 26. (*Decreto 103 de 2015 (enero 20), 2015*)

#### **2.3.11 Ley 1978 de 2019**

“Por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones”. (*Ley 1978 de 2019 (Julio 25), 2019*)

#### **2.3.12 Decreto 1082 de 2015**

“Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de planeación nacional”. (*Decreto 1082 de 2015 (mayo 26), 2015*)

#### **2.3.13 Decreto 1064 de 2020**

“Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”. (*Decreto 1064 de 2020 (Julio 23), 2020*)

#### **2.3.14 Decreto 1065 de 2020**

“Por el cual se modifica la planta de personal del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”. (*Decreto 1065 de 2020 (Julio 23), 2020*)

### **2.3.15 Ley 1474 De 2011**

“Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública”.  
(Ley 1474 de 2011 (Julio 12), 2011)

### **2.3.16 Resolución 04201 -Unidad administrativa especial de aeronáutica civil**

“Por la cual incorporan a la norma RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia unas disposiciones sobre operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS y se numeran como Apéndice 13, y se adoptan otras disposiciones”. (Resolución 04201 de 2018 (diciembre 27), 2018)

## **2.4 Antecedentes y Estados del Arte**

### **2.4.1 Antecedentes Internacionales**

*CABADA JAN, Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-DRON) en el centro poblado Cashapampa – Cajamarca 2018, Cajamarca, Perú, año 2019, 108 páginas, tesis para optar al título profesional de ingeniero civil, facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte. (Cabada, 2019)*

Esta investigación se realizó un análisis comparativo de los levantamientos topográficos con estación total y con Dron, encontrando una diferencia de 10 veces mayor precisión en Este, 5 veces mayor precisión en Norte y 51 veces mayor precisión en elevación, puesto que la estación total partió de coordenadas iniciales con GPS navegador y el Dron tuvo puntos de control con un GPS diferencial, demostrando que el levantamiento topográfico con Dron es más preciso. De igual manera los resultados obtenidos del análisis de costos, pudo identificar que el levantamiento topográfico con estación total tuvo un costo de S/. 457,92 por hectárea, así mismo

tratándose de 3,24 hectáreas resulta un costo total de S/. 1 483,66 y con RPA (dron) un costo de S/. 418,56 por hectárea, como se trata de la misma área resulta un costo total de S/. 1 356,14. con una diferencia de S/. 127,52 perteneciendo a un 8.59% menor que la estación total, puesto que la diferencia no es mucha al tamaño del levantamiento, sin embargo, se tratará de un proyecto más extenso la diferencia es significativa.

*DÍAZ ESTEBAN, Estudio preliminar sobre el uso de dron durante el proceso de pavimentación en caminos de asfalto, Los Ángeles, Chile, año 2019, 55 páginas, tesis para obtener el título profesional de ingeniero geomático, Universidad de Concepción, Campus los Ángeles, Departamento de Ciencias Geodésicas y Geomática. (Díaz, 2019)*

En el cual identificaron como era el comportamiento de la textura de la mezcla asfáltica que se estaba instalando, por tal razón, las ventajas que se presentan con el uso del dron durante el proceso constructivo de una obra vial son la posibilidad de monitorear la ejecución de la maquinaria que participa de la construcción vial y generar material visual el cual podrá ser revisado posteriormente para realizar un estudio y análisis de las etapas que puedan ser corregidos para mejorar así el proceso constructivo y la calidad de los caminos. Por otro lado, el uso de técnicas de procesamiento digital de imágenes permitió estimar la macro textura de la superficie expuesta del camino pavimentado, estas técnicas mezcladas con el uso del dron, ayudo a realizar observaciones de manera remota y tener estimaciones de macro textura en un post proceso corto que puede realizarse durante la etapa de pavimentación.

*ZEBALLOS MANUEL, Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera Pillco marca distrito de Cayran 2019, Huánuco, Perú, año 2021, 133 páginas, tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil,*

*Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería, Programa académico de ingeniería civil.*  
(Zeballos, 2021)

Se realizó una investigación en la cual hicieron levantamientos topográficos con equipos tradicionales y luego fueron comparados con la información de los sobrevuelos por dron sobre el terreno evaluado, por tanto demostraron que en los costos el uso de dron es mucho más beneficioso económico y técnicamente; del mismo modo se sostiene que la rapidez queda también demostrada y que optimiza su aplicación con mayor amplitud de varios kilómetros en corto tiempo, la precisión garantiza una mayor confiabilidad para poder ejecutar proyectos de ingeniería en comparación con el método tradicional del uso de estación total, esto debido a la gran calidad de las orto imágenes procesadas y convertidos en nube de puntos para su procesamiento obtenido del dron.

#### **2.4.2 Antecedentes Nacionales**

*CORREDOR JUAN, Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Río Frio, Valle del Cauca, Colombia año 2015, 20 páginas, trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada, facultad de Ingeniería, Especialización en Geomática.*  
(Corredor, 2015)

Este trabajo tiene como objetivo implementar modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico para rehabilitar el tramo vial Tuluá - Río frío, en el cual consistió en aplicar modelos de elevación para el diseño geométrico de 12,62 Km de una vía en rehabilitación en el departamento del Valle del Cauca.

Concluyendo que el proceso permite manejar con una mayor facilidad la producción de diseños de una vía ya sea para una rehabilitación, mejoramiento o ampliación.

*GARCÍA CRISTIAN, Carlos Gustavo, Javier Fernery, Metodología para seguimiento de obra de infraestructura usando Drone, Cali, Colombia, año 2019, 14 páginas, artículo de grado, Universidad Santiago de Cali, Facultad de ingeniería, Programa de ingeniería electrónica. (García et al., 2019)*

Este trabajo tiene como objetivo realizar el seguimiento constructivo de un edificio por medio de dron con el fin de reducir el uso de elementos topográficos clásicos, lo que demanda tiempo y dinero, además, de las implicaciones en el tema de seguridad del personal ajeno a la construcción. Para evitar esto, en este proyecto se implementó una metodología capaz de realizar la tarea de seguimiento de una obra civil. Se utiliza un vehículo aéreo no tripulado o Dron, los cuales son pequeños aparatos voladores controlados remotamente que, en los últimos años se han convertido en una herramienta extremadamente útil en actividades que el ser humano no puede realizar o que atenten contra su integridad, encontrando que de acuerdo con los resultados obtenidos y las comparaciones realizadas con los informes de interventoría de la obra, se deduce que la metodología creada es eficiente, segura, rápida y precisa, facilitando la elaboración de informes y demás actividades de interventoría.

*MOLINA LIZETH, Monitoreo de obra mediante modelos digitales de elevación generados por fotogrametría con drones, Bogotá D.C., Colombia, año 2019, 22 páginas, trabajo de grado, Universidad de Los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. (Molina,2019)*

Este proyecto expone la aplicación del monitoreo de obra mediante el análisis de los modelos digitales de elevación creados a partir de la fotogrametría con drones, una de las nuevas tendencias implementadas en la construcción civil con el objetivo facilitar actividades como impulsar un control de calidad oportuno, mejorar el georeferenciamiento, optimizar la gestión de recursos o determinar volúmenes del inventario. El estudio en cuestión se realiza sobre el área de construcción del futuro Centro Cívico de la Universidad de Los Andes. Se lleva a cabo un registro periódico de datos en esta obra a través de un dron Phantom 4Pro. Consecutivamente, se hace la modelación en el software Pix4D y se compara en CloudCompare. Dado esto, se entregan nubes de puntos, modelos DSM (Digital Surface Model), orto mosaicos georeferenciados y un análisis de la información procesada, en el que se relacionan los datos proporcionados por la interventoría de la obra con los volúmenes extraídos en la construcción calculados con base en los modelos.

### **3. Método**

#### **Fases y Actividades Específicas del Proyecto**

En la presente metodología se presentará el proceso de investigación, compuesto por cuatro fases, las cuales están encaminadas a cumplir con los objetivos planteados anteriormente. En primer lugar se identificaron los parámetros para la ejecución del vuelo del Dron en la zona de estudio sobre el área de la construcción de la placa huella sobre la vía que comunica la vereda Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del municipio de Mutiscua, Norte de Santander, luego se identifico los procesos constructivos de las actividades a realizar el seguimiento para poner en marcha la recolección de información del terreno antes durante y al terminar la construcción de placa huella por medio del vehículo aéreo para al final analizar los datos, por medio de comparaciones del control de cantidades, parámetros dimensiones de la interventoría con dron y tradicional, lo que al final conllevo a una estimación de calidad/beneficio.

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

En la primera fase se identifica el dron a utilizar con sus respectivas herramientas, que sean acordes a la necesidad del proyecto a ejecutar.

Se determinó el procedimiento para realizar el procesamiento de imágenes por medio del software Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCAD, para crear el modelo digital de elevación, con el propósito de conocer el proceso más adecuado cuando se use el dron en campo.



Se diseñó el sistema de registro de la información del seguimiento aéreo en campo por medio del Dron, para luego ser aplicado en campo para el seguimiento de la construcción de la placa huella en la vía terciaria.

Se estimó el plan de vuelo con el propósito de identificar información importante y del relieve del lugar donde se llevará a cabo los vuelos, la altura mínima de vuelo, la trayectoria y la definición del pre-vuelo y el post vuelo, para garantizar confiabilidad de los datos a obtener de la construcción de la vía terciaria.

### **3.2 Fase II: Determinación de las actividades de seguimiento**

Se identificó el proceso constructivo de las actividades de conformación de subrasante, instalación de subbase granular y concreto para placa huella de la vía terciaria en estudio, con el propósito de poder estimar el proceso de control y seguimiento continuo de procesamiento de imágenes e información por medio del vehículo aéreo, ya escogido en la fase anterior.

Se determinó el diseño del seguimiento en campo por forma tradicional de supervisión de los trabajos que se realicen a las actividades de la construcción de la placa huella escogidas para el presente estudio.

### **3.3 Fase III: Aplicación de la metodología de seguimiento**

Teniendo en cuenta la información obtenida de las fases anteriores y el estado del arte de la investigación sobre el tema en estudio, se realizó la aplicación de la metodología diseñada para hacer el seguimiento de las actividades de cantidades en la conformación de la subrasante, instalación de base granular y concreto hidráulico, así mismo, mediante la topografía convencional y el cálculo de cantidades mediante la ortofoto obtenida del vuelo fotogramétrico, el cual se tomó las imágenes aéreas a la construcción de la placa huella sobre la vía que comunica

la vereda Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

Para el control de cantidades, fue necesario primero obtener la ortofoto de las imágenes de campo, por medio del software Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCAD, ya que estos programas son los más utilizados en la actualidad para fotogrametría y mapeo por medio del dron, estos mismos permiten obtener modelos de ortofoto gráficos por el entrelazamientos de malla de puntos para crear un modelo 3D de la zona de estudio que fue determinado en la primera fase, con el fin de analizar y comparar el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento con el uso del Dron.

#### **3.4 Fase IV: Análisis de los resultados obtenidos conclusiones y formulación del documento**

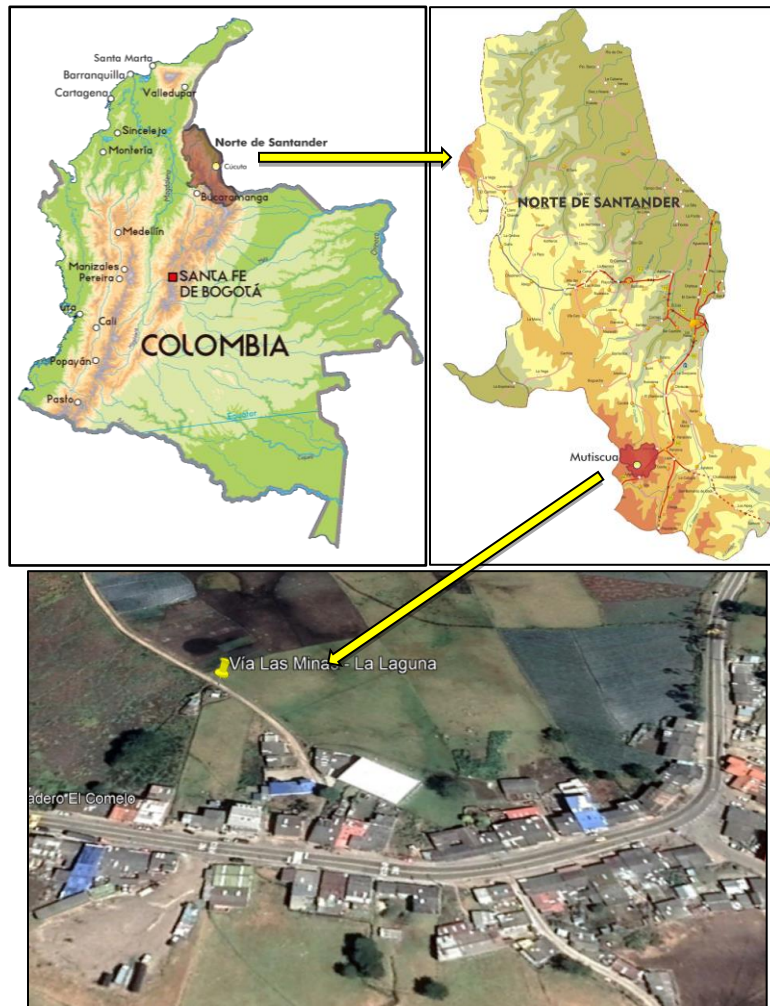
Con la información obtenida en campo, las tomas aéreas y el procesamiento de imágenes realizado en la fase anterior, se ejecutó la comparación entre el método innovador postulado en el presente proyecto, con la forma tradicional de efectuar el seguimiento, control y supervisión de la construcción de una placa huella, con el fin de conocer la posibilidad que este método pueda ser una alternativa para hacer seguimiento en vías que tienen un difícil acceso y verificar la aplicación de nuevas tecnologías como son los vehículos aéreo no tripulados y el software Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCAD, para obtener una fotogramétrica tridimensional de la zona en intervención a través del avance de instalación materiales utilizados para construir una placa huella, esto con el fin de optimizar procesos y tiempos de traslados y esto influya significativa en el costo del servicio de seguimiento de obra. Por ultimo se formularon las conclusiones que se derivan de los resultados de la investigación.

## 4. Resultados

### 4.1 Localización y ubicación del proyecto

El presente proyecto se realizó en el municipio de Mutiscua, ubicado al Sur occidente del departamento de Norte de Santander, Colombia. Se encuentra en medio de la cordillera oriental y es bañado por el río La Plata. Antiguamente territorio dividido entre Pamplona y Silos. Fue fundado en 1841 por Patricio Villamizar el 25 de diciembre demarcando el cuadrilátero que sería luego la plaza pública.

**Figura 11.** Ubicación Municipio Mutiscua, Norte de Santander, Colombia



Adaptado de Colombia Manía, Dreamstime y Google Earth.

El municipio de Mutiscua se encuentra a una altura promedio de 2.600msnm y temperatura de 14°C, cuenta con una superficie de 159km<sup>2</sup> y densidad de 23.64 hab/km con una población aproximadamente de 3.847 habitantes ubicados en el casco urbano y las veredas. La topografía de la región es accidentada y sus tierras se encuentran surcadas por numerosos ríos y quebradas de comportamiento torrencial, que serpentean por desfiladeros de alta montaña, suavizándose algunas veces y formando pequeñas mesetas onduladas.

Según información de la Gobernación de Norte de Santander (2020), la producción que se genera en el municipio, es de gran influencia en la economía del departamento y del país, siendo el primer productor de apio España a nivel nacional, además de sembrar y producir hortalizas, brócoli, coliflor, repollo, lechuga, papa, zanahoria, arveja, arveja, frutas como el durazno, curuba, uchuva, tomate de árbol, fresa, entre otros, la ganadería, bovina, caballar, ovino y aves de corral, la minería, explotando cal agrícola, mármol en pequeña proporción y carbón, y la minería piscícola, este último por la oferta hídrica del municipio, todo esto se ha convertido en una alternativa de desarrollo para la zona, actividades que han sido reconocidas por su expansión nacional.

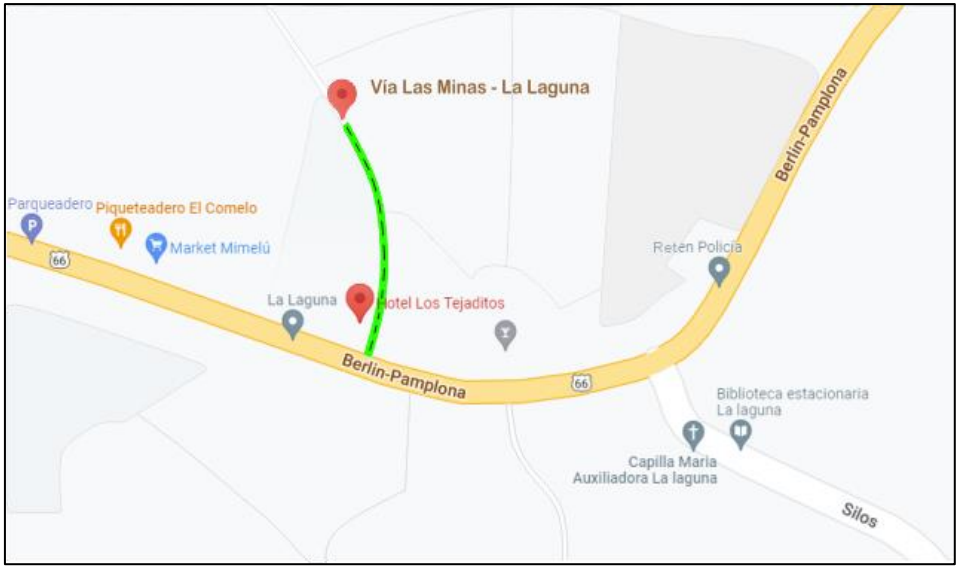
Dentro del área que este municipio comprende se encuentran locales, sitios turísticos y espacios públicos de vital importancia para el desarrollo integral de las personas, cuenta con su propia parroquia que tiene por nombre “Parroquia San José de Mutiscua”, colegios públicos como la institución educativa “Sede La Laguna” corregimiento La Laguna, institución educativa “Sede La Meseta” vereda Aradita, institución educativa “Sede La Paradita” corregimiento La Paradita y la institución educativa “Sede Las Mercedes” en la vereda Las Mercedes.

El tramo vial en estudio comprende la entrada al corregimiento La Laguna, junto a la vía nacional Berlín-Pamplona, en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander, donde será objeto de estudio el trayecto que conforma la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K000+K123.

**Tabla 1.** Tramo Las Minas – La Laguna, Mutiscua.

| MUNICIPIO | VÍAS                  | TRAMO POR INTERVENIR |           | LONGITUD DEL TRAMO |
|-----------|-----------------------|----------------------|-----------|--------------------|
|           |                       | K INICIAL            | K FINAL   |                    |
| MUTISCUA  | LAS MINAS - LA LAGUNA | K0+000.00            | K0+123.00 | 123                |

**Figura 12.** Vía intervenida en el Proyecto



Adaptado de Google Maps

El área de terreno objeto del levantamiento topográfico tiene una distancia de 1.23 km, que corresponde al corredor de movilidad local del Municipio de Mutiscua sector La Laguna.

**Figura 13.** *Ubicación del proyecto*



Esta vía cuenta en sus alrededores con el hotel Los Tejaditos, Capilla María Auxiliadora La Laguna, Biblioteca estacionaria La Laguna, Market Mímelú, Piqueteadero El Comelo, Parqueadero, droguería Servimas, restaurante Orlando, restaurante Cañaveral, Café bar El Trébol, Reten de la Policía, entre otros.

Estos lugares permiten que los habitantes del corregimiento no tengan que recorrer largas distancias para adquirir algún bien o servicio que estén solicitando, generando un beneficio y servicio a la comunidad en general. Aledaño a este municipio se encuentra el Municipio de Silos.

#### **4.2 Análisis y comparación del levantamiento con Dron y con GNSS**

En el presente proyecto se realizó el análisis y comparación de un levantamiento fotogramétrico realizado con Dron con un levantamiento topográfico convencional, mediante la

técnica de observación, con el fin de identificar las diferencias en cuanto a eficiencia, tiempo, costo y precisión.

#### **4.2.1 Topografía convencional:**

##### **4.2.1.1 Equipos y materiales**

Los equipos y accesorios utilizados para la ejecución del levantamiento topográfico convencional de la zona de estudio se relacionan a continuación:

GNSS STONEX S980A: El receptor GNSS integrado Stonex S980A rastrea todas las constelaciones y señales de satélite presentes GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO, QZSS e IRNSS. Contiene un módem 4G GSM de conexión rápida a Internet y los módulos Bluetooth y Wi-Fi permiten un flujo de datos confiable al controlador.

Controlador SHA5: Sistema operativo Android 9.0, procesador Octa - Core de 2.0 GHz y cámara de 13 MP. Este dispositivo almacena los datos eficientemente en el software Cube-a.

Además, se utilizaron los accesorios adicionales del equipo GNSS STONEX S980A, como:

- 1 trípodes
- 1 Bases nivelantes
- 1 Tubos extensores
- 2 Radios de comunicación
- 1 Cinta métrica
- 1 Jalón de 5 metros

Para el post procesamiento de los datos se utilizó el software Autodesk Civil 3D.

**Tabla 2.** *Herramientas supervisión Topografía convencional*

| Herramientas necesarias para realizar seguimiento de topografía tradicional |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Stonex 980A GNSS                                                            |   |
| Cinta metrica                                                               |  |



|                               |                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Bases nivelantes</p>       |    |
| <p>2 Trípode doble seguro</p> |   |
| <p>1 Jalon 5 ml</p>           |  |

|                           |                                                                                     |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Controlador Stonex SH5A |   |
| Radios de comunicación    |  |

#### ***4.2.1.2 Procedimiento de ejecución de topografía tradicional***

Como primera actividad se realizó un recorrido por el área de estudio a fin de identificar el sistema de alcantarillado, áreas prediales y señales de tránsito. También, se establecen los puntos de control como referencia para el desarrollo del levantamiento topográfico.

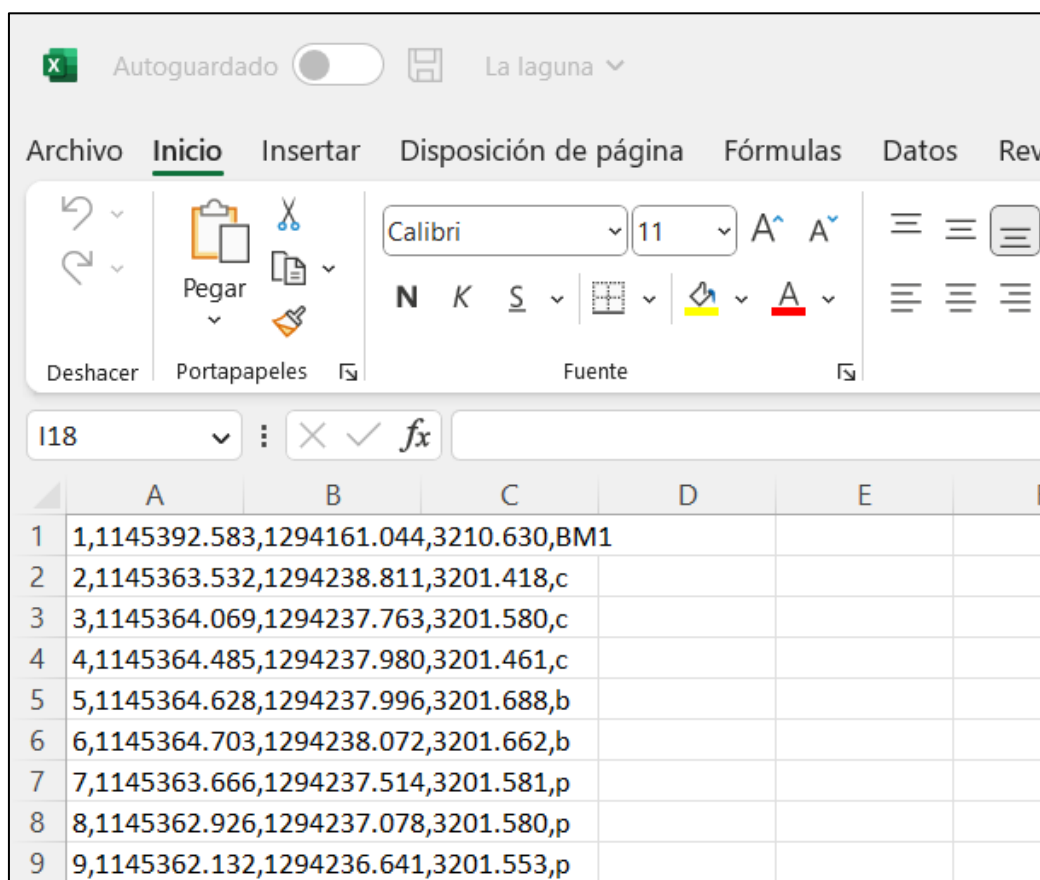
Luego, se llevó a cabo la materialización de los puntos de control que consistió en la construcción de dos mojones de concreto para amarrar el levantamiento topográfico tanto en planimetría como altimetría.

Seguidamente, se realizó la georreferenciación de los puntos de control, teniendo como base la estación GNSS del municipio de Pamplona, la cual se encuentra enlazada a la Red Magna – ECO del instituto Agustín Codazzi (IGAC). Se ubica los receptores GNSS Stonex S980A en cada uno de los puntos de control para llevar a cabo la correspondiente recepción satelital y garantizar la precisión de cada punto georreferenciado.

Se realizó el levantamiento topográfico mediante el método de radiación simple, tomando los paramentos, accesos peatonales y vehiculares con cotas y medidores. Todo lo anterior fue tomado en secuencia numérica y por el sistema de códigos, lo cual es registrado de manera automática en la memoria interna del controlador SH5A. Los detalles de todo el levantamiento, toda esta información se consigna en forma automática dentro de la memoria interna del equipo “controlador SH5A”.

**Figura 14.** Levantamiento topográfico convencional

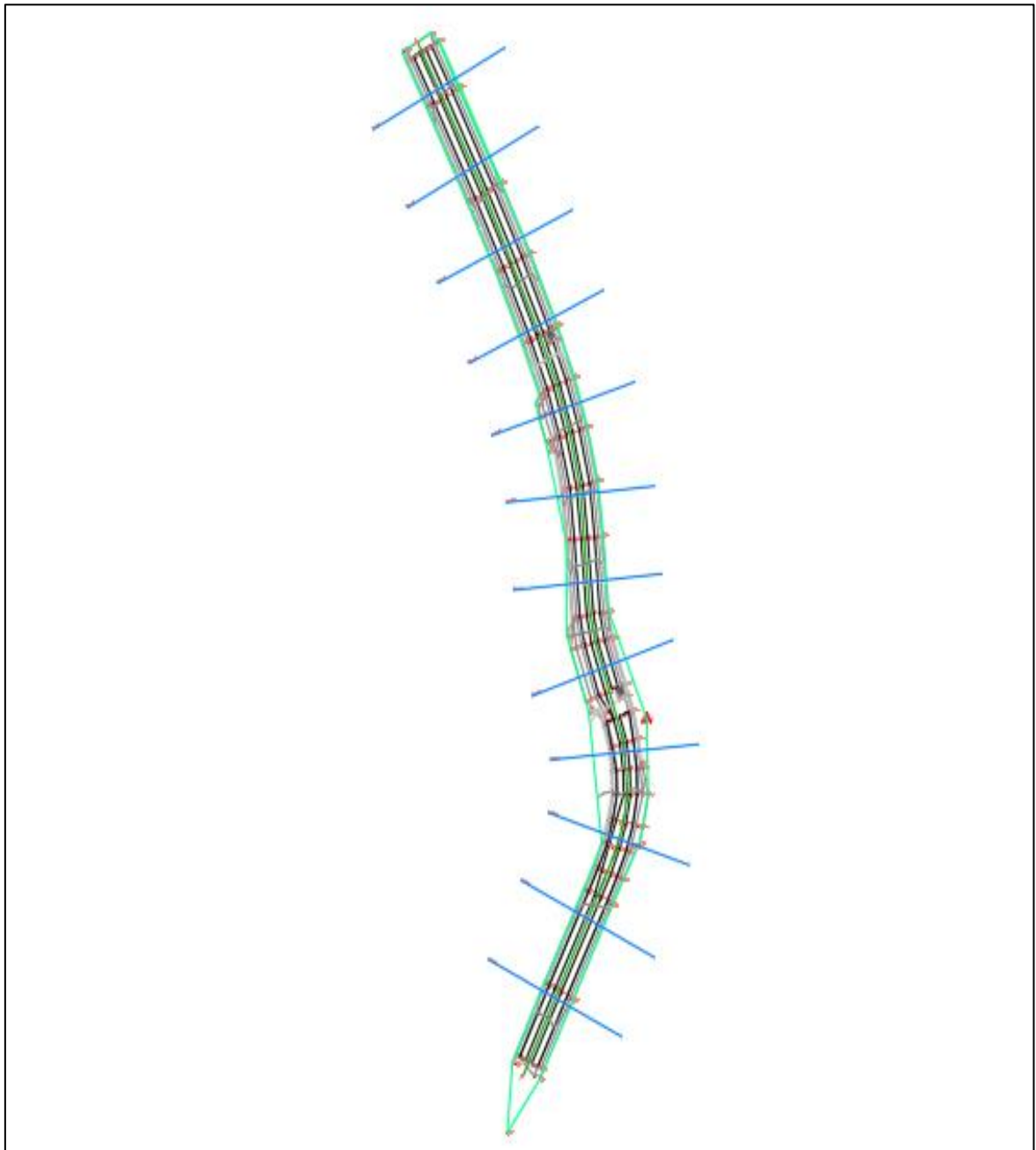
Posteriormente, se desarrolla el post proceso de datos, en el que se descargan los archivos generados en el RINEX RAW de la estación GNSS del municipio de Pamplona durante la georreferenciación. Una vez obtenida la información de los archivos RINEX RAW se carga al Cube A junto con la información recopilada de los GNSS STONEX 980A, con el fin de corroborar que se hizo un adecuado procedimiento, el cual es verificado por medio de los cuadros de ocupación que arroja el programa. Por último, se obtiene el informe en coordenadas Elipsoidal, planas Gauss Kruger, en formato CSV, TXT, KML, DXF y HTML con los puntos post procesados.

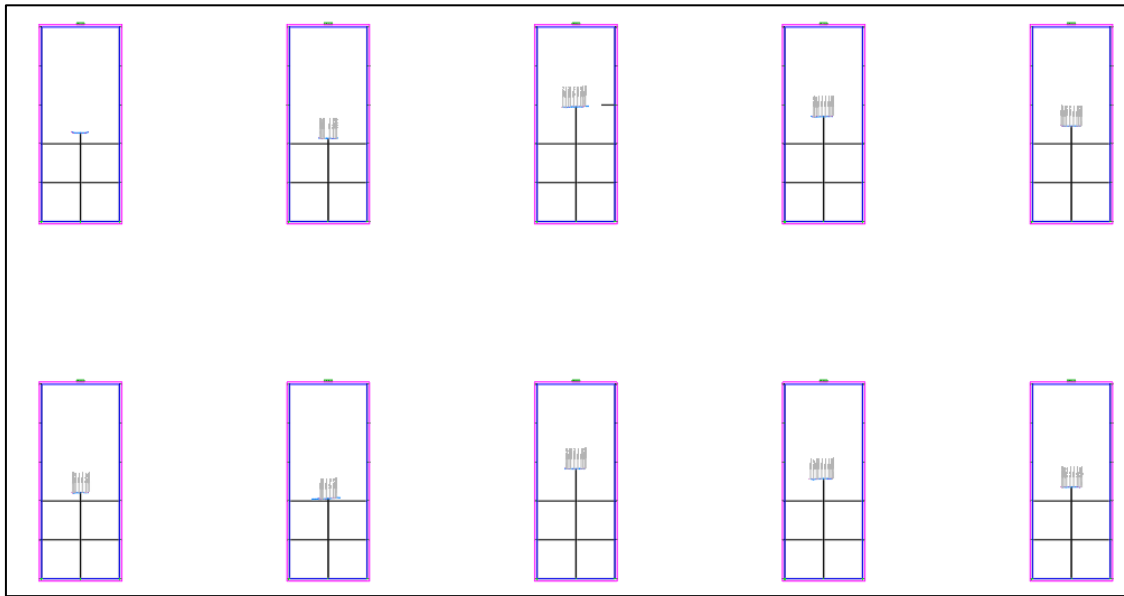
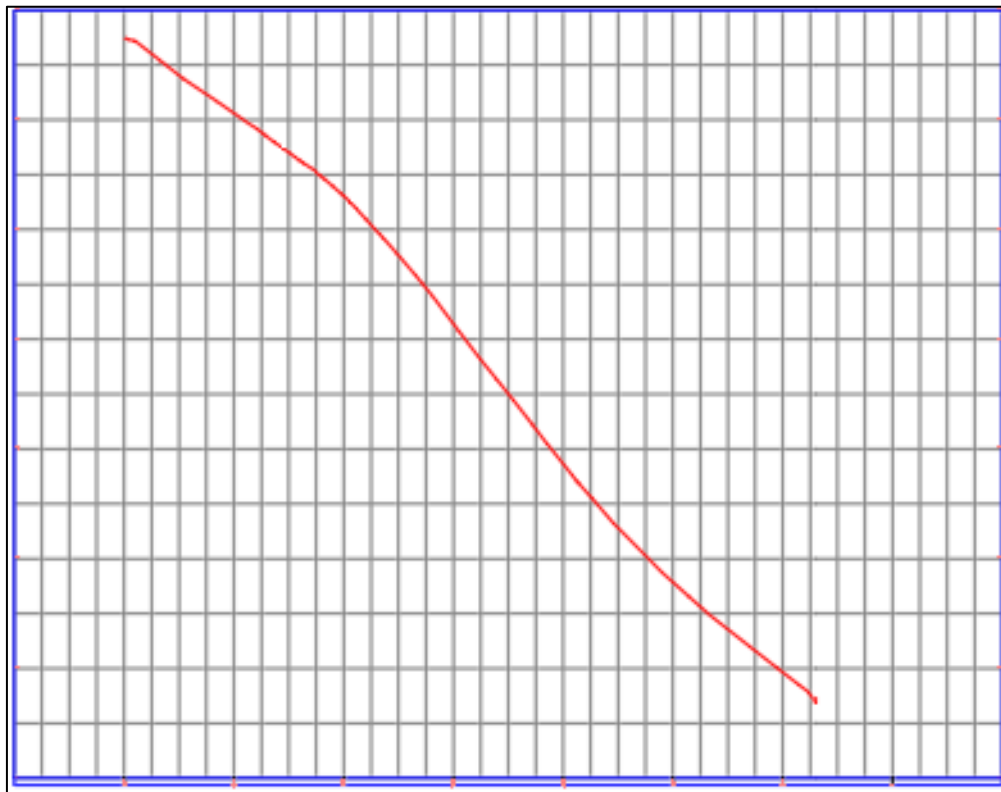
**Figura 15.** *Puntos post procesados*


|   | A                                      | B | C | D | E | F |
|---|----------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,1145392.583,1294161.044,3210.630,BM1 |   |   |   |   |   |
| 2 | 2,1145363.532,1294238.811,3201.418,c   |   |   |   |   |   |
| 3 | 3,1145364.069,1294237.763,3201.580,c   |   |   |   |   |   |
| 4 | 4,1145364.485,1294237.980,3201.461,c   |   |   |   |   |   |
| 5 | 5,1145364.628,1294237.996,3201.688,b   |   |   |   |   |   |
| 6 | 6,1145364.703,1294238.072,3201.662,b   |   |   |   |   |   |
| 7 | 7,1145363.666,1294237.514,3201.581,p   |   |   |   |   |   |
| 8 | 8,1145362.926,1294237.078,3201.580,p   |   |   |   |   |   |
| 9 | 9,1145362.132,1294236.641,3201.553,p   |   |   |   |   |   |

Una vez realizado el levantamiento topográfico se procede a realizar la descarga de la nube de puntos del controlador SH5A, como eje fundamental para la elaboración de los planos topográficos planta perfil con el dibujo de la totalidad de los elementos existentes en la zona de estudio, incluyendo la totalidad de la información predial y secciones transversales. Cada uno de los planos se presentan coordenadas geográficas georreferenciadas a ESTE y NORTE a la Red Magna – ECO y altura amarrada a una cota geométrica.

**Figura 16.** *Plano topográfico AutoCAD*



**Figura 17.** *Secciones transversales***Figura 18.** *Perfil topografía tradicional*

## **4.2.2 Topografía mediante Dron**

### **4.2.2.1 Equipos y materiales**

Un Dron Mavic 2 Pro pilotada a distancia, con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, equipado con una cámara Hasselblad L1D-20c con un sensor CMOS de 20 MP de 1 pulgada, permitiendo capturar fotos aéreas con impresionantes detalles de color, con velocidad máxima de 44 mph, peso de despegue de 907G, cardán de 3 ejes para disparos constantes, el cual se usó con la aplicación DJI GO 4 en una table IPAD Pro.

A continuación, se identifican las particularidades generales y las herramientas necesarias para que el vehículo aéreo pueda facilitar las labores de supervisión técnica:

- Dron Mavic 2 Pro: Vehículo aéreo no tripulado (RPAS), comúnmente conocido como dron, mantiene de manera autónoma un nivel de vuelo controlado y sostenido, el cual permite llevar un registro periódico de la obra en estudio.
- Un controlador del Dron Mavic 2 Pro: Aparato con circuitos integrados cuyos sensores detectan los cambios de orientación. Recibe comandos del usuario y controla los motores para mantener el dron en el aire.
- Tablet iPad: Mayor visibilidad de lo que está pasando en campo, seguimiento de las imágenes capturadas por el Dron.
- Base para Tablet: Soporte del dispositivo mientras se utiliza.
- Stonex 980A GNSS: Aparato que rastrea todas las constelaciones y señales de satélite presentes de Georreferencia (Solo de usa para el primer vuelo).



- Flexómetro: Sirve para medir longitudes en superficies rectas o curvas.
- 2 trípode doble seguro: Permite estabilizar el Stonex 980A GNSS, sirviendo como soporte y evitando el movimiento propio del mismo (Solo de usa para el primer vuelo).
- 1 bastón: Accesorio que permite realizar mediciones con instrumentos topográficos (Solo de usa para el primer vuelo).
- 1 controlador Stonex SH5A: Permite registrar información, compartirla y generar información topográfica más rápida y fácilmente (Solo de usa para el primer vuelo).

**Tabla 3.** *Herramientas supervisión técnica mediante Dron*

| Herramientas necesarias para que el vehículo aéreo pueda facilitar las labores de supervisión técnica |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Dron Mavic 2 Pro                                                                                      |  |

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Controlador Dron</p> <p>Mavic 2 Pro</p> |  A black DJI Mavic 2 Pro remote controller with two antennas and a central LCD screen displaying 'CONNECTING'. It is connected to a cable.                      |
| <p>Tablet iPad</p>                         |  An iPad tablet displaying the iOS home screen with various app icons like Messages, Photos, App Store, and Safari. The background is a red and blue gradient. |
| <p>Base para Tablet</p>                    |  A black UGREEN tablet stand with a silver circular detail on the top right. The brand name 'UGREEN' is visible on the front base.                            |

|                               |                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Stonex 980A GNSS</p>       |    |
| <p>Flexómetro</p>             |   |
| <p>2 Trípode doble seguro</p> |  |

|                           |                                                                                     |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Bastón                  |   |
| 1 Controlador Stonex SH5A |  |

Softwares necesarios para la interventoría por medio del dron:

- Cube Line y Cube Manager para la Georreferenciación.
- DJI GO 4, DJI GS Pro para la creación del Plan de vuelo.
- Agisoft Metashape, ArcGIS y AutoCAD para el procesamiento de imágenes.

#### ***4.2.2.2 Procedimiento de ejecución de topografía con Dron***

##### **1. Ubicación del sitio**

2. Georreferenciación (Cube Manager, Cube Line)
3. Diseño del plan de vuelo (DJI GO 4, DJI GS Pro)
4. Tomas aéreas con el Dron Mavic 2 Pro del área a intervenir
5. Procesamiento digital de imágenes por medio del Software Agisoft Metashape, ArcGIS y AutoCAD.

A continuación, se detalla el paso a paso de los procedimientos expresado anteriormente:

**Georreferenciación** (Cube Manager, Cube Line)

1. Se ubicó la base, uniéndola en tiempo real a la antena activa pamplona IGAC, conectándose a los satélites.

**Figura 19.** *Instalación Stonex*





2. Con el Rover GNSS se ubicaron coordenadas en 4 puntos de control terrestre en el recorrido inicial y 1 punto de control terrestre en el final.

**Figura 20.** *Punto de control con el Rover GNSS*

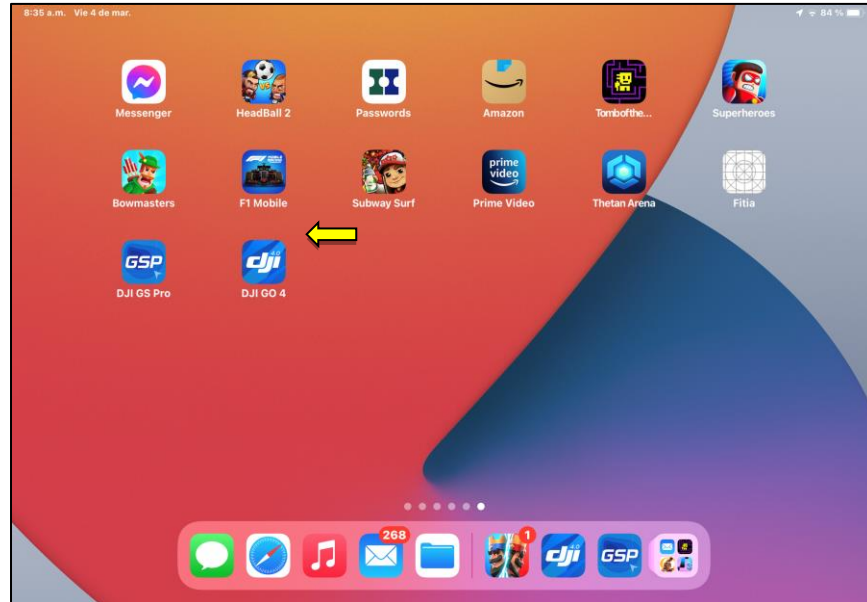


#### **Diseño del plan de vuelo (DJI GO 4, DJI GS Pro)**

Se diseño el plan de vuelo con el propósito de identificar información importante y del relieve del lugar donde se llevó a cabo los vuelos, la altura mínima de vuelo, la trayectoria y la definición del pre vuelo y el post vuelo, para garantizar confiabilidad de los datos a obtener de la construcción de la vía terciaria, a continuación, se detallan los pasos realizados:

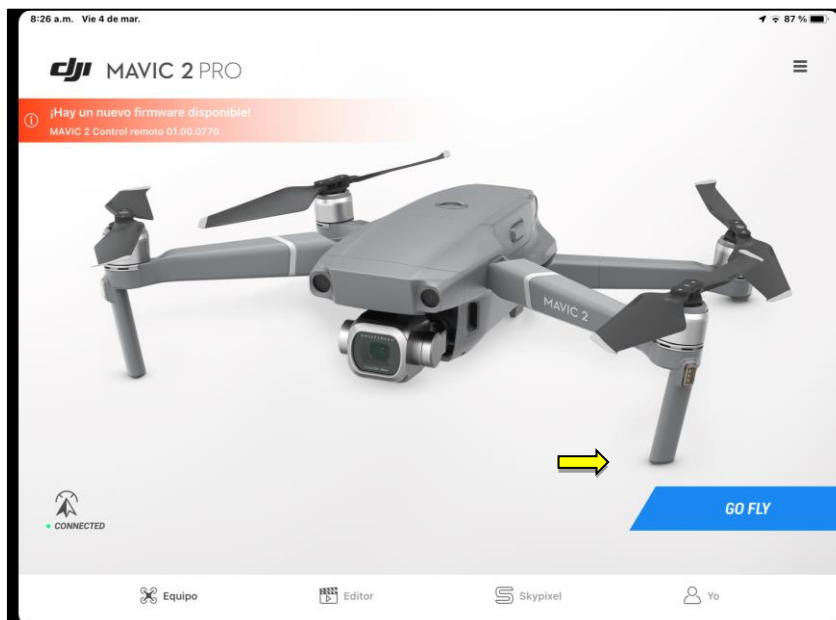
1. En el iPad se inició sesión en el programa DJI GO 4.

**Figura 21.** Pantalla de inicio iPad



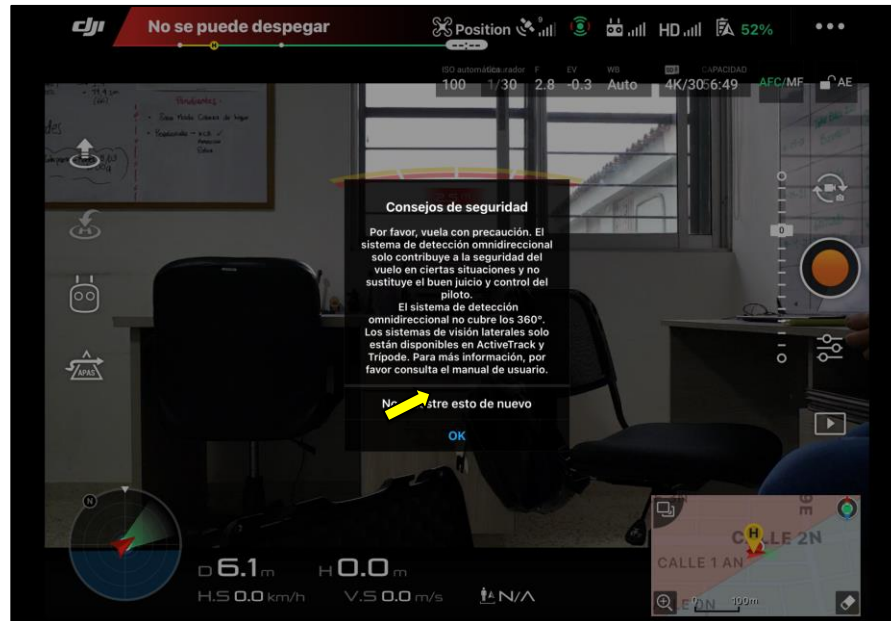
2. Luego, se dio clic en GO FLY.

**Figura 22.** Pantalla de inicio GO FLY



3. Un cuadro de diálogo se abre. Se seleccionó "OK".

**Figura 23.** *Consejos de seguridad GO FLY*



4. Se abre la aplicación, mostrando la imagen que capta el dron, ubicación, velocidad, altura, capacidad y demás información.

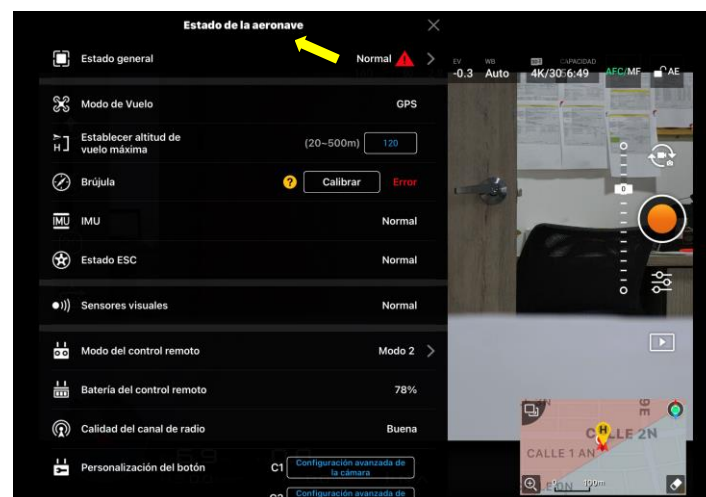
**Figura 24.** *Alcance y datos generales del Dron*





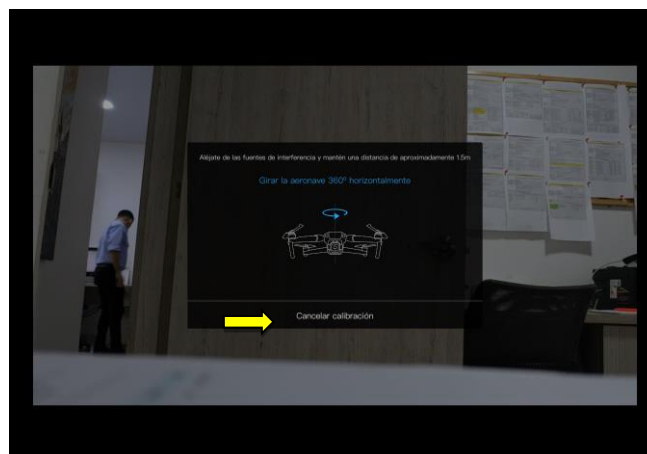
5. Se seleccionó la opción «dji». Automáticamente DJI GO 4 abrió una ventana con el estado general de la aeronave Drone Mavic 2 Pro, se revisó que los comandos IMU, Estados ESC y Sensores visuales, estuviesen en modo “Normal”, que el modo de vuelo se encontrará en “GPS”, se estableció la altitud de vuelo máxima en 120m, así mismo, se garantizó que la calidad de radio fuese “buena”, junto con la batería del control remoto. Se dio clic en Brújula por el anuncio de “error” y “calibrar”.

**Figura 25.** Estado de la aeronave



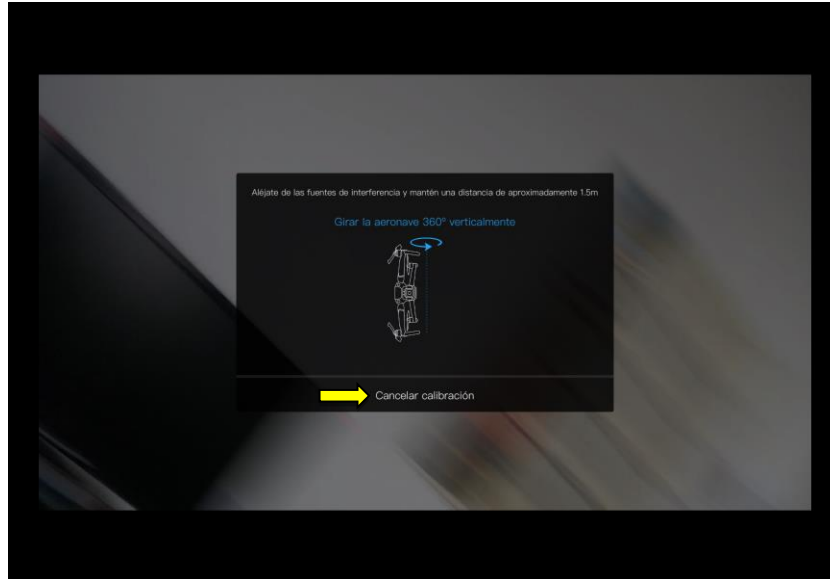
6. Para calibrar la aeronave se giró 360° horizontalmente.

**Figura 26.** Calibración horizontal del Dron



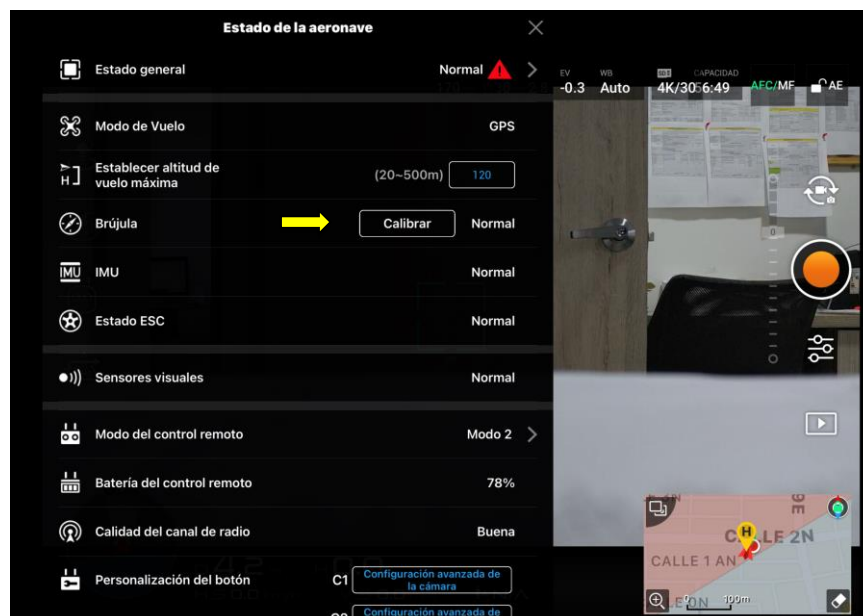
7. Ahora, se giró la aeronave 360° verticalmente.

**Figura 27.** Calibración vertical del Dron



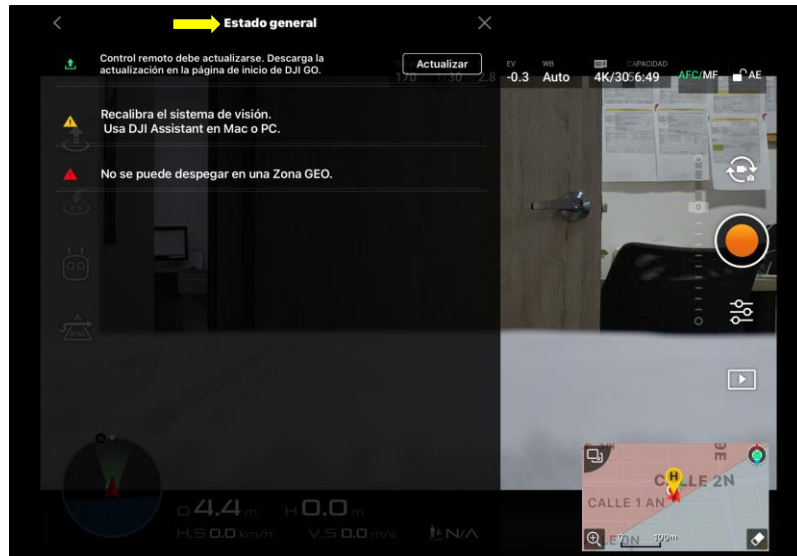
8. Al revisar el estado de la aeronave se confirmó que la Brújula ya estaba calibrada y en modo Normal.

**Figura 28.** Estado de la aeronave



9. Se dio clic en «Estado general» por la advertencia que mostraba  se revisó que decía: No se puede despegar en una Zona Geo.

**Figura 29.** Estado general del Dron



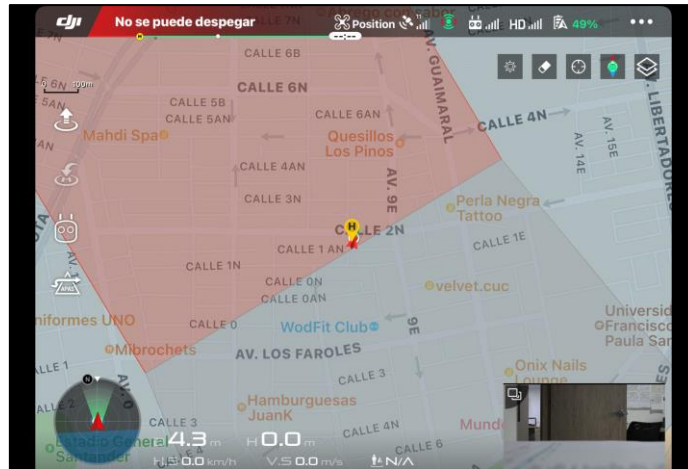
10. Se cerró la ventana de estado general, verificándose la intensidad de las señales > alta y se dio clic en el recuadro de ubicación.

**Figura 30.** Alcance y datos de vuelo



11. Es importante aclarar que las Zonas GEO son zonas de vuelo prohibidas, por eso su color rojo, es decir en este espacio no se puede pilotear el dron excepto se vuele por un piloto certificado por la aeronáutica y con el trámite de un permiso.

**Figura 31. Zonas Geo**



12. Se observó más a detalle las zonas en este caso de Cúcuta, sobre las cuales no se puede sobrevolar ilustrando con una X en rojo las zonas restringidas, en azul y amarillo las zonas de autorización, en gris zonas de advertencia mejoradas, el área en verde sin restricción alguna para sobrevolar.

**Figura 32. Distribución Zonas Geo**



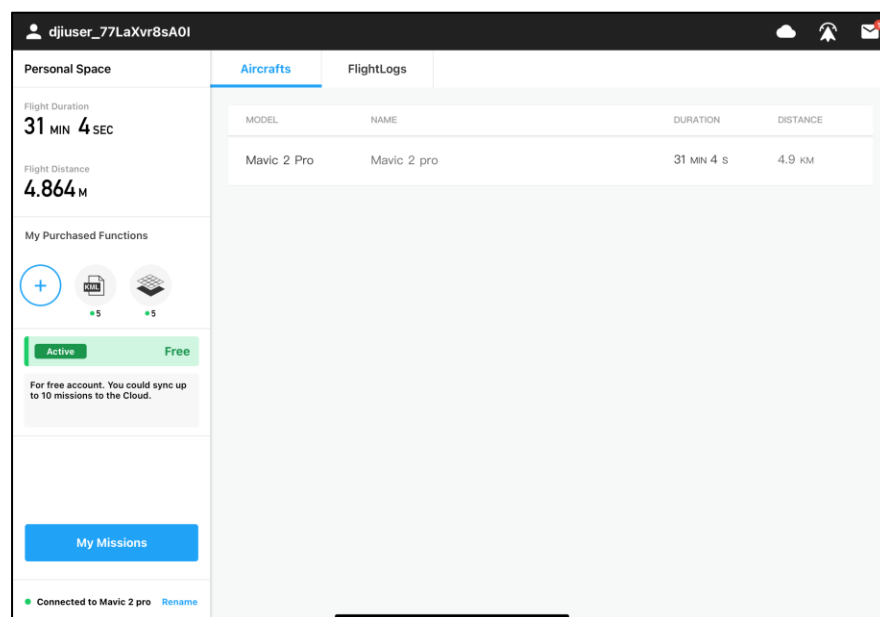
13. Luego, se ingresó al programa DJI GS Pro.

**Figura 33.** Pantalla de inicio iPad.



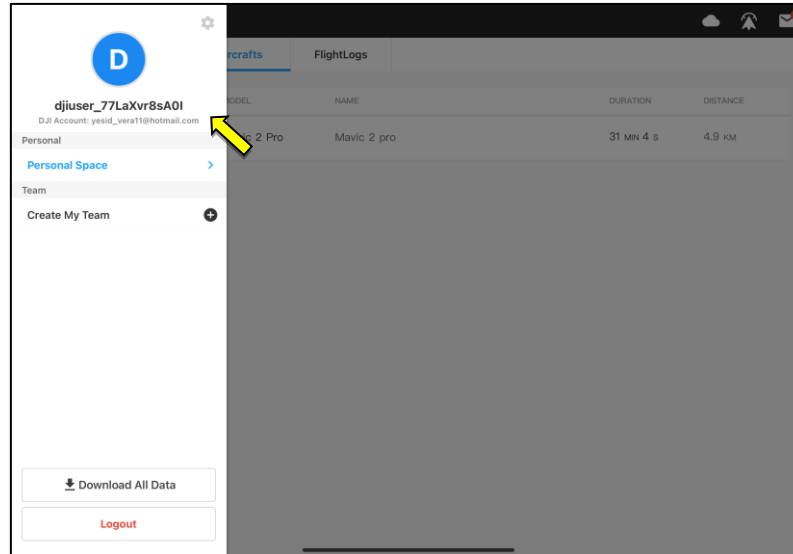
14. Se observó la pantalla de inicio del programa DJI GS Pro.

**Figura 34.** Pantalla de inicio del programa DJI GS Pro.



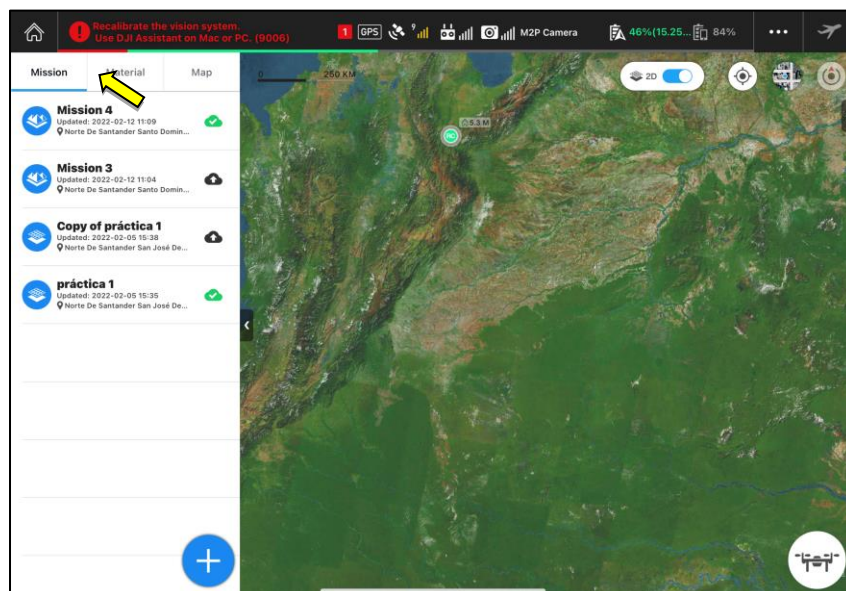
15. Se inició sesión en la cuenta.

**Figura 35.** Inicio de sesión en el programa DJI GS Pro



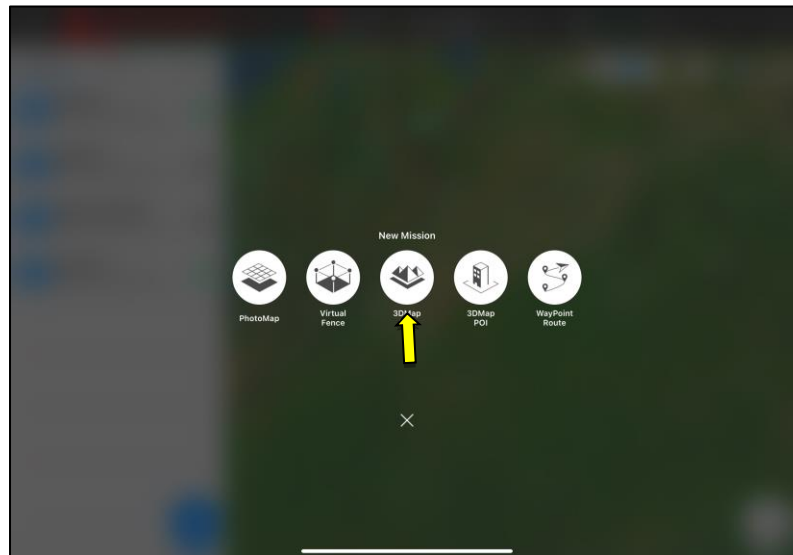
16. Luego, se volvió a la pantalla de inicio del programa y se seleccionó «My Missions», clic en  para crear una nueva misión.

**Figura 36.** Misiones de DJI GS Pro



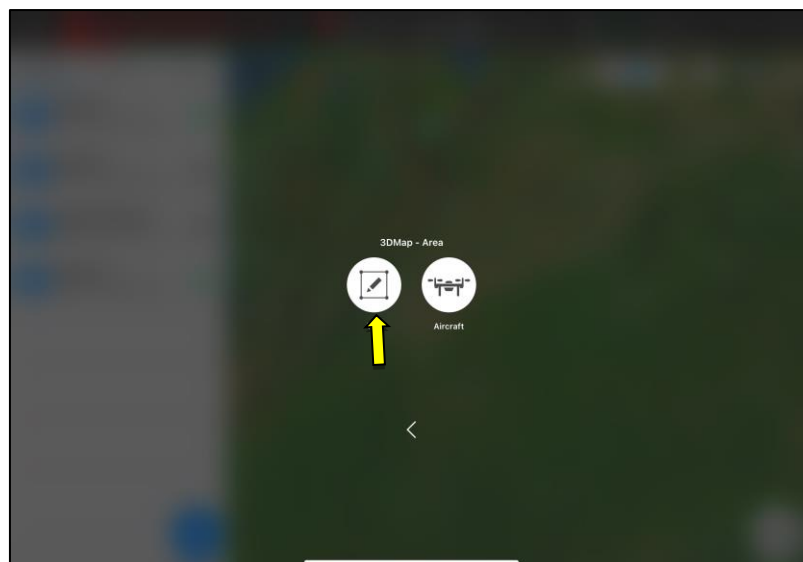
17. Se abrió una pantalla de «New Mission» con 5 opciones, se dio clic en la opción 3DMap Área.

**Figura 37.** *Crear nueva misión*



18. Luego, se seleccionó la opción Tap quien automáticamente nos dirigió al inicio del programa.

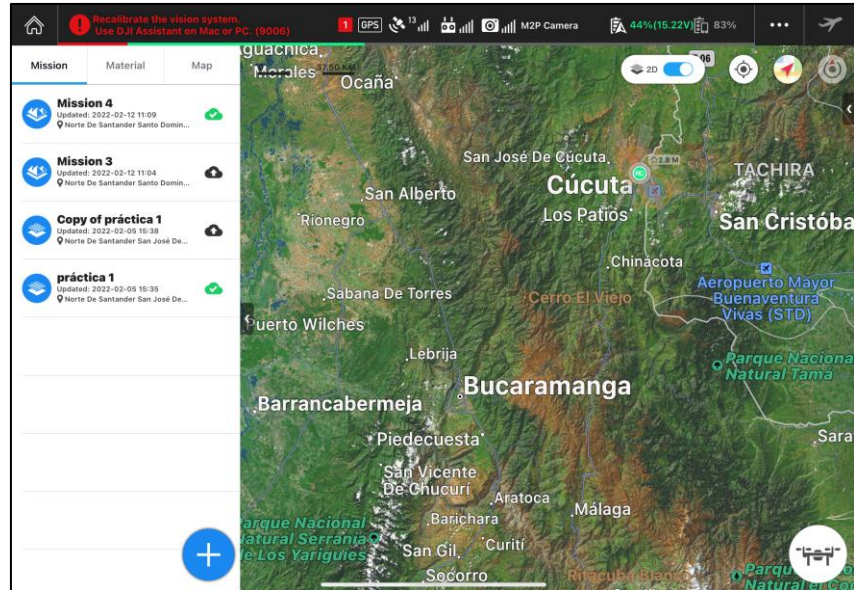
**Figura 38.** *Crear 3D Map - Area*





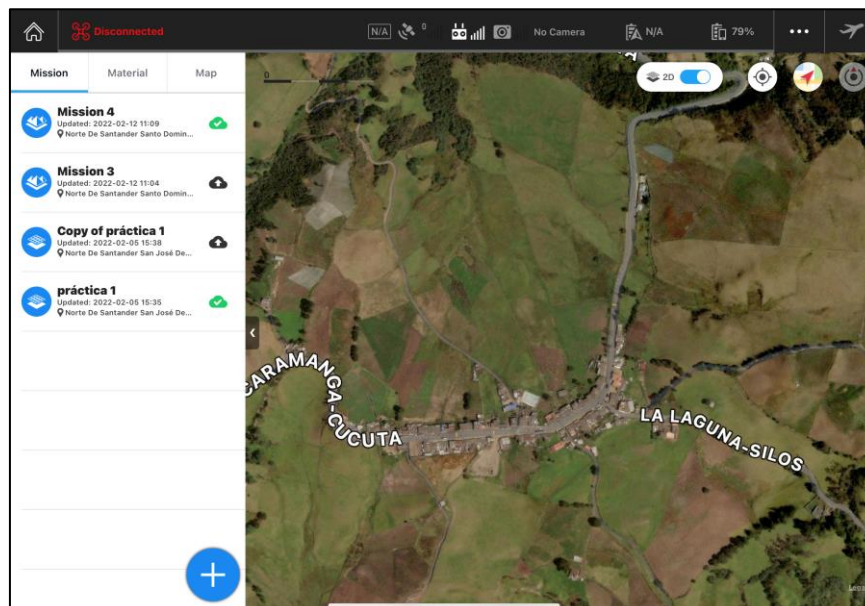
19. A continuación, se buscó en el mapa la ubicación sobre la cual se hizo el plan de vuelo.

**Figura 39.** *Ubicación del Municipio Mutiscua*



20. Se encontró la ubicación deseada, la cual es la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander.

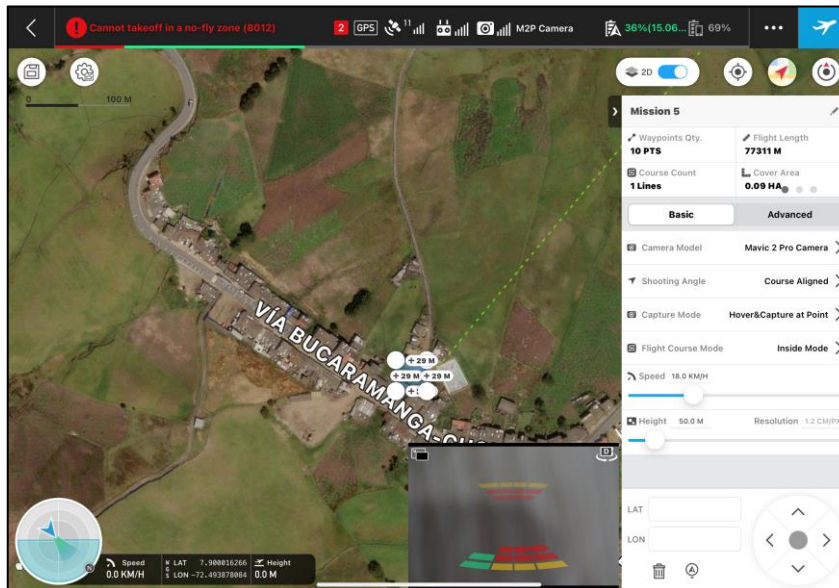
**Figura 40.** *Ubicación de la vía terciaria Las Minas – La Laguna*





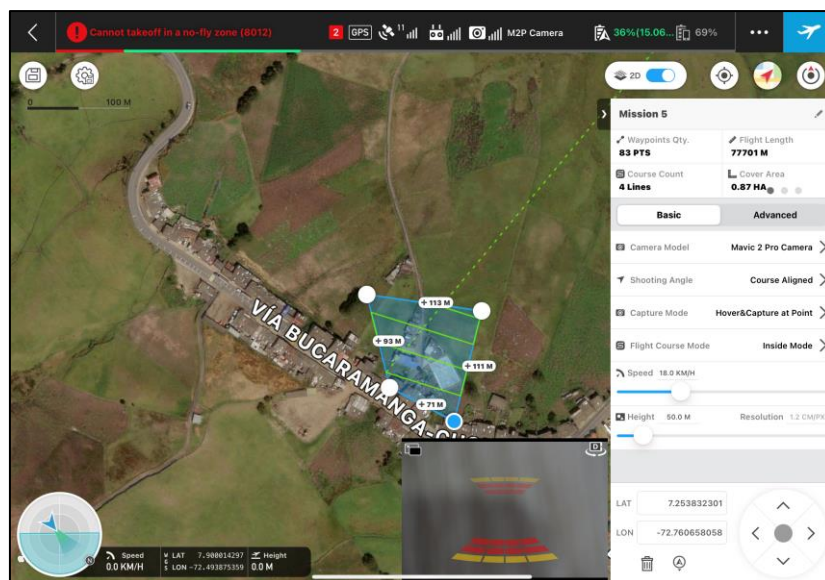
21. Se dio doble clic en el área a evaluar creándose el plan de vuelo y abriéndose automáticamente una pequeña ventana emergente en la parte lateral derecha.

**Figura 41.** Plan de vuelo



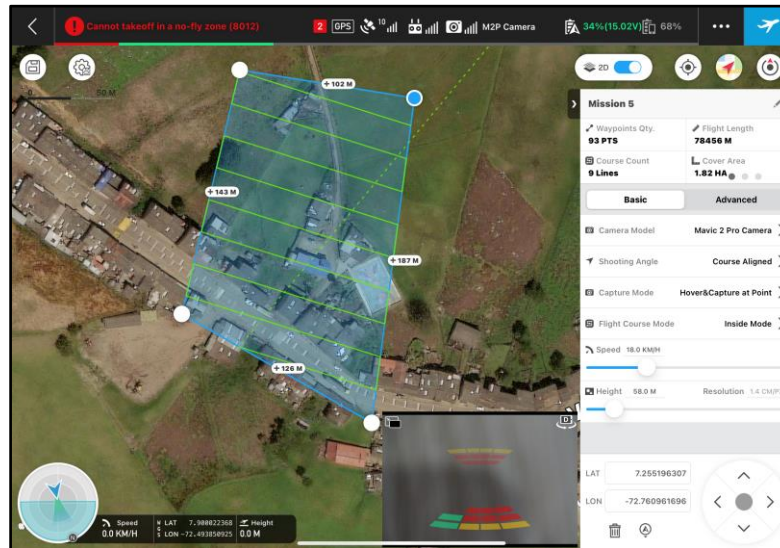
22. Se realizó el ajuste manual del plan de vuelo, cubriendo toda el área de la vía en estudio y más allá de la misma para garantizar mejores resultados.

**Figura 42.** Plan de vuelo en ajuste



23. Se continuó ajustando el plan de vuelo para que comprendiera la vía en estudio y sus alrededores. Es aconsejable tomar máximo 100 puntos en el plan de vuelo.

**Figura 43.** Plan de vuelo ajustada



24. Se ajustó la línea de vuelo con 22 puntos de ruta en un área de 2.47 Ha, 11 líneas y longitud del vuelo de 78727 metros. De igual forma, se ajustó los datos básicos, el speed (velocidad) en 17.9 km/h y el height (altura de vuelo) en 58.0 metros.

**Figura 44.** Plan de vuelo con puntos ajustados



25. Se dio clic en Advanced (Avanzado) y se ajustaron los datos de:

- Front Overlap Ratio (Relación de superposición frontal) con un valor de 80%
- Side Overlap 75% (Superposición lateral)
- Course Angle en 10° (Ángulo de curso)
- Margin en 0.0 metros (margen)
- Gimbal Pitch Angle en -90° (Angulo de inclinación de la cámara)

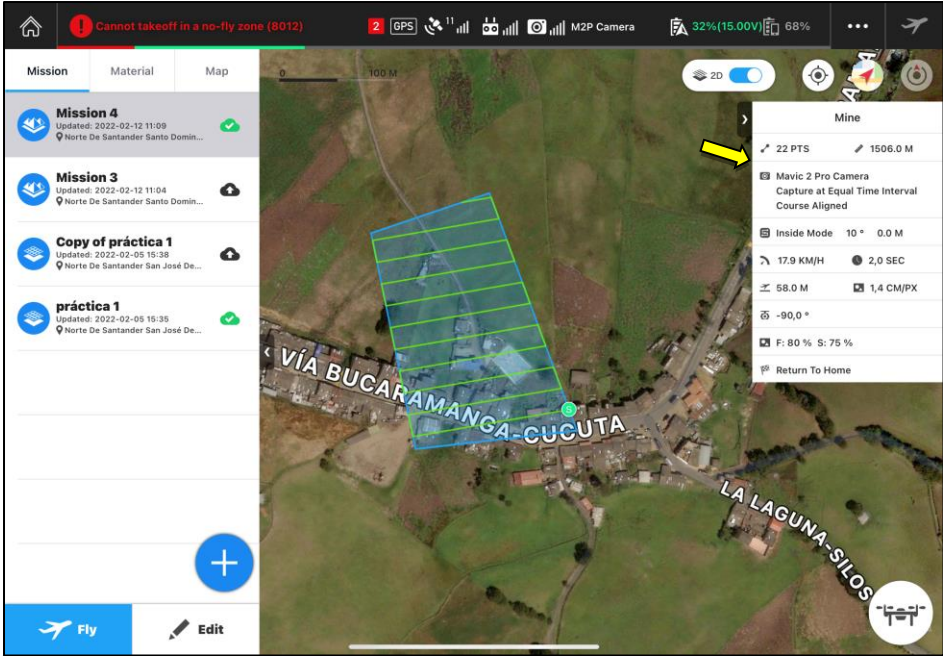
**Figura 45.** Configuración datos avanzados





26. Se seleccionó  confirmando los datos ajustados anteriormente y se configuro que el Dron Mavic 2 Pro capturara las imágenes cada 2 segundos a un ángulo de  $-90^{\circ}$ .

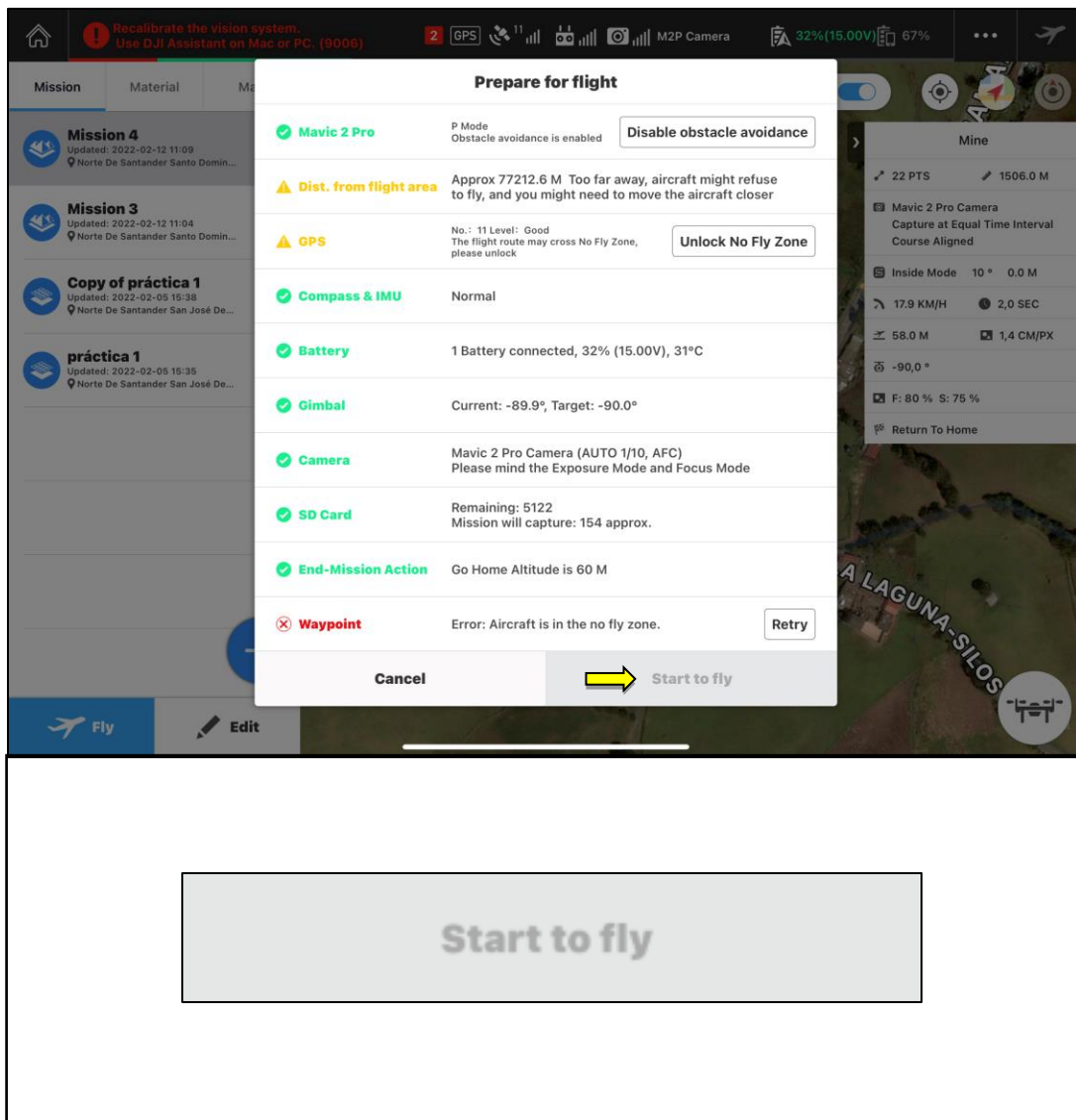
**Figura 46.** Datos generales del plan de vuelo



| Mine                                                                                                                                                                                    |                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ✍ 22 PTS                                                                                                                                                                                | ✍ 1506.0 M                                                                                    |
|  Mavic 2 Pro Camera<br>Capture at Equal Time Interval<br>Course Aligned                              |                                                                                               |
|  Inside Mode                                                                                         | 10 ° 0.0 M                                                                                    |
|  17.9 KM/H                                                                                           |  2,0 SEC   |
|  58.0 M                                                                                              |  1,4 CM/PX |
|  -90,0 °                                                                                             |                                                                                               |
|  F: 80 %  S: 75 % |                                                                                               |
|  Return To Home                                                                                      |                                                                                               |

27. Se seleccionó  abriéndose una ventana emergente en el centro “Prepare por flight” (Prepararse para el vuelo) y se dio clic en **START TO FLY**. Todos los datos de esta ventana deben aparecer aprobados en color verde para poder volar el dron en la ruta de vuelo establecida durante los puntos anteriores.

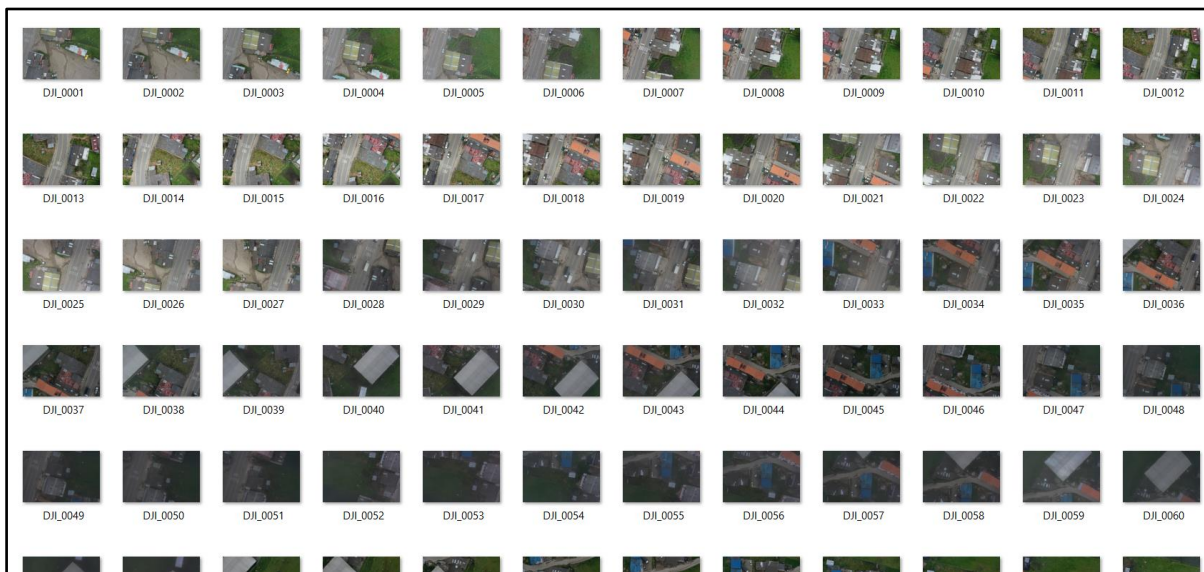
**Figura 47.** Cuadro de dialogo de preparación para el vuelo



Luego de realizar el plan de vuelo se realizó el vuelo fotogramétrico con el Dron Mavic 2 Pro tomando fotografías de alta resolución, las mismas que fueron procesadas con el software Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCAD para su respectivo análisis y generación de planos topográficos.

**Figura 48.** Levantamiento topográfico mediante Dron

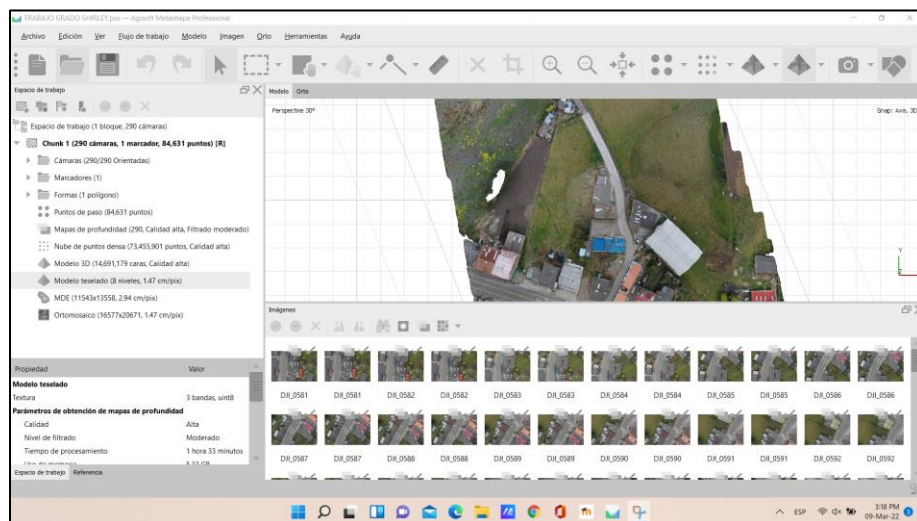


**Figura 49.** *Fotografías tomadas*

**Procesamiento digital de imágenes por medio del Software Agisoft Metashape, ArcGIS y AutoCAD.**

### **Agisoft Metashape**

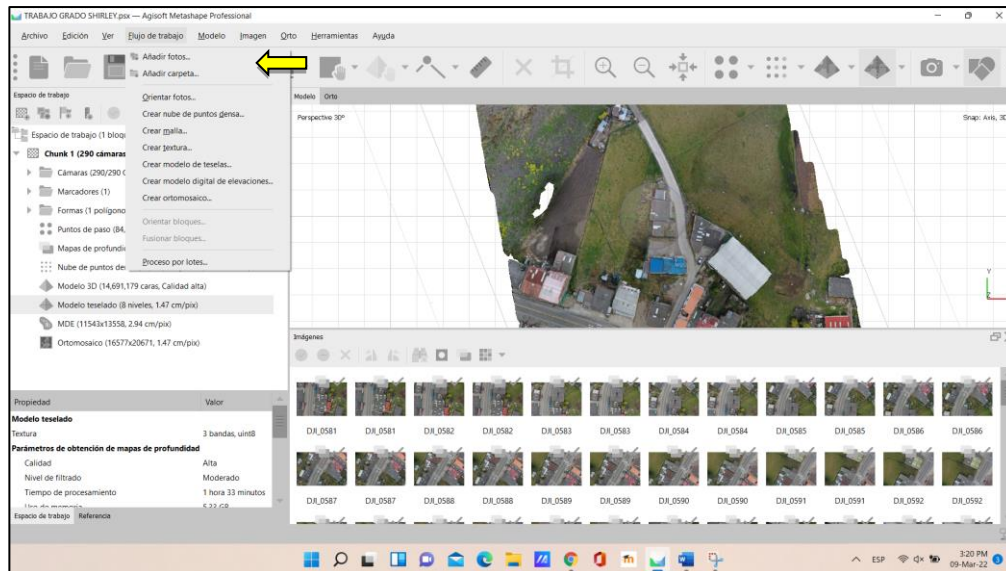
1. Se ingresó al programa Agisoft Metashape Professional.

**Figura 50.** *Pantalla de inicio Agisoft Metashape.*



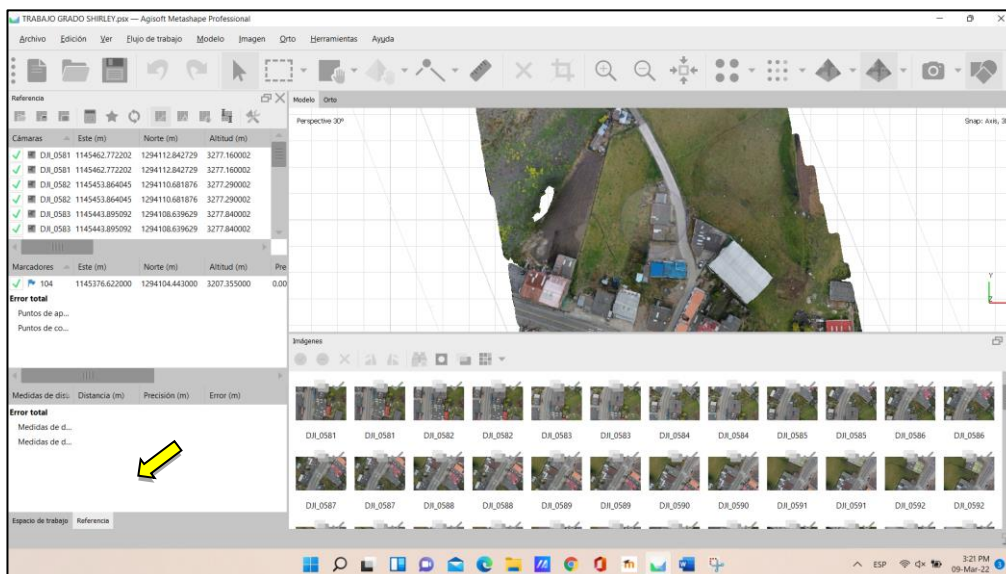
2. Clic en Flujo de trabajo > añadir carpeta, importando todas las fotos tomadas por el dron.

**Figura 51.** Herramienta añadir carpeta Agisoft Metashape.



3. En la esquina inferior izquierda se dio clic en referencia.

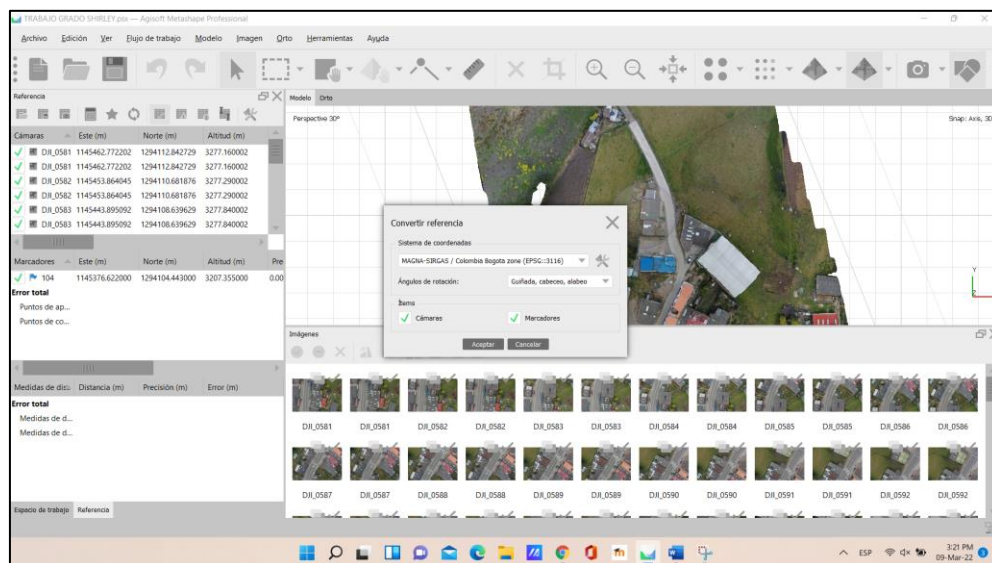
**Figura 52.** Función referencia Agisoft Metashape.





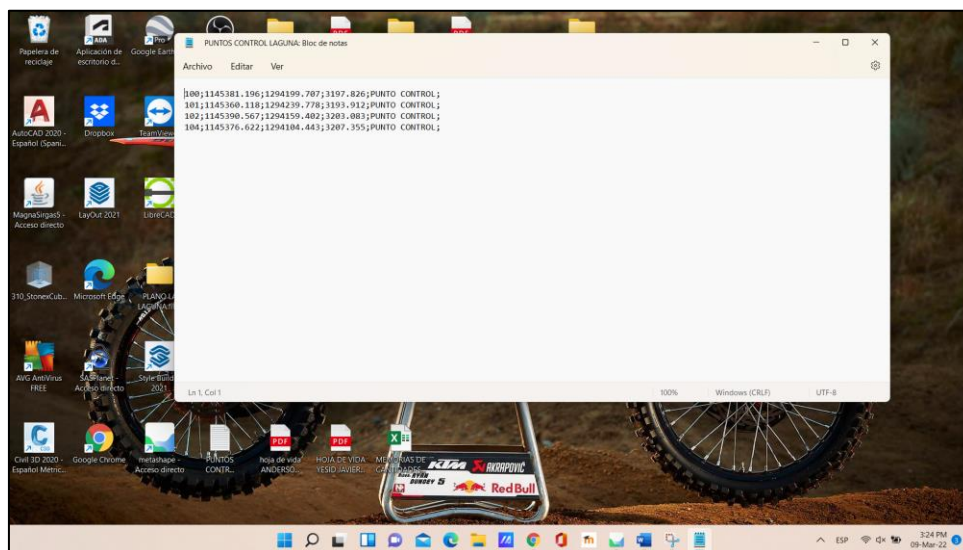
- Se generó un cuadro de diálogo «Convertir referencia» se seleccionó las coordenadas MAGNA-SIRGAS y se activaron los ítems de «Cámaras» y «Marcadores».

**Figura 53.** Cuadro de diálogo para convertir referencias



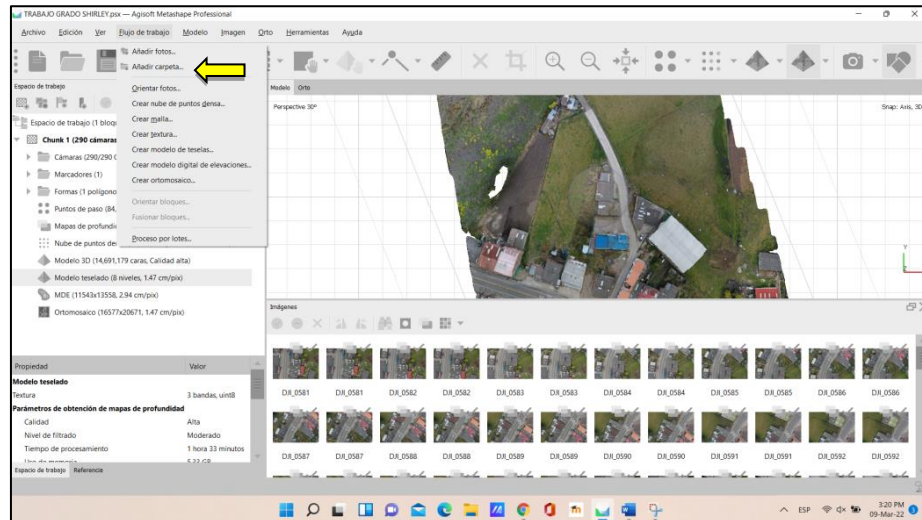
- Se procedió a importar referencia > buscando la carpeta de los PUNTOS DE CONTROL importándolos para que se realizará la georreferenciación.

**Figura 54.** Coordenadas de los puntos de control



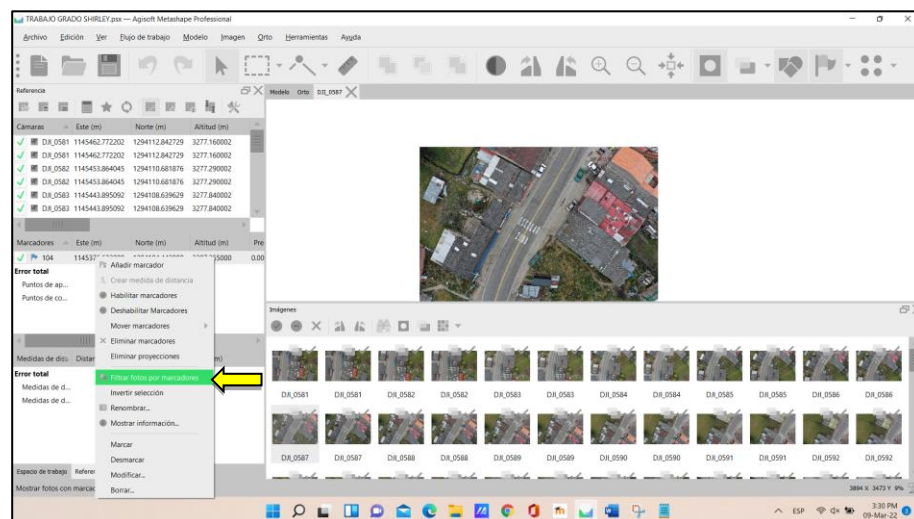
- Se dio clic en Flujo de trabajo > Orientar fotos.

**Figura 55.** Herramienta para orientar fotos



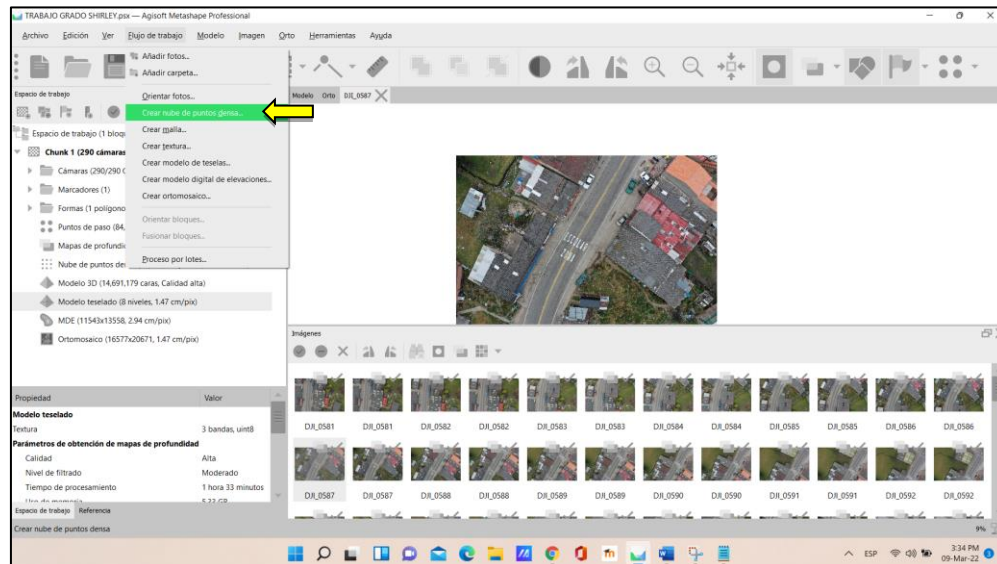
- Clic derecho en la barra que indica las «Coordenadas» > Clic en «Filtrar fotos por marcadores». A continuación, se tomó foto por foto georreferenciando cada una con el punto de control más cercano, 245 fotos del primer vuelo y 170 fotos del último vuelo cada una en su procesamiento de imágenes por separado.

**Figura 56.** Georreferenciación de fotos.

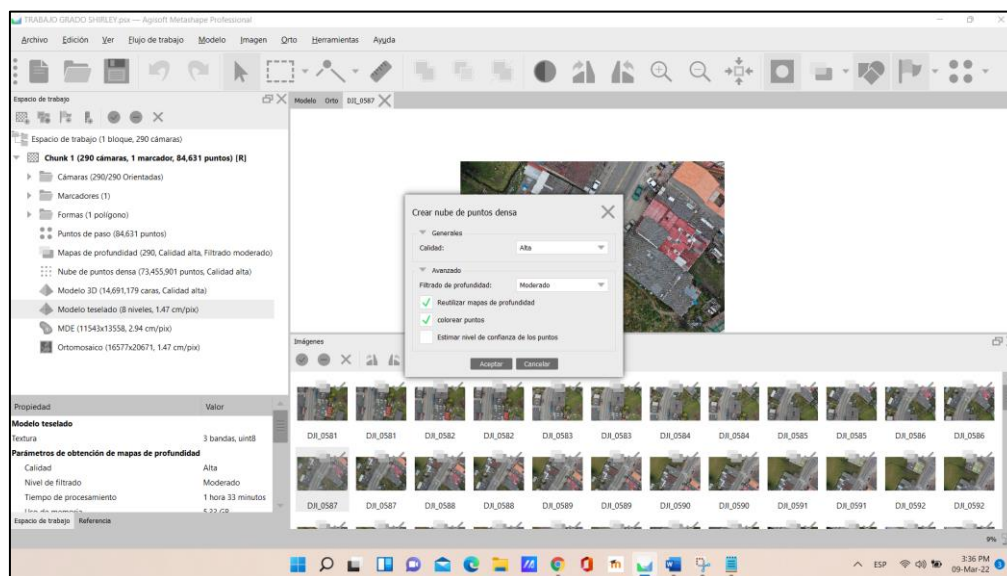


8. Flujo de trabajo > «Crear nube de puntos densa». Se configuró trabajar en la mejor calidad > ALTA, filtrado de profundidad > MODERADO, marcando los ítems de Reutilizar mapas de profundidad y Colorear puntos.

**Figura 57.** Herramienta crear nube de puntos densa

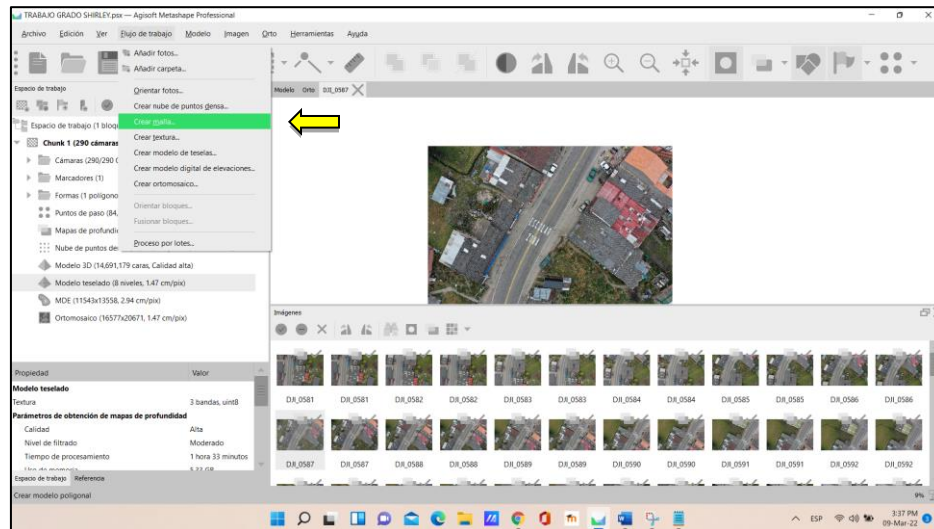


**Figura 58.** Cuadro diálogo para crear nube de puntos densa



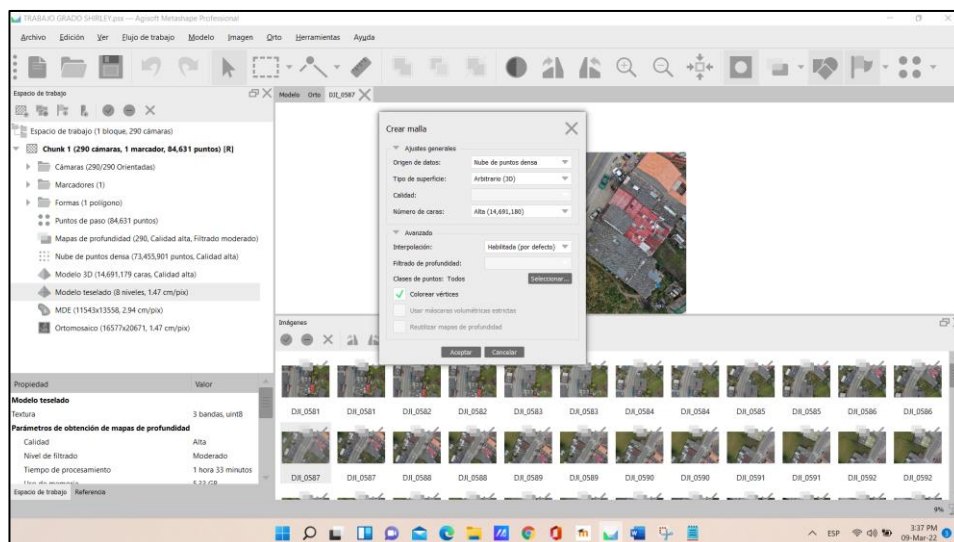
## 9. Flujo de trabajo > Crear malla.

**Figura 59.** Herramienta crear malla



Se generó un cuadro de dialogo automático «Crear malla», en los Ajustes generales > origen de datos > NUBE DE PUNTOS DENSA, Tipo de superficie > ARBITRARIO (3D), Número de caras > Alta (14.691,180), en los Ajustes avanzados, interpolación > HABILITADA (Por defecto), Clase de puntos > TODO, por último, se activa el ítem de COLOREAR VÉRTICES.

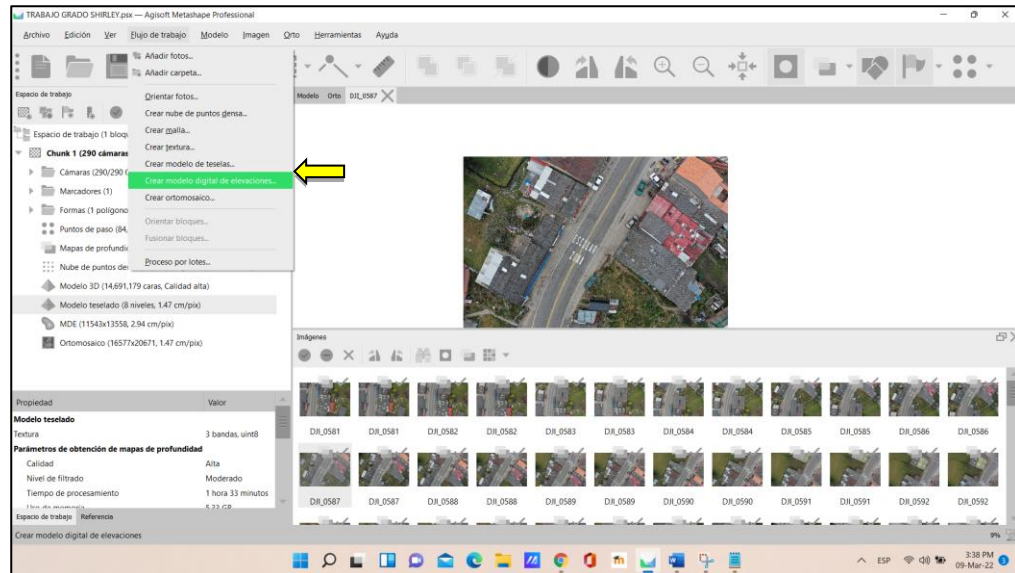
**Figura 60.** Cuadro diálogo para crear malla.





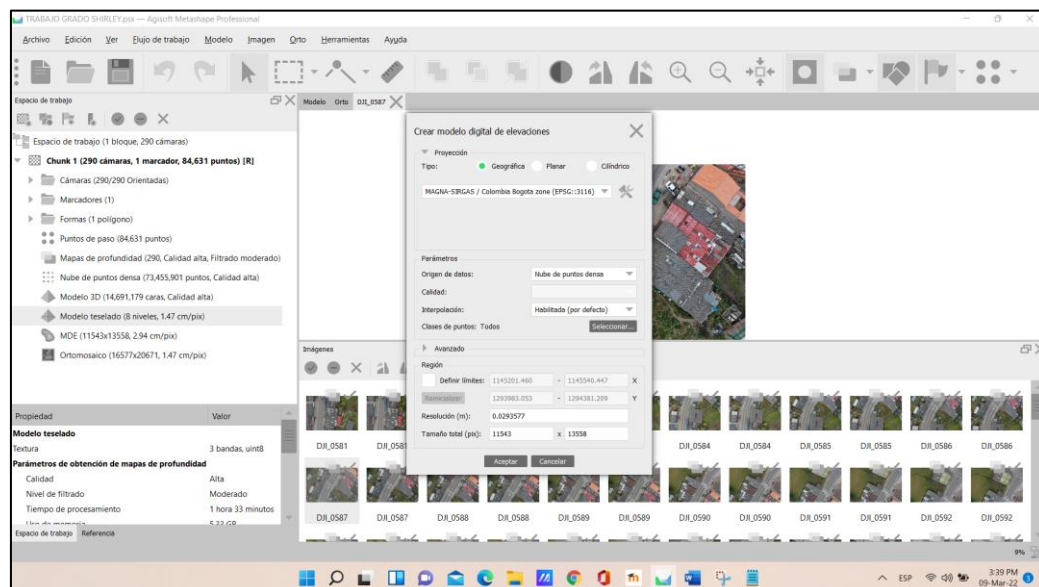
## 10. Flujo de trabajo > «Crear el modelo digital de elevaciones».

**Figura 61.** Herramienta para crear el modelo digital de elevaciones



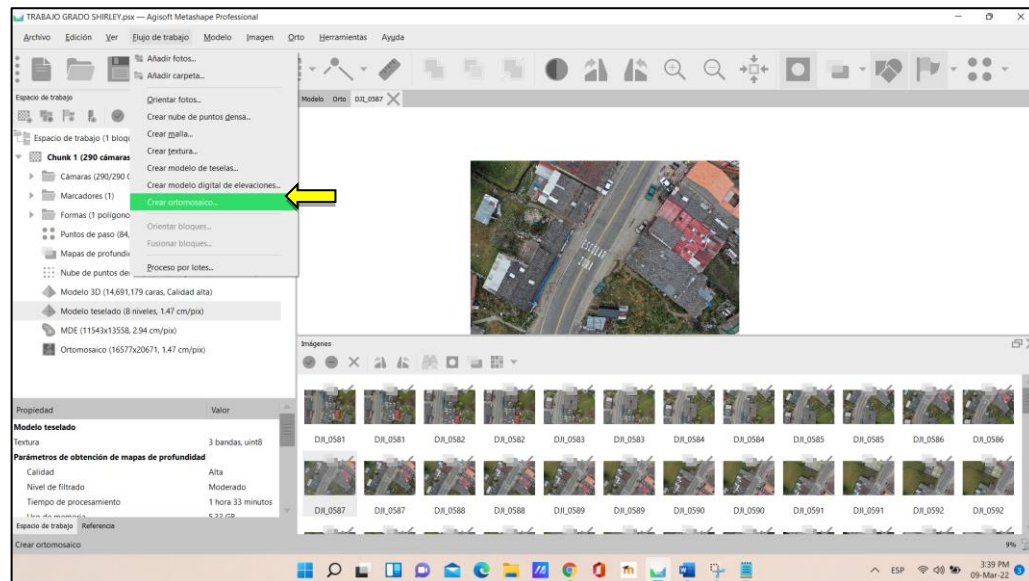
Con el cuadro de diálogo «Crear modelo digital de elevaciones», se seleccionó Proyección > Geográfica y lo demás se programaron automáticamente.

**Figura 62.** Cuadro de diálogo para crear modelo digital de elevaciones



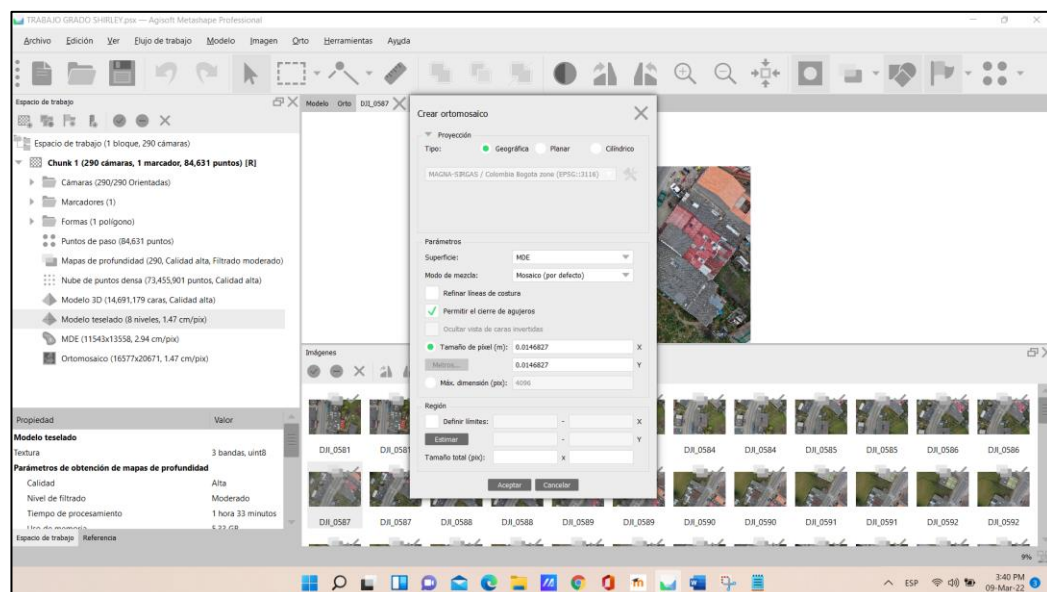
## 11. Flujo de trabajo > Crear Ortomosaico.

**Figura 63.** Herramienta para crear ortomosaico



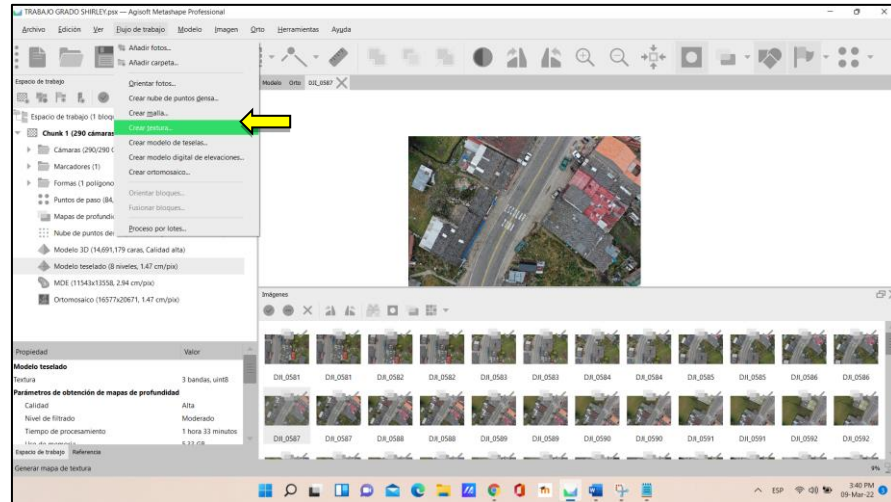
En el cuadro de diálogo «Crear Ortomosaico» se seleccionó en superficie > MDE y los demás parámetros se programaron automáticamente.

**Figura 64.** cuadro de diálogo para crear Ortomosaico



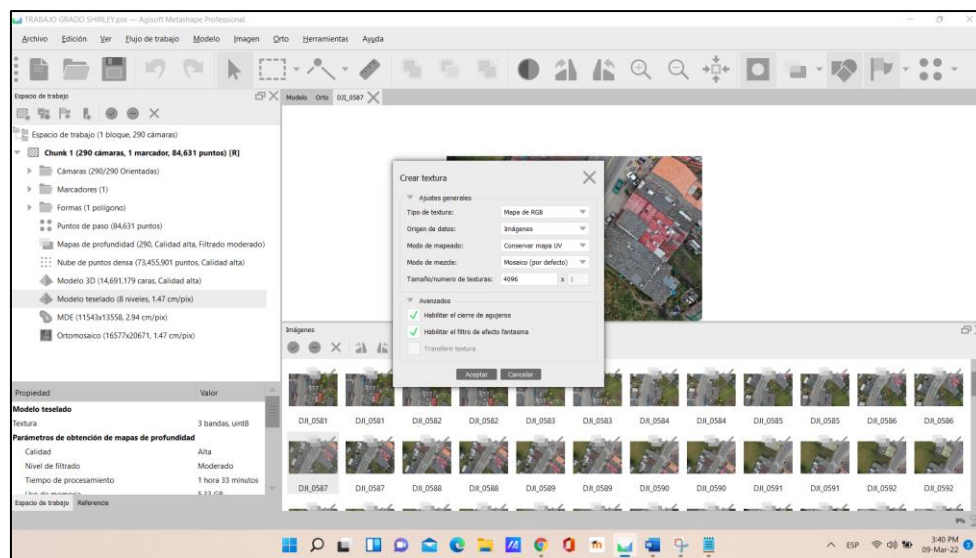
## 12. Flujo de trabajo > Crear textura.

**Figura 65.** Herramienta para crear textura



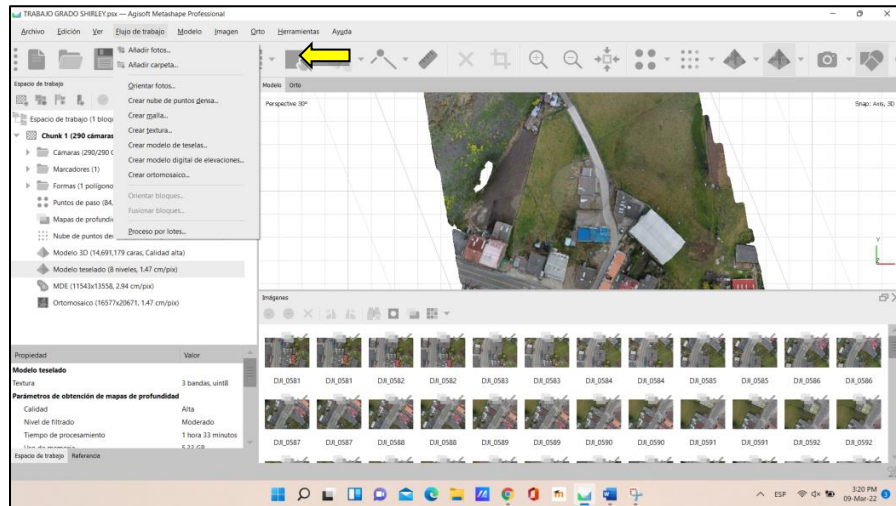
En el cuadro de diálogo «Crear textura» se seleccionó en tipo de textura > Mapa de RGB, origen de datos > Imágenes, modo de mapeado > Conservar mapa UV, modo de mezcla > Mosaico seleccionado por defecto, tamaño y número de texturas > 4096x1, por último, se habilitaron los parámetros avanzados de «Cierre de agujeros» y «Filtro efecto fantasma».

**Figura 66.** Cuadro de diálogo para crear textura



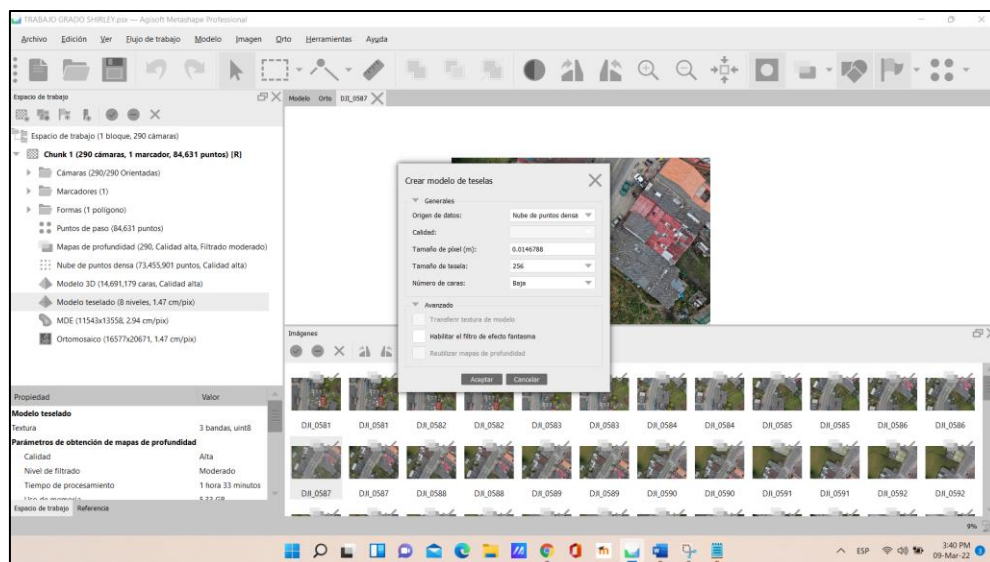
### 13. Flujo de trabajo > Crear modelo de teselas.

**Figura 67.** Herramienta para crear modelo de teselas



En el cuadro de diálogo «Crear modelo de teselas» se seleccionó en generales, origen de datos > Nube de puntos densa, tamaño de pixel (m) > 0.0146788, tamaño de tesela > 256, Número de caras > Baja.

**Figura 68.** Cuadro de diálogo para crear modelo de teselas.





Ortofoto obtenida del programa AGISOFT METASHAPE, expuesto en los pasos anteriores:

**Figura 69.** *Ortofoto vuelo inicial*



**Figura 70.** *Ortofoto vuelo final*



A continuación, se muestran los datos obtenidos en los vuelos, tanto del vuelo inicial como del vuelo al terminar la obra de construcción de la Placa Huella.

Figura 71. Datos vuelo inicial

|                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Número de imágenes: 254            | Imágenes alineadas: 254         |
| Altitud media de vuelo: 119 m      | Puntos de paso: 43,731          |
| Resolución en terreno: 1.65 cm/pix | Proyecciones: 609,838           |
| Área cubierta: 0.039 km^2          | Error de reproyección: 1.08 pix |

| Modelo de cámara  | Resolución  | Distancia focal | Tamaño de píxel    | Precalibrada |
|-------------------|-------------|-----------------|--------------------|--------------|
| L1D-20c (10.26mm) | 5472 x 3648 | 10.26 mm        | 2.41 x 2.41 micras | No           |

Tabla 1. Cámaras.

Figura 72. Datos del levantamiento vuelo inicial

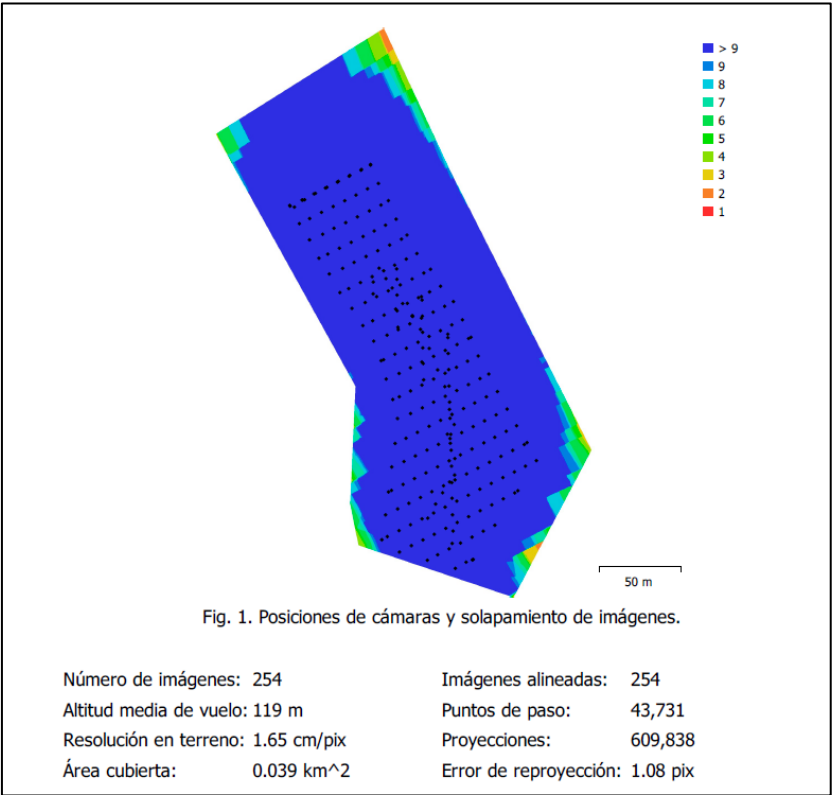


Figura 73. Posiciones de cámaras vuelo inicial

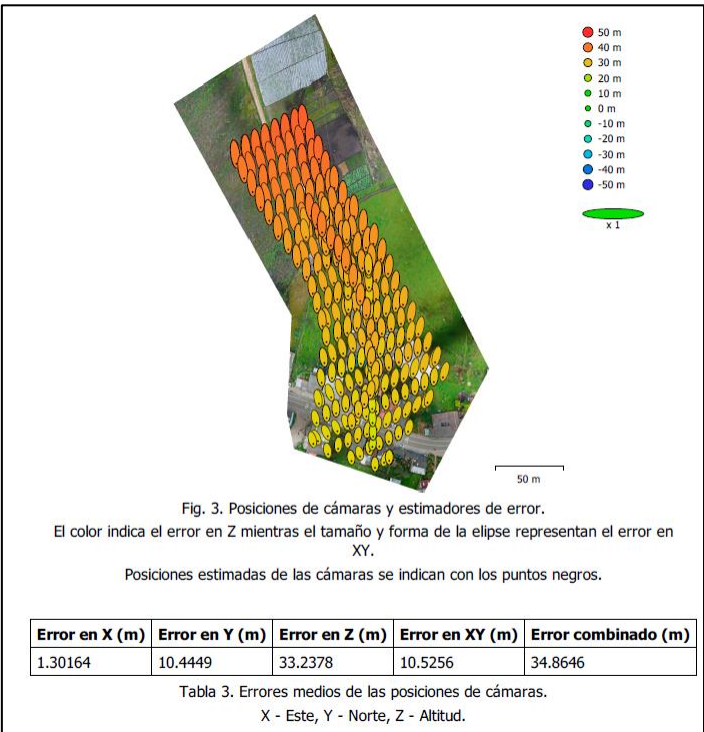


Figura 74. Calibración de cámara vuelo inicial

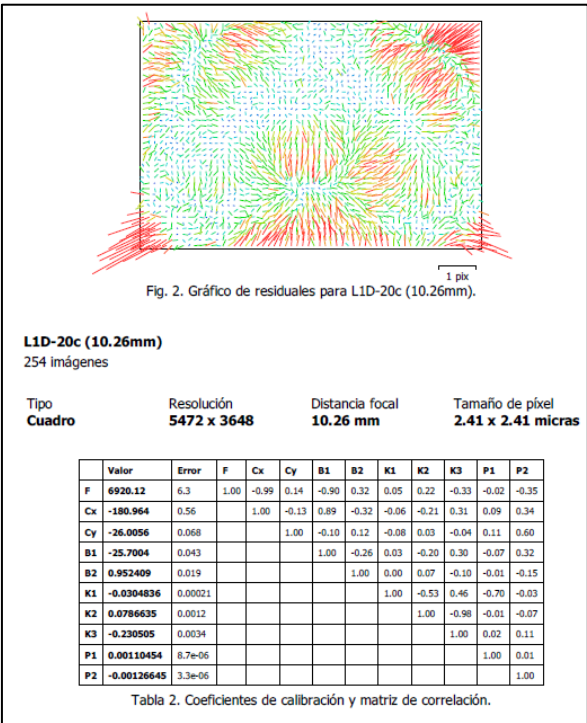


Figura 75. Datos del levantamiento del vuelo final

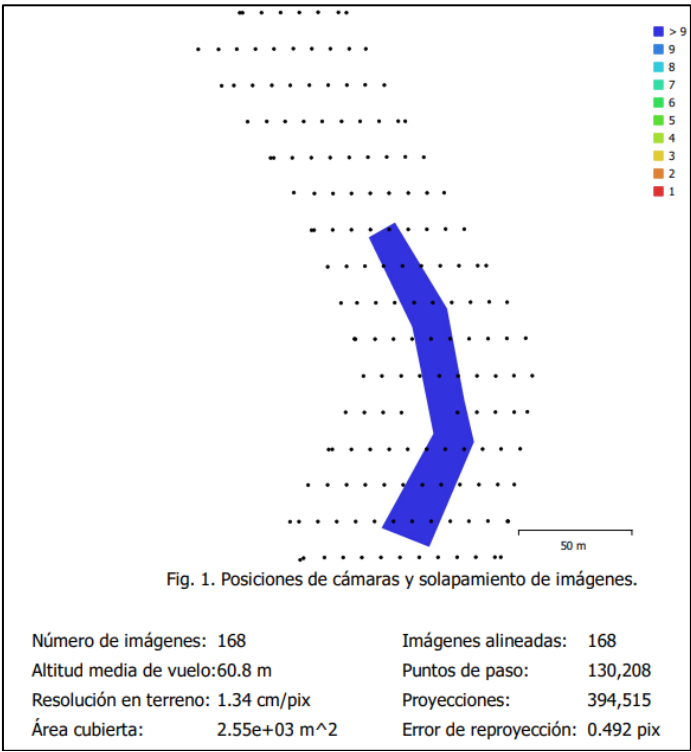


Figura 76. Posiciones de cámaras vuelo fotogramétrico final

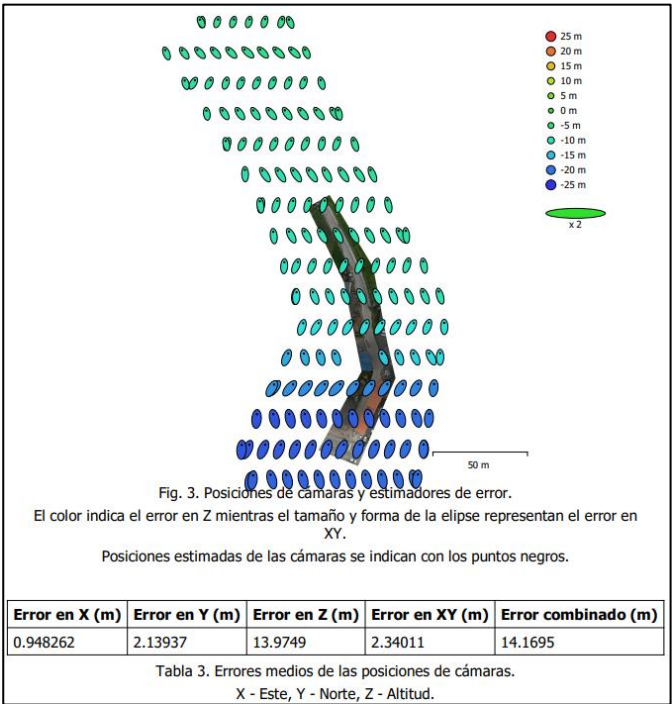
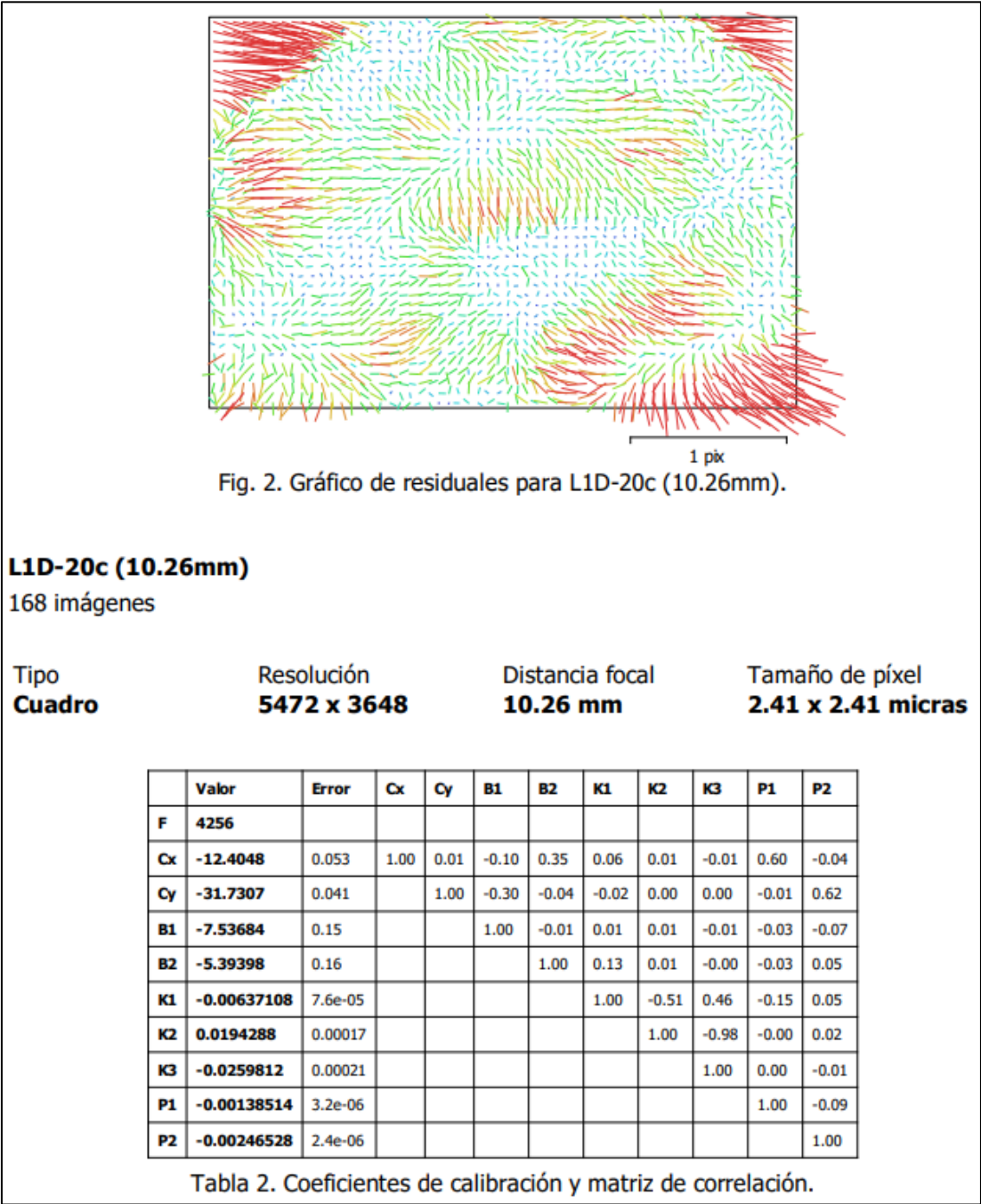


Figura 77. Calibración de cámara vuelo final



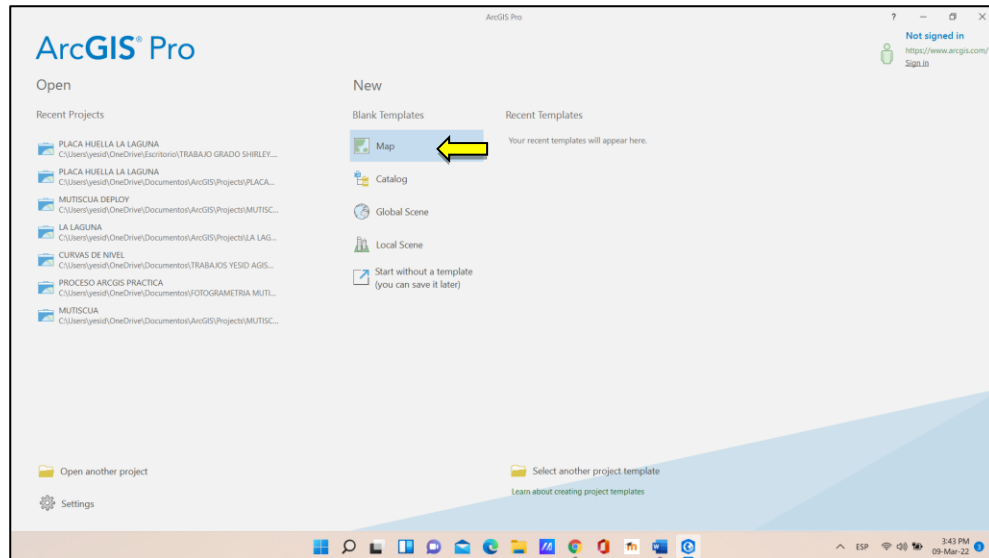
ArcGIS Pro

- 1. Se ingresó al programa ArcGIS Pro.



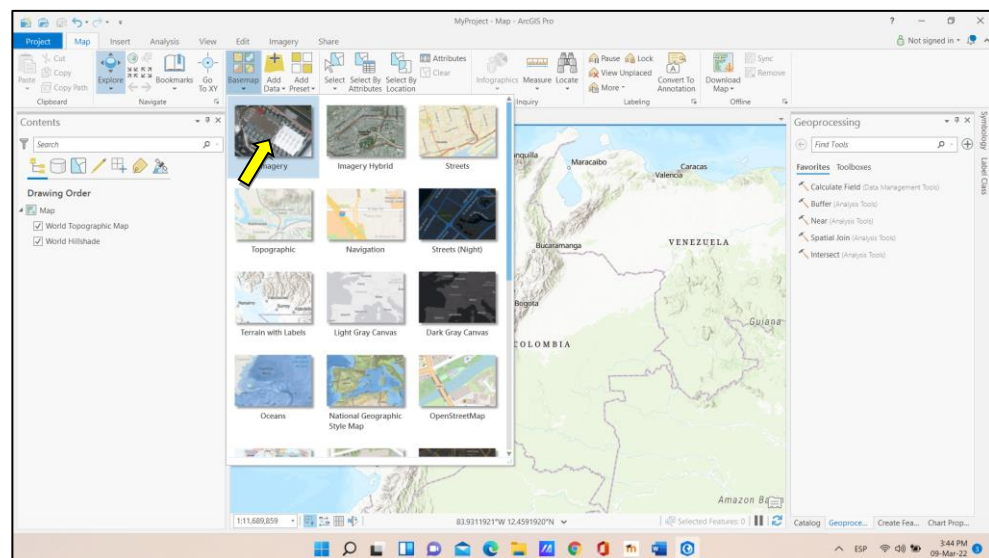
2. Se seleccionó la opción > Map.

**Figura 78.** Pantalla de inicio ArcGIS Pro



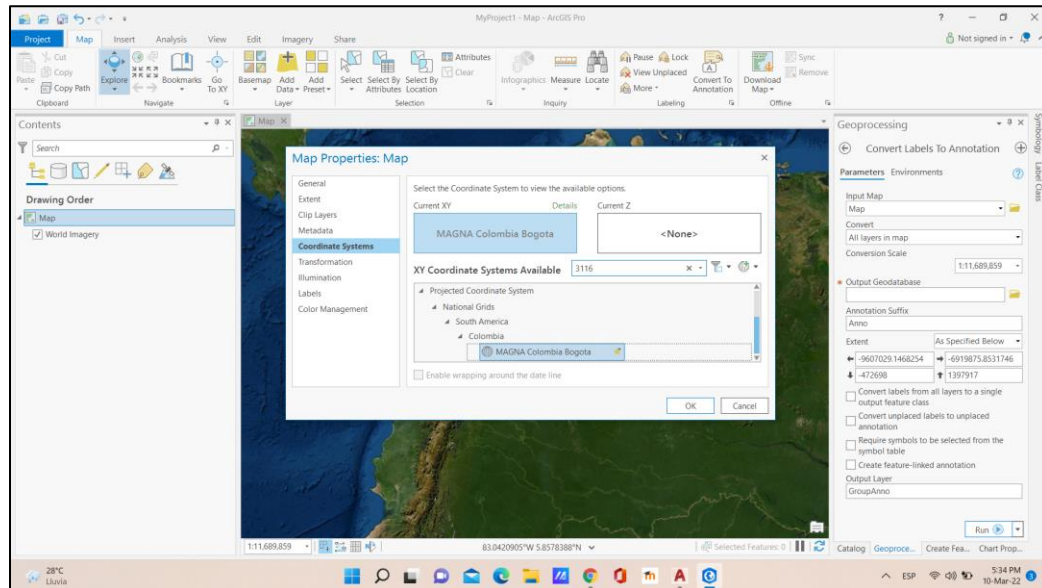
3. Se seleccionó en la barra de herramientas > Map.
4. Seguidamente clic > Basemap > Imagery.

**Figura 79.** Herramienta mapa base



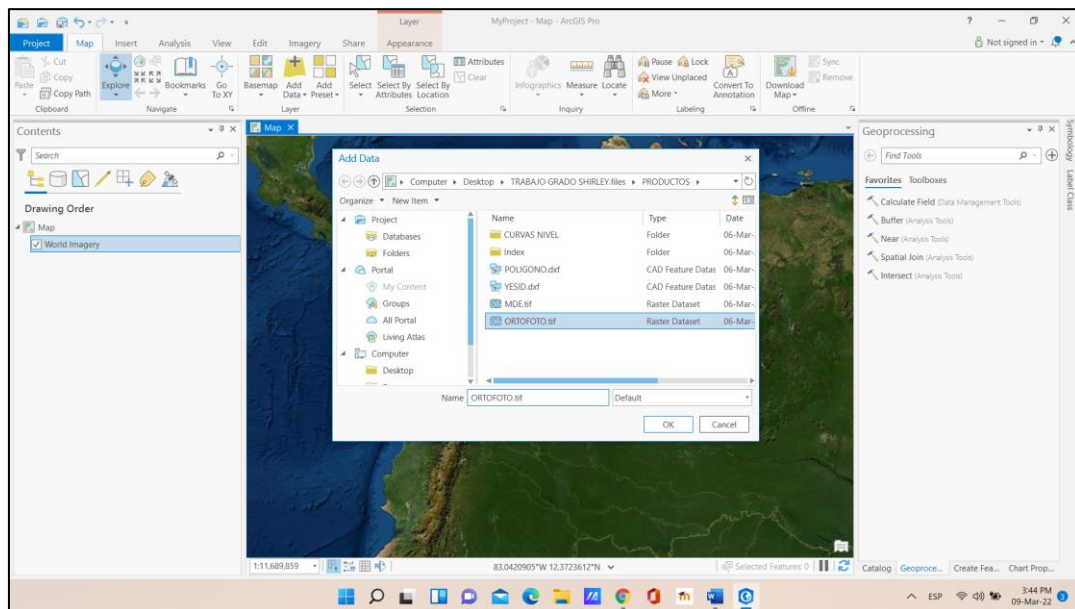
5. En las propiedades de Map se escogió MAGNA-Colombia Bogotá

**Figura 80.** Sistema de coordenadas



6. Add Data > Data > Se buscó en los archivos guardados la ortofoto que se generó en el programa Agisoft Metashape > OK, realizándose la georreferenciación.

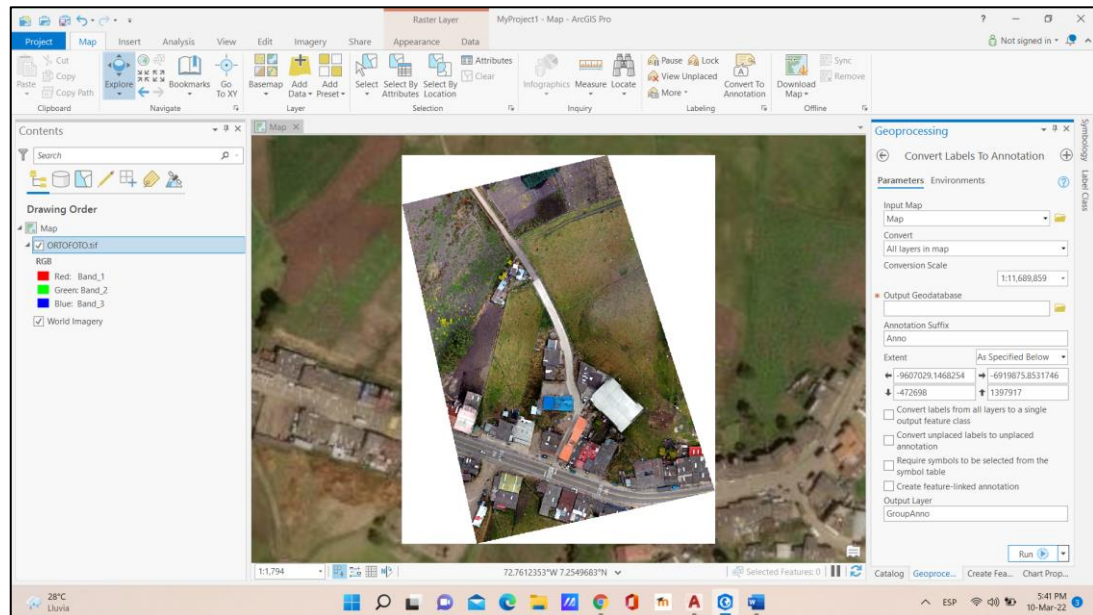
**Figura 81.** Archivo de la ortofoto





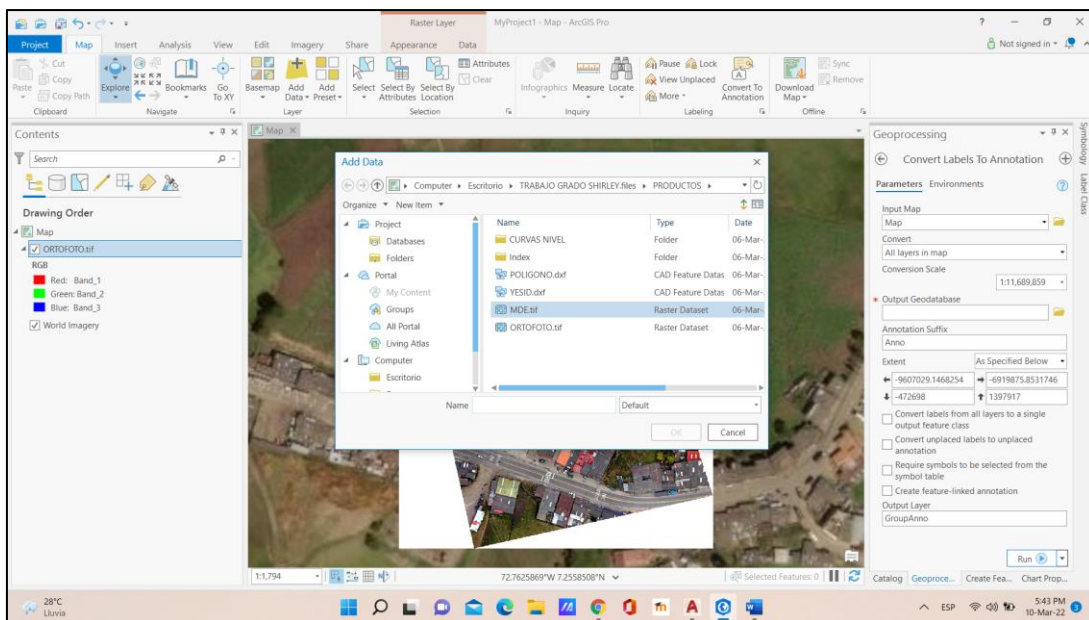
## 7. Ortofoto obtenida del programa Agisoft Metashape.

Figura 82. Ortofoto vuelo final



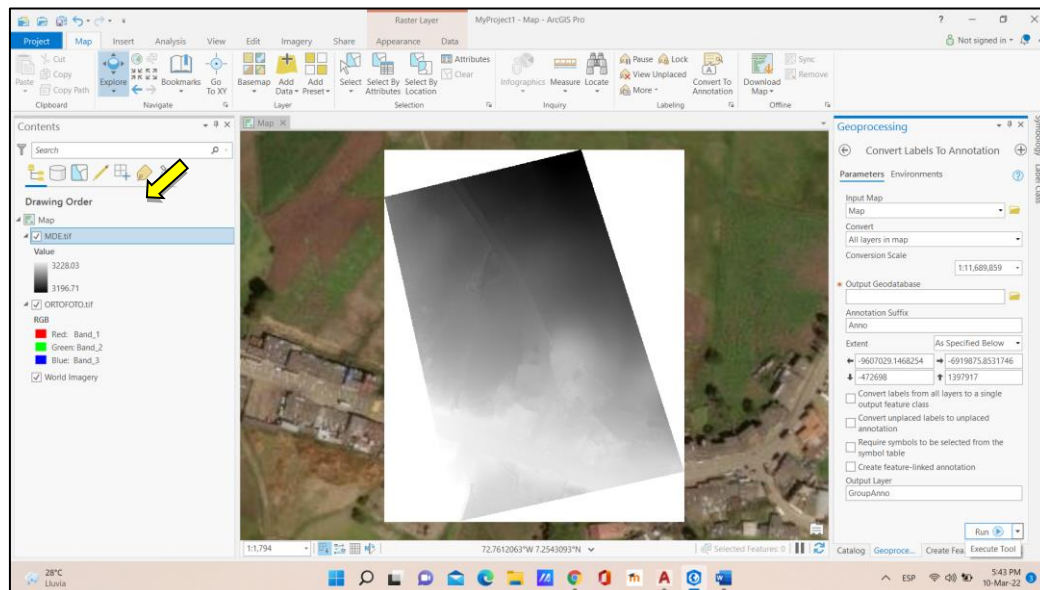
## 8. Se importa el archivo MDE.

Figura 83. Archivo MDE



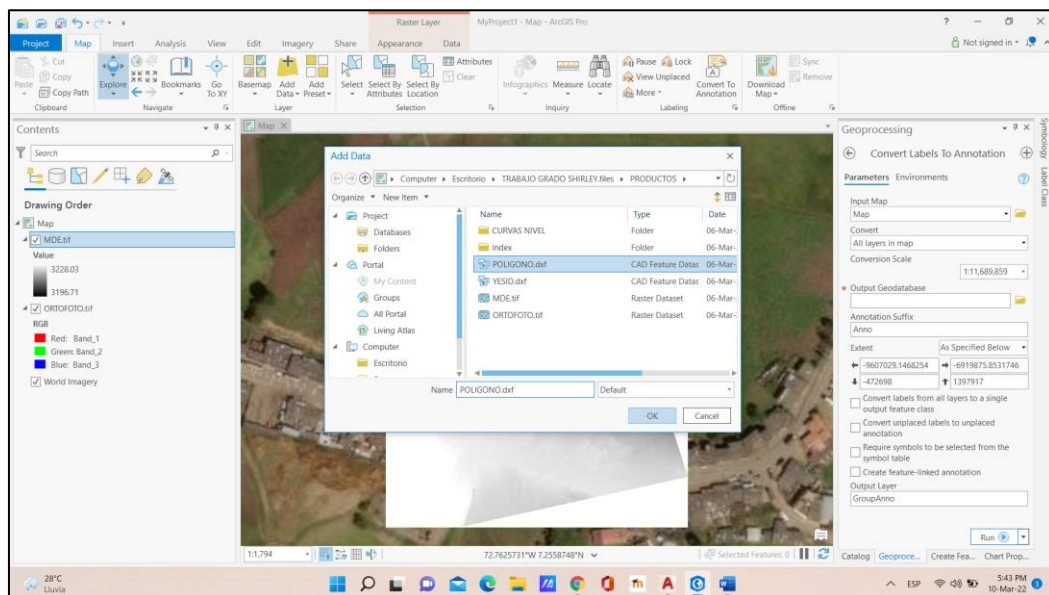
9. En Drawing Order (Orden de dibujo) se seleccionó Map > MDE (Modelo digital de elevaciones).

**Figura 84.** Modelo digital de elevaciones



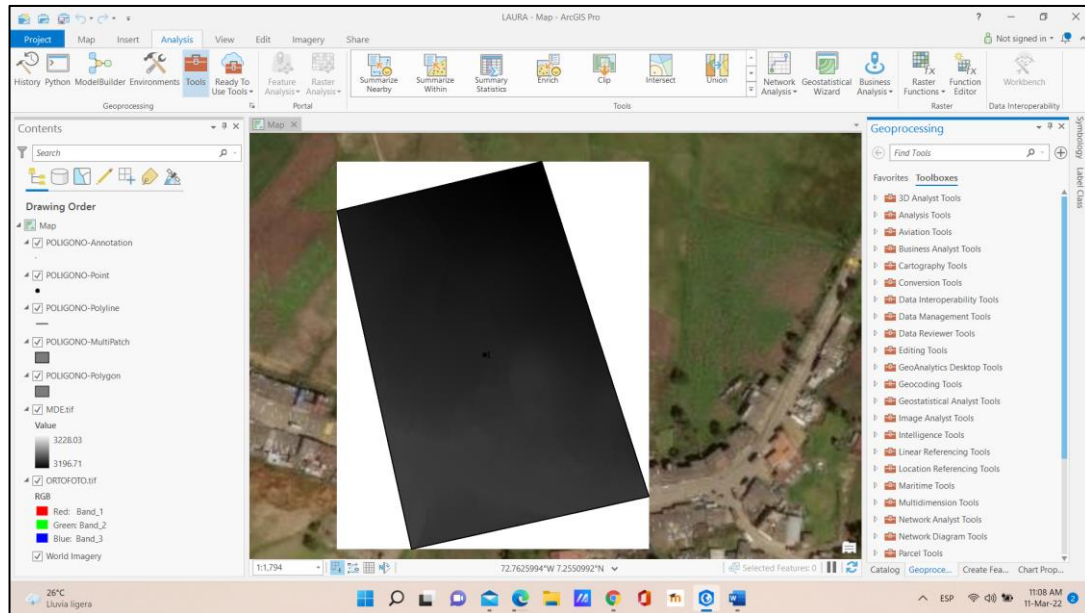
10. Add Data > Data, importándose luego el archivo Polígono.

**Figura 85.** Archivo polígono



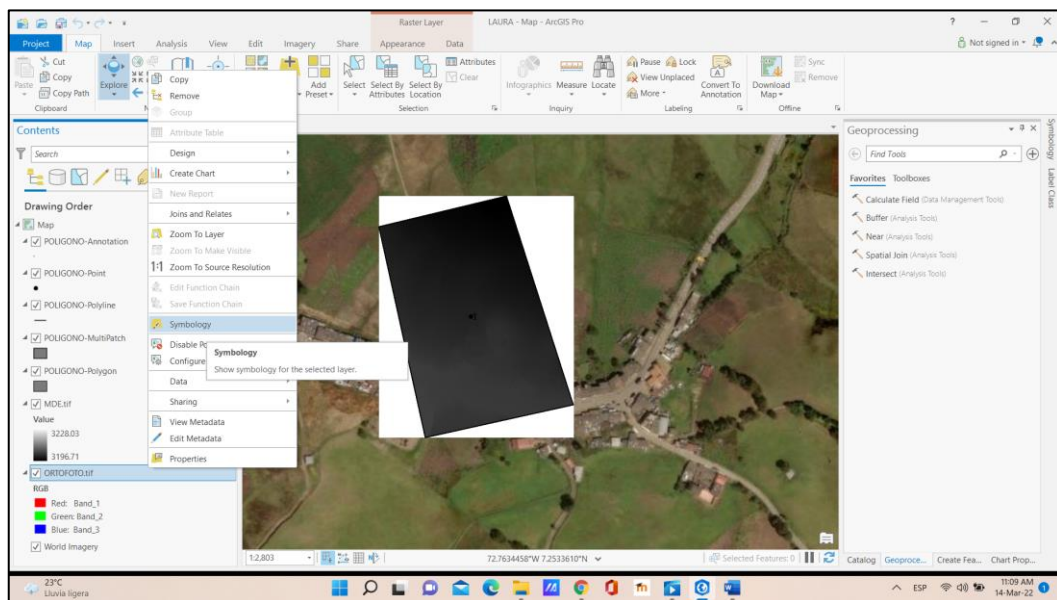
11. En análisis se seleccionó la opción Tools (Herramientas).

**Figura 86.** *Geoprocesamiento de la ortofoto*



12. En contenido se seleccionó la capa del polígono, agregando la simbología de este.

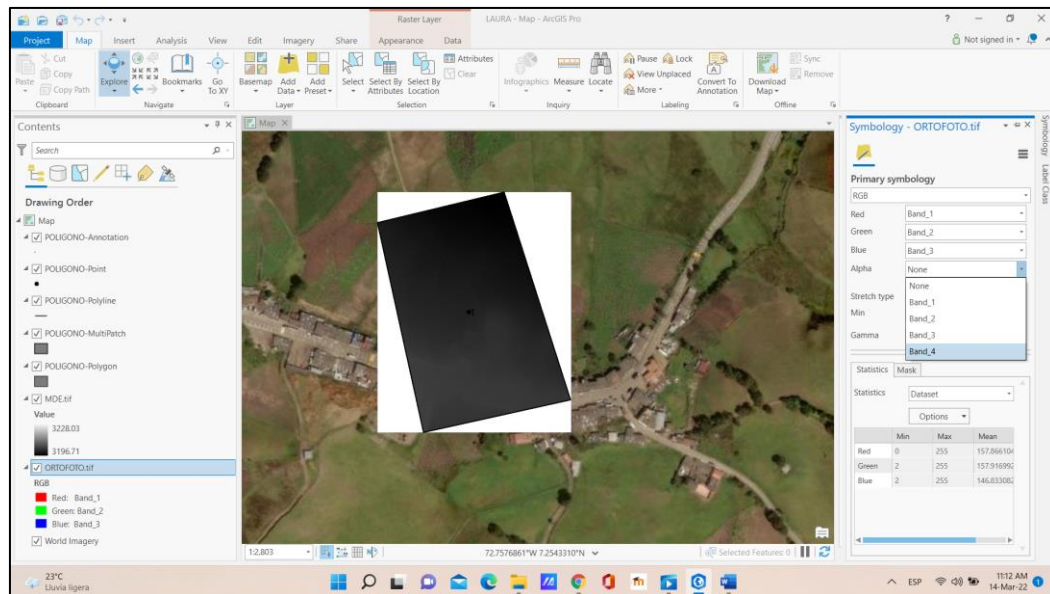
**Figura 87.** *Simbología ortofoto*





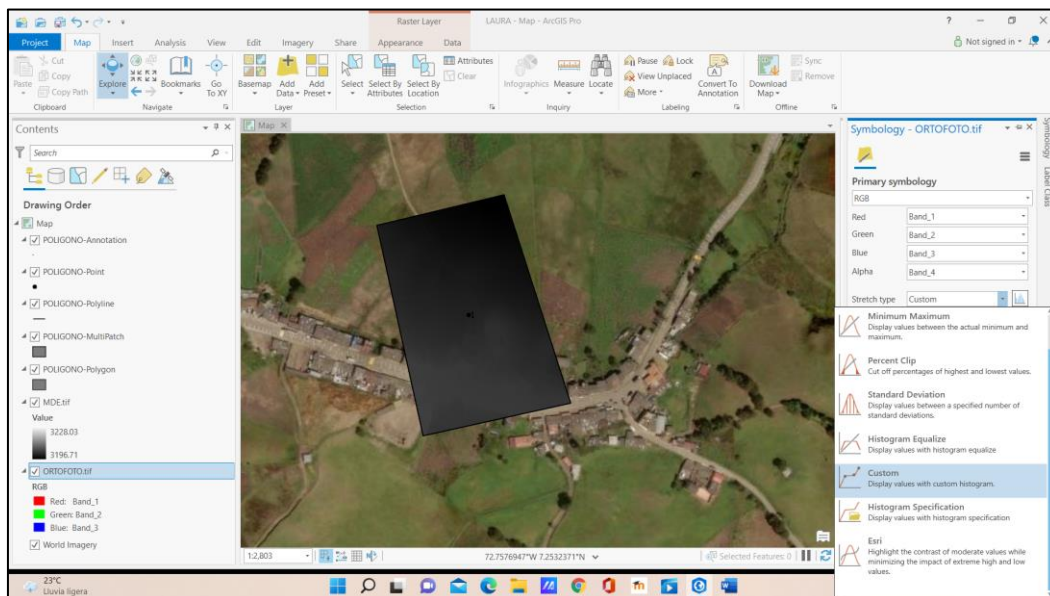
13. Se escogió en la opción simbología de la ortofoto > Alpha la Band\_4.

**Figura 88.** Simbología ortofoto menú de Alpha

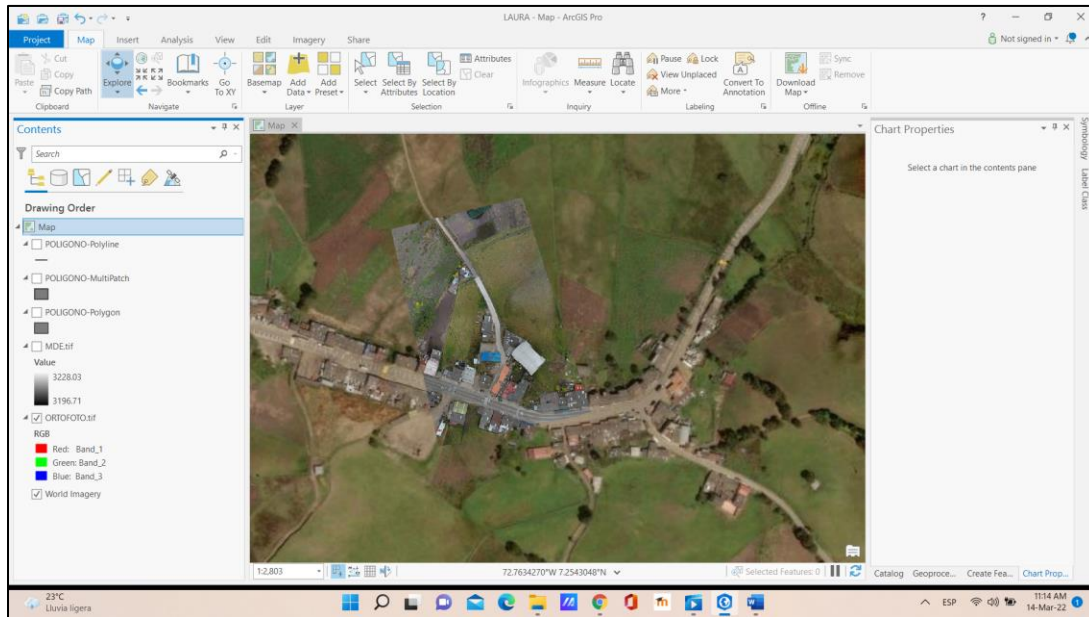


14. En la herramienta Stretch type (Tipo de estiramiento) se escogió la opción Custom (Personalizado).

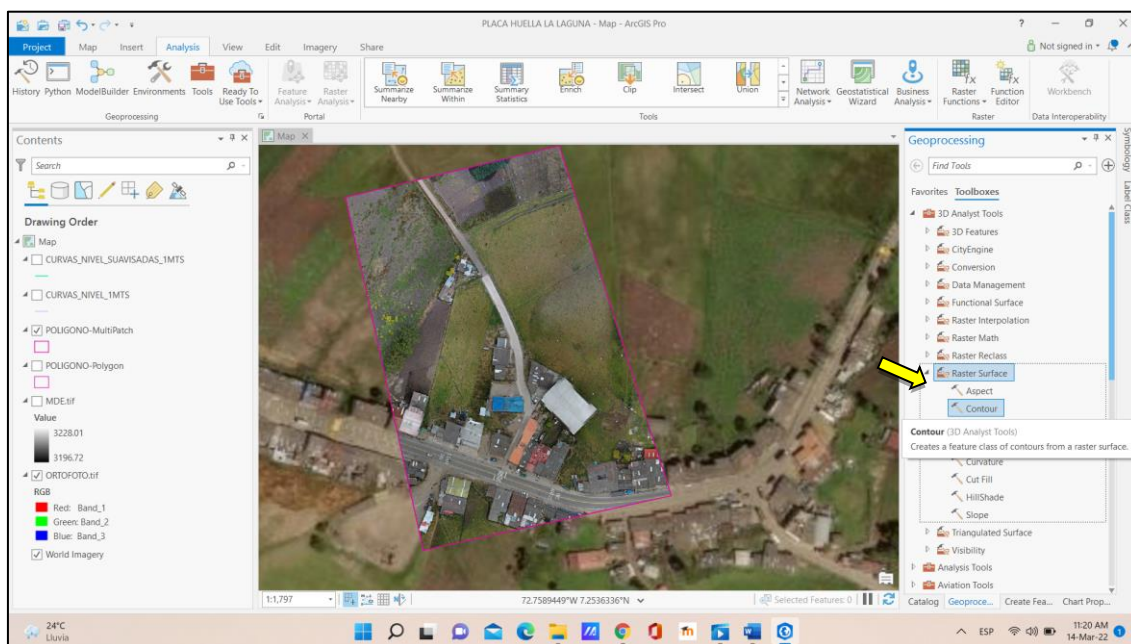
**Figura 89.** Opción Custom



## 15. Ortofoto cargada y georreferenciada.

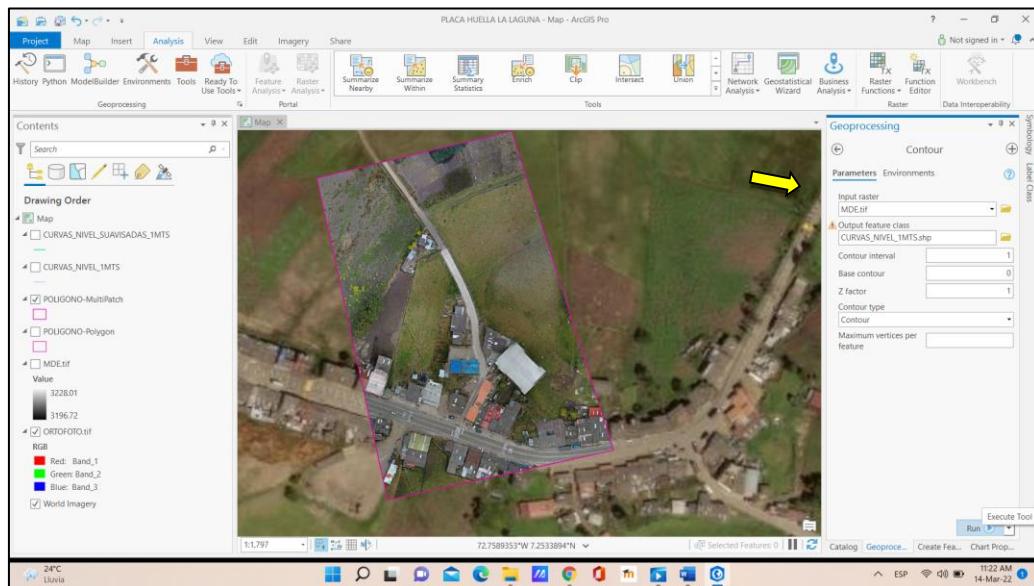
**Figura 90.** Ortofoto georreferenciada

## 16. Seguidamente en la herramienta Tools &gt; 3D Analyst Tools &gt; Raster Surface &gt; Contour.

**Figura 91.** Herramienta 3D Analyst Tools

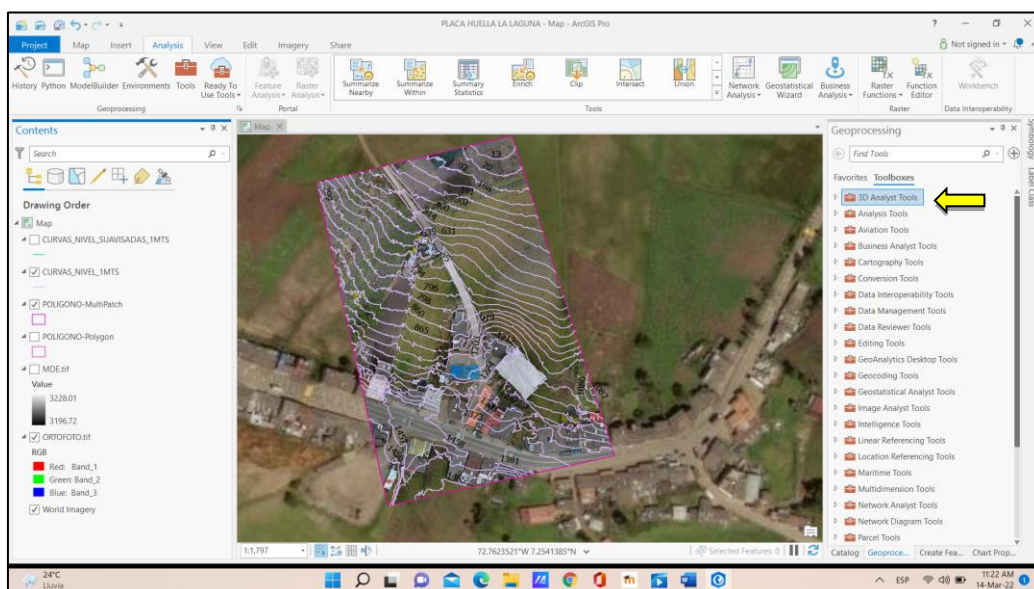
17. En la herramienta contorno se insertó en ráster de entrada el modelo digital de elevación y en función de salida se insertaron las curvas de nivel.

**Figura 92.** Contorno de la ortofoto



18. Como resultado del proceso anterior se obtuvieron las curvas de nivel sobre la ortofoto.

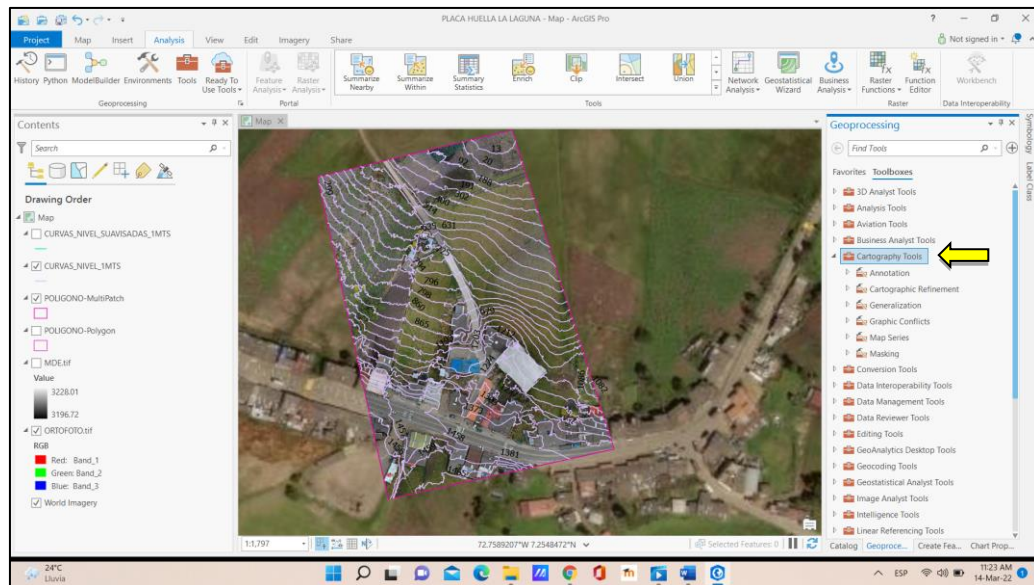
**Figura 93.** Curvas de nivel de la vía en estudio





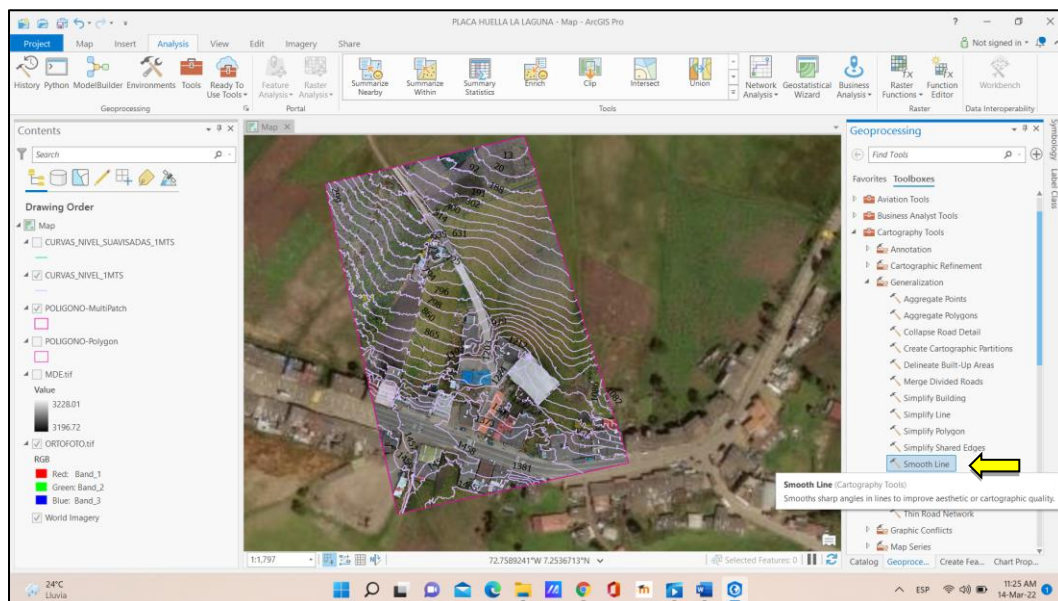
19. En la herramienta Analysis > Tools > se seleccionó > Cartography Tools.

**Figura 94.** Herramienta Cartography Tools



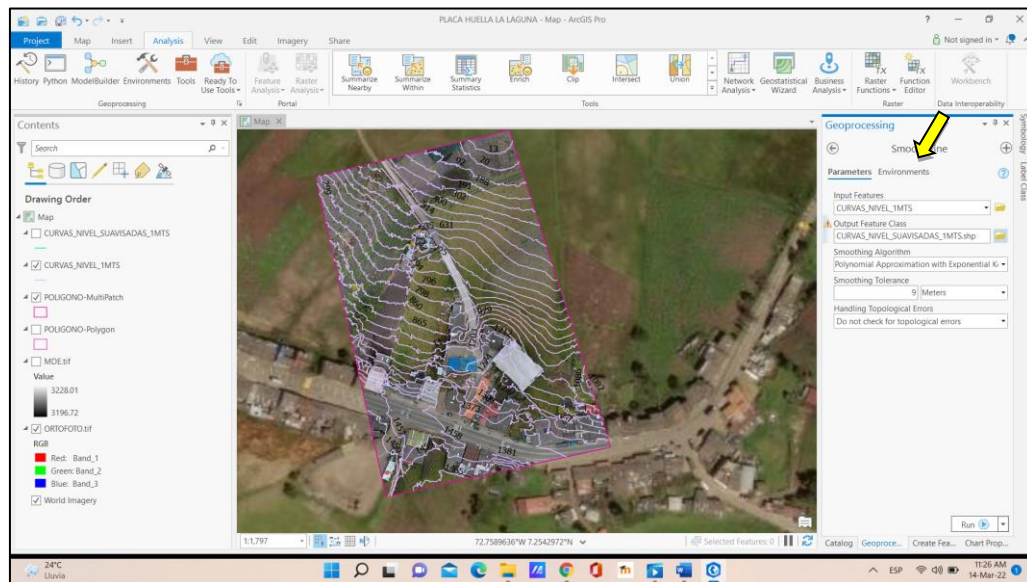
20. Seguidamente se escogió la opción Generalization (Generalización) > Smooth line (Línea suave).

**Figura 95.** Herramienta Smooth line



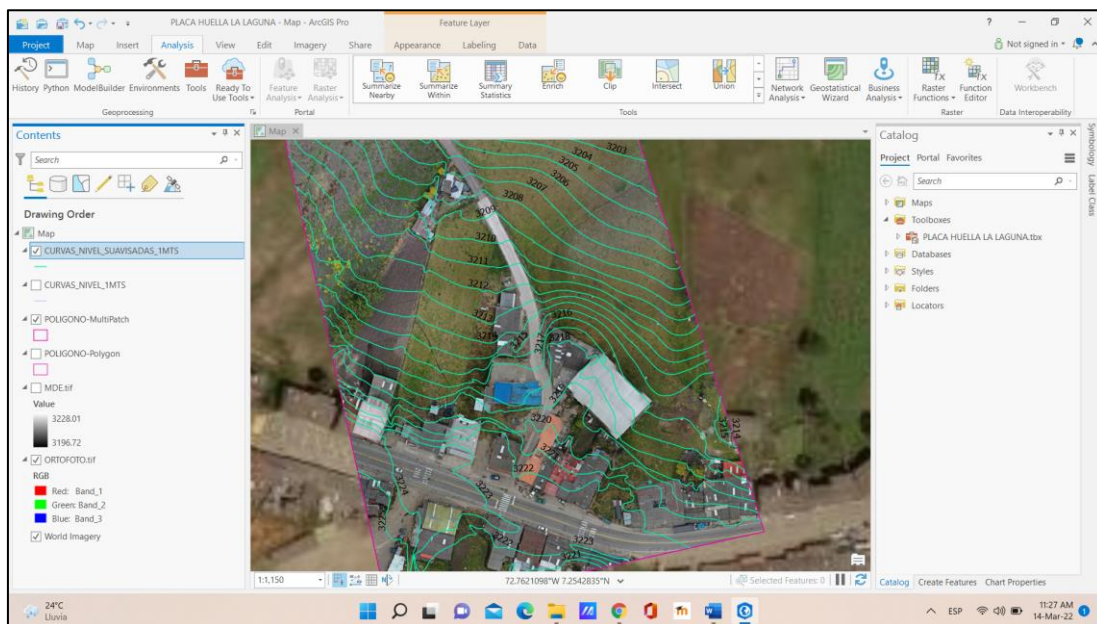
21. En la herramienta Smooth line se insertaron en funciones de entrada las curvas de nivel cada metro y en funciones de salida suavizadas cada metro.

**Figura 96.** Herramienta Smooth line



22. En contenido se seleccionaron las curvas de nivel suavizadas cada metro.

**Figura 97.** Curvas de nivel suavizadas cada metro de la vía en estudio.

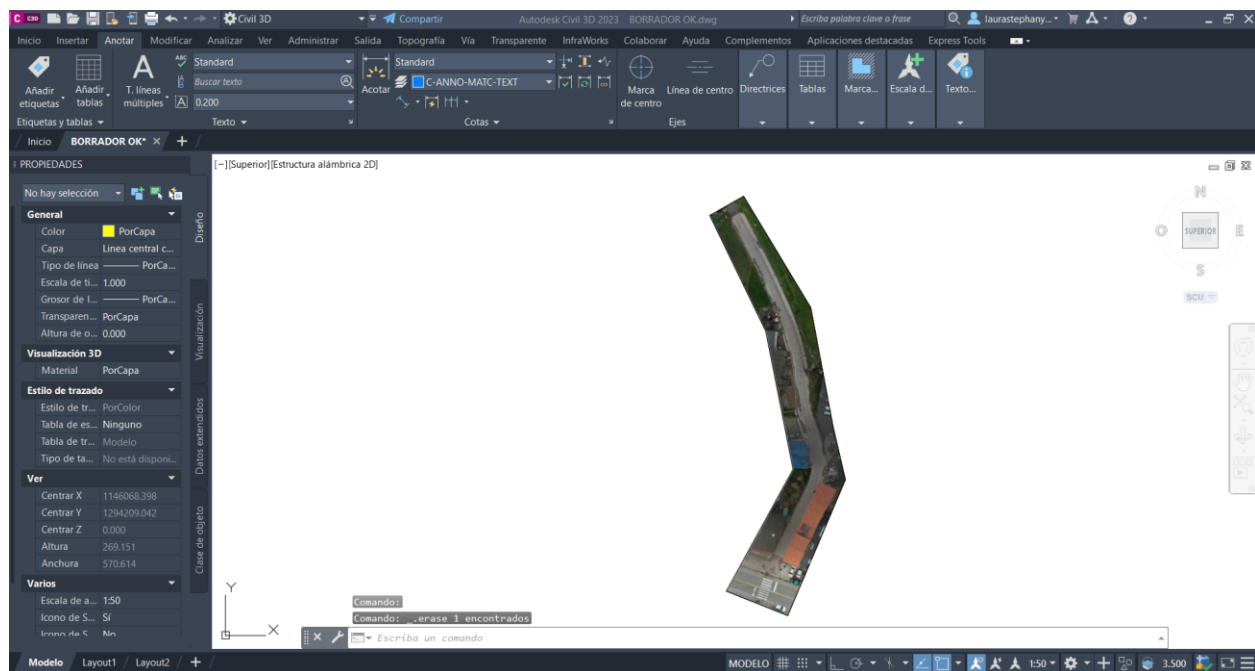




## AutoCAD

Posteriormente, con la ortofoto obtenida en los pasos anteriores, se importa en AutoCAD con su debida georreferenciación.

**Figura 98.** Ortofoto en AutoCAD



Después de obtener el levantamiento topográfico mediante ambos métodos (Convencional y con Dron) se procede a determinar y detallar las actividades de seguimiento, por lo que, a continuación, se describen en el siguiente orden:

- Proceso constructivo
- Funciones de la interventoría
- Interventoría realizada por la Unión Temporal INTERPLACA de forma tradicional

### **4.3 Proceso Constructivo**

En este apartado se ha identificado el proceso constructivo de las actividades de conformación de subrasante, instalación de subbase granular y concreto para placa huella que componen el proyecto de mejoramiento de la vía terciaria Las Minas – La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander. La ejecución de la interventoría ha estado a cargo por la Unión Temporal INTERPLACA MC, la cual ha brindado información importante de información de cantidades y proceso constructivo para llevar a cabo la comparación de datos. Del mismo modo, las actividades identificadas se han ejecutado teniendo en cuenta la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella de INVIA 2015 y las especificaciones técnicas para construcción de carreteras de INVIA 2013. Las actividades mencionadas conforman la estructura del pavimento en el orden ascendente, por tanto, describen de la siguiente manera:

#### **Subrasante**

La subrasante sirve como soporte a las demás capas de pavimento, por tanto, debe cumplir características de resistencia en toda la superficie para evitar fallas. El material granular que puede usarse para la conformación de la subrasante, puede ser: Material del lugar (in situ), combinación de materiales y material de restitución. Generalmente está constituido por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable como lo fue en este caso.

Se inició con el movimiento de tierras a lo largo y ancho de lo que fue la calzada a una profundidad específica según el diseño del perfil y sección transversal de la topografía, este procedimiento se realizó con una motoniveladora, una comisión de topografía y una cuadrilla

que acompaña a la maquinaria para quitar sobre tamaños o elementos que no ayudan en la nivelación del terreno

En caso de que el suelo sea muy seco de acuerdo con la humedad específica del material ha compactar, se humedece conforme a los sistemas de riego tradicionales hasta obtener un grado de  $\pm 2$  % en relación con la humedad óptima de compactación del ensayo Proctor realizado previamente en laboratorio. Cuando la humedad natural sea mayor que la óptima, se remueve el suelo de lado a lado con una motoniveladora ventilándolo hasta llegar al  $\pm 2\%$  la humedad óptima de compactación.

Sin embargo, en la vía construida no fue necesario humedecer debido a que el suelo originalmente es húmedo ya que se encuentra en el páramo El Almorzadero, por su humedad natural y porque recurrentemente presenta precipitaciones, por tal razón se procedió luego del movimiento de tierras y después de haber nivelado el terreno con un vibro compactador, a verificar la densidad del terreno por medio del ensayo del cono de arena confirmando el cumplimiento del grado de compactación por encima del 90% del Proctor del suelo, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas para construcción de carreteras de INVIAS 2013. Al realizarse la compactación, se comprobó que la superficie no tenía deformaciones y diferencias de nivel que no estaban expresados en los lineamientos.

### **Subbase granular**

Capa que soporta, transmite y distribuye uniformemente las capas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento hacia la subrasante.

En la conformación de la subbase granular, se inició con el suministro del material seleccionado (agregados granulares) nivelándose conforme a las pendientes y dimensiones

establecidas en el plano y diseño de la vía, el espesor de esta capa y para cualquier diseño es de quince centímetros (0.15m) en todo el ancho de la sección transversal según lo indicado en la guía de diseño de pavimento con Placa-huella INVIAS 2015.

Por otro lado, cuando el material seleccionado se encuentre en estado suelto, deberá ser esparcido al  $\pm 2\%$  de humedad natural respecto a la humedad óptima, este procedimiento se realiza con una motoniveladora. Cuando en la conformación de la subrasante no se permite configurar el bombeo en las tangentes de  $-2\%$ , el peralte y su transición en las curvas de  $2\%$  debe realizarse en la subbase. Por lo que, la subbase en la parte central de la calzada y en la parte externa de las curvas horizontales tendrá que llevar un espesor superior, según lo establecido especificaciones técnicas para construcción de carreteras de INVIAS 2013.

Seguidamente se realizó la compactación con el vibro compactador, esto se hizo desde los bordes hacia el centro y en las curvas del borde interior al exterior, todo esto progresivamente hasta obtener la densidad que cumpliera con el ensayo Proctor según las especificaciones (INVIAS, 2013). El contratista colocó tacos de nivel en los extremos de la calzada para mantener el control en el espesor durante su colocación, esparcimiento y compactación del material seleccionado en la subbase.

### **Placa-huella**

Es una losa de concreto reforzado que se funde sobre la subbase granular, el acero de refuerzo de esta losa de concreto se entrecruza con el acero de refuerzo de la viga riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella siguiente, cada placa huella en una sección (módulo) de 3.0 metros.

Se inició con la excavación del área de la viga riostra, donde se excavó en la subbase una zanja transversal de ancho 20 centímetros y de 18 centímetros de profundidad, su longitud es

variable ya que se ajusta al ancho de la sección transversal de la vía. Lo anterior por lo que la viga riostra cuenta con un peralte de 30 centímetros más un solado de tres centímetros, en total 33 centímetros, por lo que se realiza la diferencia entre la profundidad excavada y el espesor de la placa-huella de 15 centímetros ( $0,33 \text{ m} - 0,15 \text{ m} = 0,18 \text{ m}$ ) (INVIAS, 2015).

En segundo lugar, se ubicó la formaleta conservando la separación entre módulos de 3.0 metros, dentro de los módulos se ubicaron cajones para la huella en concreto reforzado de 90 centímetros por 3.0 metros, separados cada 20 centímetros (ancho de la viga riostra). Seguidamente, se realizó la malla de refuerzo con varilla de 3/8 de pulgada cada 0.20 metros y 4 varillas longitudinales. En cuanto al hierro de las vigas riostras, se colocaron flejes rectangulares cada 0.20 metros y 4 varillas longitudinales de 3/8 de pulgada (INVIAS, 2015).

Posteriormente se fundieron las placas de concreto reforzado y la viga riostra en concreto clase D, con una resistencia a la compresión de 3.000 PSI. Después se realizó el rayado en forma de esqueleto de pescado separadas cada 20 centímetros, esto permitió mayor adherencia y tracción de las llantas del vehículo con la vía, además, para que permita el desagüe hacia las cunetas. Luego se retiraron los cajones de la formaleta de la placa huella en concreto reforzado, y se fundió la placa central de ancho 0.90 metros y placas laterales de 0.45 metros de piedra pegada en concreto ciclópeo clase G con piedra rajón menor o igual a 15cm sin sobre anchos por ser curva tipo I.

Seguidamente se realizó la colocación de la formaleta en la cuneta de ancho 0.70 metros a cada lado y se instaló el acero de refuerzo de 3/8 de pulgada, luego se fundió en concreto hidráulico clase D, así mismo, se deben tomar muestras para verificar que este si cumpla con la especificación del concreto hidráulico clase D (3000 Psi). Y por último se construyó el bordillo

con ancho de 0.20 metros y 0.55 metros de altura a cada lado de la misma, cuya función fue demarcar la vía. Tanto la placa huella como la piedra pegada tienen espesor de 0.15 metros por su parte, la viga riostra de 0.18 metros (INVIAS, 2015).

#### **4.4 Funciones de la Interventoría**

Estas funciones son propuestas teniendo en cuenta lo descrito en el manual de interventoría de INVIAS 2010, las especificaciones técnicas para construcción de carreteras de INVIAS 2013 y conceptos de la guía de guía de diseño de pavimentos con Placa-Huella de INVIAS 2015. También, son consideraciones importantes para los procesos de construcción de pavimentos y en este caso placa huella.

##### **Subrasante**

Para dar por terminada esta operación, la interventoría debe supervisar que la capa subrasante este conforme a lo establecido en las especificaciones técnicas de construcción de carreteras, en este caso, además conforme a la guía de diseño de pavimentos con Placa-Huella las cuales son:

- a. Grado de compactación de la capa subrasante.
- b. Espesor de la capa subrasante compactada.
- c. Calidad del material. Verificar que cumpla las especificaciones técnicas del laboratorio.
- d. Comprobar que los niveles de la superficie sean los requeridos en la capa subrasante y según lo establecido en el diseño de la vía.

La capa subrasante debe tener de forma controlada y anticipada un seguimiento en todas sus etapas hasta la compactación y así mismo, de manera posterior, la aprobación de esta por el interventor donde debe verificar las dimensiones en área y volumen que se nivelaron para la

conformación del suelo natural para que después el contratista continúe con la colocación de la siguiente capa (INVIA, 2010).

### **Subbase granular**

Para culminar la colocación de la subbase granular y su aprobación por parte de la Interventoría, se hace conforme a la normatividad y especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías 2013 y la guía de diseño de pavimentos con Placa-huella, las cuales son:

- a. Grado de compactación de la capa subbase granular.
- b. Espesor de la capa subbase granular cuando se haya compactado.
- c. Calidad del material. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas realizadas en laboratorio.
- d. Comprobar los niveles de la superficie de subbase granular según el diseño de la vía.

La interventoría debe llevar un seguimiento y control rectificando el perfil longitudinal y sección transversal de la vía, que se encontrara adecuadamente extendida, conformada y compactada cumpliendo la especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías.

### **Placa-huella**

En cada paso constructivo de la Placa-huella se debe realizar el seguimiento y control por parte de la interventoría, iniciando por verificar las dimensiones de la excavación para las vigas riostras, luego que la colocación de las formaleas sea resistente y estable y con las medidas establecidas. Una vez esto, se debe garantizar que el acero de refuerzo sea el requerido en la malla de refuerzo y el amarre de este, Para las huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas inicial y final, el concreto debe ser clase D con una resistencia a la compresión de 3.000 PSI; y para las placas centrales y laterales de piedra pegada en concreto ciclópeo clase G,

materiales que deben cumplir las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, INVIAS 2013.

Verificar que la huella lleve una armadura en hierro de 3/8" de pulgada cada 0.20 metros en ambos sentidos. En cuanto al hierro de las viguetas intermedias y vigas extremas, garantizar que se hayan colocado flejes rectangulares cada 0.20 metros y 4 varillas longitudinales, de 3/8 de pulgada.

Con el fin de evitar la socavación de los lados laterales huella por acción de las aguas lluvias y garantizar la durabilidad de las obras, se ejecutará cunetas revestidas en concreto clase D, Además, se debe garantizar que la berma-cuneta y el bordillo se fundan conjuntamente todo esto para evitar que se creen fisuras que deterioran el pavimento (INVIAS, 2015).

Por todo esto, la interventoría debe verificar las dimensiones de la Placa-huella, la calidad de los materiales usados y correcta disposición, en cada etapa de su construcción según el previo diseño de la vía y la normatividad vigente en el instituto Nacional de Invias y la Guía de Diseño Pavimentos con Placa-huella de INVIAS 2015.

#### **4.5 Interventoría Tradicional**

En el presente apartado, se expone el procedimiento, actividades, recursos utilizados en la interventoría tradicional que se ejecuto al proyecto de mejoramiento con placa huella del corredor vía terciario Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, el cual ha sido ejecutado por la Gobernación de Norte de Santander, la cual contrato a un contratista constructor y la **Unión Temporal INTERPLACA MC** como interventor cuya representante legal es MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA. Igualmente, esta última suministro la información de los datos base, que más adelante es



comparada, en virtud de verificar el alcance del rendimiento de costos, logística, accesibilidad de los dos métodos para el seguimiento de obra.

**Objeto:** INTERVENTORÍA TÉCNICA ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA SOBRE EL CONTRATO DE OBRA PARA MEJORAMIENTO VÍAS Terciarias Priorizadas, con Placa Huella, Municipios de CACOTA, MUTISCUA, PAMPLONITA Y SILOS, NORTE DE SANTANDER.

A continuación, se mencionan y detallan los informes semanales de las actividades ejecutadas por parte de la interventoría, en primera instancia se desglosará día por día de la primera semana y seguidamente los informes por semana.

Lunes 25 de octubre, 2021

**Clima:** Soleado, parcialmente soleado. Parcialmente nublado, soleado, nublado.

**Equipos y maquinaria:** Nivel topográfico, mira topográfica, vibro compactador, retroexcavadora.

**Personal:** 1 Residente de obra, 1 residente de interventoría, 1 comisión de topografía, 2 maquinistas.

Descripción de actividades realizadas:

1. Colocación de estacas y abscisado del tramo vial para el levantamiento topográfico del K0+000 al K0+061
2. Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.
3. Visita técnica por parte del contratista de obra e interventoría para dar inicio oficialmente a las actividades de a placa huella.
4. Por parte de interventoría se solicitan las actas de vecindad e intervención de predios

5. Excavación mecánica para corte de material vegetal de la subrasante
6. Conformación de la subrasante del K0+000 al K0+061

### Observaciones

1. Suministro de material de subbase de la cantera la torre.
2. Aun no se tiene una dosificación definida por parte del contratista, sin un documento firmado y por un laboratorio.

### Registro fotográfico

**Figura 99.** Registro fotográfico de actividades realizadas 25 de octubre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Martes 26 de octubre, 2021

**Clima:** Parcialmente nublado, soleado. Nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Motoniveladora, vibro compactador, volqueta, nivel, retroexcavadora.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de Actividades realizadas:

1. Colocación de estacas y abscisado del tramo vial entre el K0+061 al K0+123
2. Visita de la sito del contratista para la implementación de los elementos de seguridad de los trabajadores.
3. Excavación mecánica para corte de material vegetal de la subrasante
4. Conformación de la subrasante entre el K0+061 al K0+123
5. Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.

### **Observaciones**

1. Se le recuerda al residente de obra que todos los trabajadores deben tener sus elementos de seguridad personal mientras estén en horario laboral.

### **Registro fotográfico**

**Figura 100.** Registro fotográfico de actividades realizadas 26 de octubre

Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC.

Miércoles 27 de octubre, 2021

**Clima:** Nublado, soleado. Lluvias ligeras, fuertes lluvias.

**Equipos y maquinaria:** Motoniveladora, retroexcavadora, volqueta, carreta.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de Actividades realizadas:

1. Extendido de la subbase para el tramo vial del K0+000 al K0+061.
2. Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.
3. Retiro manual mediante carreta de escombros y material vegetal debido al corte de la subrasante.

Observaciones

- 1. Suministro de material de subbase de la cantera la torre.
- 2. Aun no se tiene una dosificación definida por parte del contratista, sin un documento firmado y por un laboratorio.

Registro fotográfico

Figura 101. Registro fotográfico de actividades realizadas 27 de octubre

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| ACTIVIDAD<br>Extendido de material de subbase                                       | ACTIVIDAD<br>Extendido de material de subbase                                        |
|  |  |
| ACTIVIDAD<br>suministro de la subbase                                               | ACTIVIDAD<br>Retiro de material vegetal                                              |

Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Jueves, 28 de octubre de 2021

Clima: Parcialmente nublado, lluvias ligeras.

Equipos y maquinaria: Motoniveladora, volqueta, carreta.



**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

- 1. Extendido de la subbase por el tramo vial entre el K0+061 al K0+123.
- 2. Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.
- 3. Retiro manual mediante carreta de escombros y material vegetal debido al corte de la subrasante.

**Observaciones**

- 1. Suministro de 400 pacas de cemento argos estructural.
- 2. Almacenamiento de 400 pacas de cemento argos estructural.
- 3. Suministro de arena y triturado de la cantera retrozaen

**Registro Fotográfico**

**Figura 102.** Registro fotográfico de actividades realizadas 28 de octubre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Viernes 29 de octubre, 2021

**Clima:** Nublado.

**Equipos y maquinaria:** Motoniveladora, vibro compactador, carreta, nivel.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Conformación de la subbase por el tramo vial del K0+000 al K0+061.
2. Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.
3. Retiro manual mediante carreta de escombros y material vegetal debido al corte de la subrasante.

### Observaciones

1. Suministro de acero de refuerzo, varillas de 1/4, 1/2 y 3/8.
2. Suministro de arena y triturado de la cantera retrosaenz.

### Registro fotográfico

**Figura 103.** Registro fotográfico de actividades realizadas 29 de octubre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC.

Sábado 30 de octubre, 2021

**Clima:** Nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Vibro compactador, nivel.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Conformación de la subbase por el tramo vial del K0+061 al K0+123.
2. Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.
3. Almacenamiento de las varillas 1/4, 1/2 y 3/8.

### Registro Fotográfico

**Figura 104.** Registro fotográfico de actividades realizadas 30 de octubre

|                                                                        |                                                               |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                                        |                                                               |
| ACTIVIDAD Suministro de Triturado                                      | ACTIVIDAD Corte, figurado y armado de acero para viga riostra |
|                                                                        |                                                               |
| ACTIVIDAD Colocacion de plastico negro encima de la subbase compactada | ACTIVIDAD Compactacion de subbase con motoniveladora          |

Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Semana del 1 de Noviembre a 6 de Noviembre de 2021



**Clima:** Parcialmente nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Mezclador de concreto, martillos, picas, palustres, frizador, serrucho, sierra, segueta, pala, carreta.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Visita de interventoría para toma de densidades para verificar la compactación de la subbase instalada en el tramo vial.
2. Excavación manual para viga riostra del K0+000 al K0+025
3. Instalación de acero de refuerzo para viga riostra
4. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para losas huella derecha e izquierda del K0+000 al K0+025
5. Fundida de huella derecha e izquierda entre el K0+000 al K0+025
6. Preparación de concreto tipo D para losas huellas
7. Fundida de piedra pegada central de 0,90m entre el K0+000 al K0+025.
8. Excavación manual para bordillos
9. Preparación de concreto tipo G para losas en pegada piedra
10. Excavación manual para rampa final
11. Instalación de acero de refuerzo para rampa final ubicada en K0+123
12. Corte de tablas para formaletas en madera
13. Corte manual de tablas para formaletas en madera de piedra pegada

14. Colocación de formaleta en madera para fundida de piedra pegada lateral derecha e izquierda de 0,45 entre el K0+000 al K0+025
15. Fundida de piedra pegada izquierda y derecha de 0,45 entre el K0+000 al K0+025.
16. Preparación de concreto tipo G para losas en piedra pegada de 0,45
17. Corte y figurado de acero de refuerzo para viga riostra
18. Corte manual de tablas para formaletas en madera de cuneta
19. Colocación de formaleta en madera para fundida de cuneta derecha e izquierda entre el K0+000 al K0+025.
20. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para cuneta derecha e izquierda entre el K0+000 al K0+025.
21. Fundida de cuneta derecha e izquierda entre el K0+000 al K0+025.
22. Corte y figurado de acero de refuerzo para viga riostra
23. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillos.
24. Preparación de concreto tipo D para cuneta.
25. Colocación de formaleta en madera para fundida de bordillo derecha e izquierda entre el K0+000 al K0+025
26. Instalación de acero de refuerzo para bordillos entre el K0+000 al K0+025
27. Fundida de bordillo derecho e izquierdo entre el K0+000 al K0+025
28. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillos.
29. Preparación de concreto tipo D para bordillo.

### **Observaciones**

1. No se conoce el diseño de mezclas por parte del contratista de obra.

2. Se le reitera al ingeniero de obra sobre el aseo y limpieza de la obra después de terminar el día laboral.

### Registro Fotográfico

**Figura 105.** Registro fotográfico de actividades realizadas 1 de noviembre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Semana del 8 de Noviembre a 13 de Noviembre de 2021

**Clima:** Parcialmente nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Vibro compactador a gasolina, mezclador de concreto, palas, picas, carreta, martillo.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Excavación manual para viga riostra del K0+025 al K0+050
2. Instalación de acero de refuerzo para viga riostra
3. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para las huella derecha e izquierda del K0+025 al K0+050
4. Fundida de huella izquierda entre el K0+025 al K0+050
5. Preparación de concreto tipo D para las huellas

6. Fundida de piedra pegada central de 0,90m entre el K0+025 al K0+050.
7. Excavación manual para bordillo
8. Preparación de concreto tipo G
9. Corte y figurado de acero de refuerzo de viga riostra
10. Corte manual de tablas para formaletas en madera.
11. Fundida de piedra pegada izquierda y derecha de 0,45 entre el K0+025 al K0+050.
12. Excavación manual para bordillo
13. Preparación de concreto tipo G para losas en piedra pegada
14. Corte y figurado de acero de refuerzo de viga riostra
15. Corte manual de tablas para formaletas en madera.
16. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillos.
17. Corte manual de tablas para formaletas en madera para cuneta
18. Colocación de formaletas en madera para fundida de cuneta K0+025 al K0+050.
19. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para cuneta.
20. Fundida de cuneta izquierda y derecha entre el K0+025 al K0+050.
21. Corte y figurado de acero de refuerzo de viga riostra
22. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillos.
23. Preparación de concreto tipo D para cuneta.
24. Colocación de formaleta en madera y acero para fundida de bordillo derecha e izquierda entre el K0+025 al K0+050.
25. Instalación de acero de refuerzo para bordillos
26. Fundida de bordillo derecha e izquierda entre el K0+025 al K0+050.

- 27. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillos.
- 28. Preparación de concreto tipo D para bordillos.

Observaciones

- 1. Se le recuerda al ingeniero de obra sobre el recubrimiento de acero de refuerzo de los bordillos, cunetas y losas en huella.
- 2. Se le sugiere al ingeniero de obra que todos los trabajadores deben utilizar sus elementos de protección personal.

Registro fotográfico

Figura 106. Registro fotográfico de actividades realizadas 8 al 13 de noviembre

|                                                                                       |                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|     |   |
| ACTIVIDAD Colocación de formaletas en madera para losa huella                         | ACTIVIDAD Colocacion de formaletas en madera para losa huella                        |
|    |  |
| ACTIVIDAD Utilizacion de la vibrocompactador a gasolina en algunos tramos inestables. | ACTIVIDAD Ratoneo de losa huella                                                     |

Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Semana del 15 de Noviembre a 20 de Noviembre de 2021

Clima: Parcialmente nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Vibro compactador a gasolina, mezclador de concreto, carreta, pica, pala, serrucho, flexómetros, niveles.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Excavación manual del material común para viga entre el k0+050 al K0+075
2. Instalación de acero de refuerzo para viga riostra k0+050 al K0+075
3. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para losas huella derecha e izquierda entre el k0+050 al K0+075
4. Fundida de huella derecha e izquierda entre el K0+050 al K0+075
5. Preparación de concreto tipo D para losas huellas
6. Fundida de piedra pegada central de 0,90m entre el k0+050 al K0+075
7. Excavación manual para bordillos
8. Preparación de concreto tipo G para losas en pegada piedra entre el k0+050 al K0+075
9. Corte y figurado de acero de refuerzo de viga riostra
10. Corte de tablas para formaletas en madera
11. Fundida de piedra pegada izquierda y derecha de 0,45 entre el k0+050 al K0+075
12. Excavación manual para bordillo
13. Preparación de concreto tipo G para losas en pegada piedra entre el k0+050 al K0+075
14. Corte y figurado de acero de refuerzo de viga riostra.
15. Corte de tablas para formaletas en madera

16. Corte de tablas para formaletas en madera para cuneta
17. Colocación de formaletas en madera para cuneta derecha e izquierda entre el k0+050 al K0+075
18. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para cuneta derecha e izquierda entre el k0+050 al K0+075.
19. Fundida de cuneta derecha e izquierda entre el k0+050 al K0+075
20. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillo
21. Preparación de concreto tipo D para cuneta.
22. Colocación de formaletas en acero para cuneta derecha e izquierda entre el k0+050 al K0+075
23. Instalación de acero para bordillo
24. Fundida de bordillo derecho e izquierdo entre el k0+050 al K0+075
25. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillo
26. Preparación de concreto tipo D para bordillo

### **Observaciones**

1. Se le reitera al ingeniero de obra sobre el aseo y limpieza de la obra después de terminar el día laboral.
2. Se le sugiere al ingeniero de obra que todos los trabajadores deben utilizar sus elementos de protección personal.
3. No se tiene un diseño de mezclas por parte del contratista de obra y presentado a la interventoría.

## Registro fotográfico

**Figura 107.** Registro fotográfico de actividades realizadas 15 al 20 de noviembre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC.

Semana del 22 de Noviembre a 27 de Noviembre de 2021

**Clima:** Parcialmente nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Mezclador de concreto, nivel, palustre, serrucho, pala, carreta, escoba, baldes, palas, flexómetro.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Excavación manual para instalación de acero de viga riostra entre el K0+075 al K0+100
2. Instalación de acero de refuerzo para viga riostra K0+075 al K0+100



3. Instalación de acero de refuerzo para huella izquierda entre el K0+075 al K0+100
4. Fundida de losa huella izquierda del K0+075 al K0+100
5. Excavación manual para instalación de acero de viga riostra.
6. Preparación de concreto tipo D para losas huellas
7. Fundida de piedra pegada central de 0,90m entre el K0+075 al K0+100
8. Excavación manual para bordillos
9. Preparación de concreto tipo G para piedra pegada de 0,90 entre el K0+075 al K0+100
10. Corte, figurado y armado de acero de viga riostra
11. Corte de tablas para formaletas en madera
12. Fundida de piedra pegada laterales derecha e izquierda de 0,45m entre el K0+075 al K0+100
13. Excavación manual para bordillos
14. Preparación de concreto tipo G para losas en piedra pegada entre el K0+075 al K0+100
15. Corte, figurado y armado de viga riostra
16. Corte manual de tablas para formaletas de cuneta.
17. Colocación de formaletas en madera para fundida de cuneta derecha e izquierda.
18. Instalación de acero transversal y longitudinal para cuneta entre el K0+075 al K0+100
19. Fundida de cuneta derecha e izquierda entre el K0+075 al K0+100
20. Corte, figurado y armado de acero de refuerzo para borillos

21. Corte, figurado y armado de viga riostra
22. Preparación de concreto tipo D para cuneta entre el K0+075 al K0+100
23. Colocación de formaletas metálicas para borillos derecha izquierda entre el K0+075 al K0+100
24. Instalación de acero de refuerzo para bordillo.
25. Fundida de bordillo derecho e izquierdo entre el K0+075 al K0+100
26. Corte, figurado y armado de acero de refuerzo para borillos
27. Preparación de concreto tipo D para bordillo entre el K0+075 al K0+100

### **Observaciones**

1. Se le recuerda al ingeniero de obra sobre el recubrimiento de acero de refuerzo de los bordillos, cunetas y losas en huella.
2. Se le reitera al ingeniero de obra sobre el aseo y limpieza de la obra después de terminar el día laboral.
3. Se le sugiere al ingeniero de obra que todos los trabajadores deben utilizar sus elementos de protección personal.
4. No se tiene un diseño de mezclas por parte del contratista de obra y presentado a la interventoría.

### Registro fotográfico

**Figura 108.** Registro fotográfico de actividades realizadas 22 al 27 de noviembre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Semana del 29 de Noviembre a 5 de Diciembre de 2021

**Clima:** Parcialmente nublado, lluvias ligeras.

**Equipos y maquinaria:** Mezclador de concreto, carreta, pala, pica, martillo, nivel, escoba, pulidora.

**Personal:** Residentes de obra e interventoría y personal contratista.

Descripción de actividades realizadas:

1. Excavación manual del material común para viga riostra entre el K0+100 al K0+123.
2. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para losa huella derecha entre el K0+100 al K0+123.
3. Fundida de huella derecha entre el K0+100 al K0+123.
4. Preparación de concreto tipo D para losas huella del K0+100 al K0+123.

5. Excavación manual del material común para viga riostra entre el K0+100 al K0+123.
6. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para losa huella izquierda entre el K0+100 al K0+123.
7. Fundida de huella izquierda entre el K0+100 al K0+123.
8. Preparación de concreto tipo D para losas huella.
9. Fundida de piedra pegada central de 0,90m entre el K0+100 al K0+123.
10. Excavación manual del material común para bordillo.
11. Preparación de concreto tipo G para losas en piedra pegada de 0,90m entre el K0+100 al K0+123.
12. Corte y figurado de acero de refuerzo para cuneta
13. Corte de tablas para formaletas en madera
14. Realce de dos alcantarillas que se encuentran dentro del tramo vial la numero #1 ubicada en el K0+045 y la numero #2 en el K0+084.
15. Fundida de piedra pegada izquierda y derecha de 0,45 entre el K0+100 al K0+123.
16. Preparación de concreto tipo G para losas en pegada piedra de 0,45 entre el K0+100 al K0+123.
17. Corte y figurado de acero de refuerzo de bordillo
18. Corte de tablas para formaletas en madera para cuneta
19. Colocación de formaletas en madera para cuneta derecha e izquierda
20. Instalación de acero de refuerzo transversal y longitudinal para cuneta derecha e izquierda entre el K0+100 al K0+123.

21. Fundida de cuneta derecha e izquierda entre el K0+100 al K0+123.
22. Corte y figurado de acero de refuerzo para bordillo entre el K0+100 al K0+123.
23. Preparación de concreto tipo D para cuneta.
24. Colocación de formaletas en acero para bordillo entre el K0+100 al K0+123.
25. Instalación de acero para bordillo entre el K0+100 al K0+123.
26. Fundida de bordillo derecho e izquierdo entre el K0+100 al K0+123.
27. Instalación de acero de refuerzo longitudinal y transversal para bateas de ingreso a viviendas.
28. Fundida de las tres bateas de ingreso a viviendas
29. Preparación de concreto tipo D para bordillo y cuneta.
30. Instalación de acero de refuerzo para rampa inicial ubicada en el K0+000
31. Dilatación de bordillos faltantes del K0+123 al K0+000.
32. Relleno de la parte trasera de los bordillos faltantes con material de excavación del K0+123 al K0+000.
33. Se le hace aseo y se barre toda la placa huella

**Observaciones**

1. Se le reitera al ingeniero de obra sobre el aseo y limpieza de la obra después de terminar el día laboral.

Registro Fotográfico

Figura 109. Registro fotográfico de actividades realizadas 29 nov al 5 de diciembre



Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC

Para la conformación de la subrasante, la interventoría tuvo que disponer de personal profesional y técnico y así mismo de un equipo especializado, los cuales fueron, una comisión de topografía conformado por un topógrafo, un ayudante y adicionalmente un residente de interventoría, con el propósito de ir midiendo las dimensiones y los volúmenes que se ajustaron en la explanación de la nivelación de la subrasante, así mismo, el residente de interventoría estuvo verificando las cantidades y el proceso de ejecución de la misma.

Así mismo, en la subbase granular se verifica que se haya ejecutado el suministro, transporte, colocación, humedecimiento, extensión y conformación, compactación y terminado de material sobre la superficie preparada, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el interventor. Por

último, en el seguimiento y control de placa huella se realizó el monitoreo en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de las mezclas de concreto hidráulico para cada una de las placas, el hierro requerido y todos los materiales y dimensiones de acuerdo con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los diseños.

Formato de los informes semanales de Interventoría y obra suministrado por la **Unión Temporal INTERPLACA MC**

**Tabla 4. Informe semanal de Interventoría Interplaca**

|                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                       | CONTRATO No.01201 DE 2020                                                                                                                                                                                                                      |                   |                                   |  |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                        | INTERVENTORÍA TÉCNICA ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA SOBRE EL CONTRATO DE OBRA PARA MEJORAMIENTO VÍAS TERCARIAS PRIORIZADAS, CON PLACA HUELLA, MUNICIPIOS DE CACOTA, MUTISCUA, PAMPLONITA Y SILOS, NORTE DE SANTANDER (CODIGO BPIN 2018000050029) |                   |                                   |                                                                                     |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                        | INFORME SEMANAL DE ACTIVIDADES                                                                                                                                                                                                                 |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCARIA LAS MINAS – LA LAGUNA UBICADA EN EL TRAMO DE ABCISAS K0+000.00 AL K0+123.00 MUNICIPIO MUTISCUA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                | INF. SEMANAL No.  | 18                                | FECHA DE ELABORACIÓN:                                                               | 1/11/2021        |
|                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                | PERIODO SEMANA:   | 25/10/2021                        | AL                                                                                  | 31/10/2021       |
| <b>I. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS CONTRATOS</b>                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| <b>CONTRATO DE INTERVENTORÍA</b>                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| No. CONTRA                                                                                                                                                                                                                                             | 01201 DE 2020                                                                                                                                                                                                                                  | CONTRATISTA:      | UNIÓN TEMPORAL INTER PLACA MC     |                                                                                     | PLAZO EJECUCIÓN: |
| OBJETO: INTERVENTORÍA TÉCNICA ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA SOBRE EL CONTRATO DE OBRA PARA MEJORAMIENTO VÍAS TERCARIAS PRIORIZADAS, CON PLACA HUELLA, MUNICIPIOS DE CACOTA, MUTISCUA, PAMPLONITA Y SILOS, NORTE DE SANTANDER (CODIGO BPIN 2018000050029) |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| VALOR DEL CONTRATO:                                                                                                                                                                                                                                    | \$ 296.244.550,00                                                                                                                                                                                                                              | TIEMPO ADICIONAL: | 1 MES                             | R/L: MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA                                                   |                  |
| <b>CONTRATO DE OBRA</b>                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| No. CONTRA                                                                                                                                                                                                                                             | 00834 DE 2020                                                                                                                                                                                                                                  | CONTRATISTA:      | UNIÓN TEMPORAL NISSI              |                                                                                     | PLAZO EJECUCIÓN: |
| OBJETO: MEJORAMIENTO VÍAS TERCARIAS PRIORIZADAS, CON PLACA HUELLA, MUNICIPIOS DE CACOTA, MUTISCUA, PAMPLONITA Y SILOS, NORTE DE SANTANDER (CODIGO BPIN 2018000050029)                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| VALOR DEL CONTRATO:                                                                                                                                                                                                                                    | \$ 3.938.024.066,00                                                                                                                                                                                                                            | TIEMPO ADICIONAL: | 1 MES                             | R/L: DARLEY MONTAÑEZ BELLO                                                          |                  |
| ENTIDAD CONTRATANTE:                                                                                                                                                                                                                                   | GOBERNACIÓN NORTE DE SANTANDER                                                                                                                                                                                                                 | SUPERVISOR:       | ING. JORGE ENRIQUE ARIAS SANGUINO |                                                                                     |                  |
| <b>II. ACTIVIDADES EJECUTADAS DURANTE LA SEMANA</b>                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 1.Colocación de estacas y abcisado del tramo vial para el levantamiento topografico del K0+000 al K0+061                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 2.Visita tecnica por parte del contratista de obra e interventoria para dar inicio oficialmente a las actividades de a placa huella.                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 3.Por parte de interventoria se solicitan las actas de venciencia e intervencion de predios                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 4.Excavación mecanica para corte de material vegetal de la subrasante                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 5.Conformación de la subrasante del K0+000 al K0+061                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 6.Colocación de estacas y abcisado del tramo vial entre el K0+061 al K0+123                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 7. Visita de la siso del contratista para la implementación de los elementos de seguridad de los rabajadores.                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 8.Excavación mecanica para corte de material vegetal de la subrasante                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 9.Conformación de la subrasante entre el K0+061 al K0+123                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 10.Extendido de la subbase para el tramo vial del K0+000 al K0+061.                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 11.Retiro manual mediante carreta de escombros y material vegetal debido al corte de la subrasante.                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 12.Extendido de la subbase para el tramo vial del K0+000 al K0+061.                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 13.Retiro manual mediante carreta de escombros y material vegetal debido al corte de la subrasante.                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 14.Conformación de la subbase por el tramo vial del K0+000 al K0+061.                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 15.Retiro manual mediante carreta de escombros y material vegetal debido al corte de la subrasante.                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 16.Conformación de la subbase por el tramo vial del K0+061 AL K0+123.                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 17.Corte, figurado y armado de acero para viga riostra y bordillos de la placa huella.                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 18.Almacenamiento de las varillas 1/4,1/2 y 3/8.                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| <b>III. ACTIVIDADES A REALIZAR LA SIGUIENTE SEMANA</b>                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 1.Instalación de acero de refuerzo para bordillo y cuneta.                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 2.Excavación manual en matel común para vigas riostras.                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 3.Instalación de acero de refuerzo para losas huellas.                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 4.Fundida de huellas derecha e izquierda                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 5.Fundida de cuneta                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 6.Instalación de acero de refuerzo para bordillos y cuneta                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |
| 7.Fundida de rampa inicial entre el K0+123.                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                   |                                                                                     |                  |



| IV. OBSERVACIONES                                                                                                     |                                                 |                                                                                      |                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1..Aun no se tiene una dosificación definida por parte del contratista,sin un documento firmado y por un laboratorio. |                                                 |                                                                                      |                                                     |
| V. REGISTRO FOTOGRÁFICO                                                                                               |                                                 |                                                                                      |                                                     |
|                                      |                                                 |    |                                                     |
| ACTIVIDAD                                                                                                             | Corte de material sobrante de la subrasante     | ACTIVIDAD                                                                            | Verificacion de niveles de la subrasante            |
|                                      |                                                 |    |                                                     |
| ACTIVIDAD                                                                                                             | Corte de material sobrante de la subrasante     | ACTIVIDAD                                                                            | Extendido de material de subbase                    |
|                                    |                                                 |  |                                                     |
| ACTIVIDAD                                                                                                             | Corte, figurado y armado de acero para bordillo | ACTIVIDAD                                                                            | Descargue y suministro de cemento ARGOS estructural |
|                                    |                                                 |  |                                                     |
| ACTIVIDAD                                                                                                             | Compactacion de subbase con motoniveladora      | ACTIVIDAD                                                                            | Corte ,figurado y armado de acero para viga riostra |
| MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA<br>R/L. UNION TEMPORAL INTER PLACA MC                                                    |                                                 |                                                                                      |                                                     |

Adaptado de Unión Temporal INTERPLACA MC



## 4.6 Análisis de datos

### 4.6.1 Evaluación de costos de interventoría

Análisis y socialización de los resultados de la interventoría con dron en comparación de la interventoría tradicional para determinar su eficiencia y evaluar si puede ser una alternativa para mejorar la supervisión de vías terciarias en zonas de difícil acceso y limitaciones de un control permanente del proceso constructivo.

En las organizaciones empresariales cuando se implementan nuevas metodologías son criterio de estimación el ámbito económico, ya que este indica o no la viabilidad de este. Si una actividad no es rentable para la empresa, es considerada como factor de riesgo y por lo tanto no es aceptada. Para que la empresa perdure, los ingresos deben ser mayores que los egresos. Por lo que, los gastos que cada empresa realice en la ejecución de sus proyectos deben ser menores al ingreso, haciéndose fundamental realizar un análisis del costo-beneficio.

Por ese motivo, se realizó una comparación entre el presupuesto de la interventoría tradicional y la interventoría con dron, tomándose la expresión que menciona el INVIAS (2008) en La Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras, cuya ecuación es la relación beneficio-costos (B/C).

La expresión para su cálculo es:

#### **Ecuación 2. Relación Beneficio – Costo**

|                         |                                                                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Relación<br/>B/C</b> | = $\frac{\text{Valor presente de los ingresos o beneficios}}{\text{Valor presente de los egresos o costos}}$ |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Por ende,

- Si la relación es  $B/C < 1$ , los ingresos o beneficios son menores que los costos y por lo tanto el proyecto no es recomendable.
- Si la relación es  $B/C = 1$ , los ingresos o beneficios son iguales que los costos, por tanto, financieramente, la rentabilidad obtenida corresponde a la tasa de interés “i”, por lo tanto, no existe ganancia.
- Si la relación es  $B/C > 1$ , los ingresos o beneficios son superiores a los costos y por lo tanto el proyecto es recomendable.

A continuación, se presenta el análisis del presupuesto de cada interventoría, en la tabla 4 y 5 para seguidamente realizar el cálculo de la relación B/C que permita determinar si la interventoría con dron es viable económicamente para su ejecución. La presente estimación de valor unitario se realizó teniendo en cuenta los precios asignados por la Gobernación de Norte de Santander en el contrato No.01201 DE 2020.



**Tabla 6.** *Análisis presupuesto interventoría con dron*

|                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|-------|------------|--------------|---------------|
|  <div>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS<br/>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br/>BUCARAMANGA</div> |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <div>ANÁLISIS PRESUPUESTO<br/>INTERVENTORÍA CON DRON</div> |      |       |            |              |               |
| PROYECTO                                                                                                                                                                           | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                                            |      |       |            |              |               |
| COSTOS DIRECTOS DE PERSONAL                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              |               |
| ITEM                                                                                                                                                                               | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                | UND                                                        | CANT | MESES | DEDICACION | VR. UNITARIO | VR. PARCIAL   |
| 1.1                                                                                                                                                                                | DIRECTOR INTERVENTORIA                                                                                                                                                                                                                                                     | MES                                                        | 1    | 1,5   | 30%        | 2.500.000,00 | 1.125.000,00  |
| 1.2                                                                                                                                                                                | INGENIERO RESIDENTE DE INTERVENTORIA                                                                                                                                                                                                                                       | MES                                                        | 1    | 1,5   | 100%       | 1.800.000,00 | 2.700.000,00  |
| 1.3                                                                                                                                                                                | ESPECIALISTA EN VIAS Y/O PAVIMENTOS                                                                                                                                                                                                                                        | MES                                                        | 1    | 1,5   | 5%         | 2.000.000,00 | 150.000,00    |
| 1.4                                                                                                                                                                                | TOPOGRAFO (PILOTO DE DRON)                                                                                                                                                                                                                                                 | MES                                                        | 1    | 1,5   | 20%        | 2.000.000,00 | 600.000,00    |
|                                                                                                                                                                                    | FACTOR MULTIPLICADOR                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                            |      |       |            |              | 2,25          |
| SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS DEL PERSONAL:                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              | 10.293.750,00 |
| OTROS COSTOS DIRECTOS                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              |               |
| ITEM                                                                                                                                                                               | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                | UND                                                        | CANT | MESES | DEDICACION | VR. UNITARIO | VR. PARCIAL   |
| 2.1                                                                                                                                                                                | ALQUILER DE INMUEBLE PARA OFICINA                                                                                                                                                                                                                                          | MES                                                        | 1    | 1,5   |            | 2.850.000,00 | 4.275.000,00  |
| 2.2                                                                                                                                                                                | ALQUILER DE EQUIPOS PARA OFICINA (COMPUTADOR, IMPRESORA, ESCRITORIOS)                                                                                                                                                                                                      | MES                                                        | 1    | 1,5   |            | 2.000.000,00 | 3.000.000,00  |
| 2.3                                                                                                                                                                                | SERVICIOS PUBLICOS (AGUA, LUZ, TELEFONO, INTERNET, ETC)                                                                                                                                                                                                                    | MES                                                        | 1    | 1,5   |            | 530.000,00   | 795.000,00    |
| 2.4                                                                                                                                                                                | ENSAYOS DE LABORATORIO                                                                                                                                                                                                                                                     | MES                                                        | 1    | 1,5   |            | 1.200.000,00 | 1.200.000,00  |
| 2.5                                                                                                                                                                                | EDICION DE INFORMES (INCLUYE: FOTOGRAFIAS, IMPRESIONES, PLOTEOS)                                                                                                                                                                                                           | UND                                                        | 1    | 1,5   |            | 480.000,00   | 480.000,00    |
| 2.6                                                                                                                                                                                | ALQUILER DEL DRON                                                                                                                                                                                                                                                          | UND                                                        | 1    | 1,5   | 10%        | 4.000.000,00 | 600.000,00    |
| 2.7                                                                                                                                                                                | ALQUILER EQUIPO DE GNSS                                                                                                                                                                                                                                                    | UND                                                        | 1    | 1,5   | 10%        | 2.500.000,00 | 375.000,00    |
| 2.8                                                                                                                                                                                | ALQUILER VEHICULO TIPO CAMIONETA 4X4, (Incluye: operación y mantenimiento)                                                                                                                                                                                                 | MES                                                        | 1    | 1,5   | 100%       | 5.300.000,00 | 7.950.000,00  |
| SUBTOTAL OTROS COSTOS DIRECTOS:                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              | 18.675.000,00 |
| COSTO DIRECTO:                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              | 28.968.750,00 |
| IVA (19%)                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              | 5.504.062,50  |
| COSTO TOTAL INTERVENTORIA:                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |      |       |            |              | 34.472.812,50 |

Aplicando la ecuación de la relación beneficio-costo (B/C), entre el costo total de la interventoría tradicional sobre el costo total de la interventoría con dron previamente calculados en las tablas anteriores, se determinó que la relación beneficio/costo del seguimiento, control y supervisión mediante el uso del dron en la construcción de la placa huella en concreto, es viable, lo que significa que podría ser rentable para las empresas de Ingeniería Civil, Arquitectura y demás cercanas, ya que los costos son inferiores a los de la interventoría tradicional, siendo la relación B/C mayor a 1.

**Ecuación 3.** *Relación B/C de la vía en estudio.*

|                     |   |                                       |   |     |
|---------------------|---|---------------------------------------|---|-----|
| <b>Relación B/C</b> | = | $\frac{41.280.356,25}{34.472.812,50}$ | = | 1,2 |
|---------------------|---|---------------------------------------|---|-----|

Así mismo, en el presupuesto del seguimiento, control y supervisión tradicional se observó que los costos directos del personal y su dedicación en porcentaje fue: Un director de interventoría 45%, un ingeniero residente de interventoría 100%, un especialista en vías y/o pavimentos 15%, un topógrafo 40% y un cadenero 40%, obteniendo un subtotal de costos directos del personal de \$13.989.375,00.

Por otro lado, los costos directos del personal de seguimiento, control y supervisión con dron y su respectiva dedicación fueron: Un director de interventoría 30%, un ingeniero residente de interventoría 100%, un especialista en vías y/o pavimentos 5%, un topógrafo piloto de dron 20%, obteniendo un subtotal de costos directos del personal de \$10.293.750,00.

Ahora, como resultado y aplicación del dron se contempla una reducción de \$3.695.625,00, siendo el 26% en comparación al seguimiento, control y supervisión tradicional, ya que con la utilización de este equipo se omite el personal cadenero y el porcentaje de dedicación del personal disminuye, así mismo sus costos.

Por otra parte, en otros costos directos se observó que, aunque no hay variabilidad de costos en el alquiler de inmuebles para oficina, equipos, pago de servicios públicos, ensayos de laboratorio, edición de informes y alquiler de vehículo, si existe una reducción en el alquiler de topografía ya que, para el seguimiento, control y supervisión tradicional con estación total presenta una dedicación del 100% con un valor de \$3.000.000, en relación con el seguimiento, control y supervisión con dron en el alquiler del Dron y del equipo GNSS con una dedicación del

10% y 10% con un valor del \$975.000, presentando una reducción en costos directos de \$2.025.000,00 y un porcentaje del 9.78%.

El costo total de seguimiento, control y supervisión tradicional fue \$41.280.356,25 y con dron de \$34.472.812,50, presentando una reducción en porcentaje del 16% con un valor de \$6.807.543.75.

**Ecuación 4.** *Reducción costo total de interventoría porcentual*

|                                                   |                                                                           |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>%Reducción de costo total de interventoría</b> | $= \frac{41.280.356,25 - 34.472.812,50}{41.280.356,25} \times 100 = 16\%$ |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|

Seguidamente se evaluó desde el punto de vista topográfico, realizando un análisis comparativo entre el levantamiento topográfico convencional y el levantamiento con Dron, evaluándose desde la funcionalidad, rendimiento, costo y precisión, calculando las cantidades de concreto estimadas para la construcción de la placa huella, discriminadas en cada actividad tanto de los datos obtenidos mediante la topografía convencional como de la ortofoto obtenida del levantamiento por medio del Dron.

#### **4.6.2 Funcionalidad:**

El levantamiento topográfico con dron y convencional son 100% prácticos y eficaces, sin embargo, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, las aeronaves piloteadas a distancias RPA y receptores GNSS se diseñaron para desempeñarse en condiciones medioambientales extremas de gran altitud, por encima de los 4000 msnm. Sin embargo, no soportan lluvias, ráfagas de viento superior a las 30k/h, temperaturas inferiores a los -10°C + 40°C.

#### 4.6.3 Rendimiento:

El tiempo empleado para realizar los 1.23 km con el Dron fue de 8 horas y 55 minutos, mientras que con el levantamiento convencional con GNSS fue de 11 horas y 35 minutos, siendo un 77% más eficiente que el levantamiento topográfico convencional. Determinando que el levantamiento con dron es una alternativa eficiente, competente y apta para cualquier estudio topográfico.

**Tabla 7.** Diferencia de tiempo de un levantamiento con Dron y con GNSS

|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>B U C A R A M A N G A                                                                                                               |                         |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Análisis comparativo del levantamiento topográfico mediante el uso del dron y la topografía convencional en la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                         |                          |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                          | DRON                    | GNSS                     |
| Área de estudio                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,23 km                 | 1,23 km                  |
| Ubicación de los puntos de control                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12 min                  | 4 horas                  |
| Configuración de los equipos (Plan de vuelo, colocación)                                                                                                                                                                                                                                             | 8 min                   | 25 min                   |
| Trabajo en campo                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20 min                  | 3 horas                  |
| Procesamiento de datos                                                                                                                                                                                                                                                                               | 15 min                  | 10 min                   |
| Trabajo en oficina                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8 horas                 | 4 horas                  |
| <b>Tiempo total</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>8 horas y 55 min</b> | <b>11 horas y 35 min</b> |

#### 4.6.4 Costos de los levantamientos

A continuación, se describen los equipos y el personal en general de un levantamiento topográfico con Dron y convencional:

**Tabla 8.** Diferencia de costos de un levantamiento con Dron y con GNSS

|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>B U C A R A M A N G A                                                                                                               |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Análisis comparativo del levantamiento topográfico mediante el uso del dron y la topografía convencional en la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                     |                     |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                          | DRON                | GNSS                |
| Costos directos personal                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |                     |
| Piloto de Dron                                                                                                                                                                                                                                                                                       | \$ 700.000          | -                   |
| Topografo                                                                                                                                                                                                                                                                                            | -                   | \$ 500.000          |
| Cadenero 1                                                                                                                                                                                                                                                                                           | -                   | \$ 100.000          |
| Otros costos directos                                                                                                                                                                                                                                                                                |                     |                     |
| Alquiler equipo de topografia                                                                                                                                                                                                                                                                        | -                   | \$ 1.000.000        |
| Alquiler de Dron                                                                                                                                                                                                                                                                                     | \$ 200.000          | -                   |
| Alquiler vehiculo tipo camioneta 4x4                                                                                                                                                                                                                                                                 | \$ 200.000          | \$ 200.000          |
| Materiales                                                                                                                                                                                                                                                                                           | \$ 20.000           | \$ 200.000          |
| Viáticos                                                                                                                                                                                                                                                                                             | \$ 320.000          | \$ 320.000          |
| <b>Costo total</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>\$ 1.440.000</b> | <b>\$ 2.320.000</b> |

Al analizar los precios unitarios y totales para el levantamiento con Dron se obtiene un costo total de 1.440.000 y levantamiento convencional de 2.320.000 en cada una de las diferentes actividades necesarias para la obtención del producto final topográfico, por todo esto, se determinó que la topografía mediante Dron es 38% de menor precio en comparación con la topografía convencional.

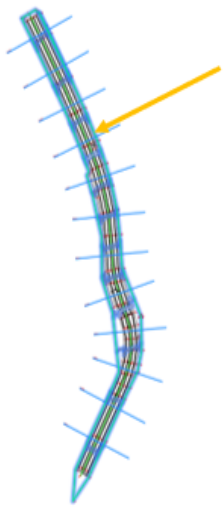
#### 4.6.5 Precisión

Se realizó el cálculo de cantidades de la ortofoto y de la topografía convencional, sobre las cuales, se hallaron las áreas totales para la conformación de la subrasante y la subbase granular,



el bordillo, berma cuneta, piedra pegada y placa de concreto en metros cuadrados y seguidamente se multiplicaron por su espesor o altura independientemente, hallando el volumen total en metros cúbicos por cada actividad, como se muestra a continuación:

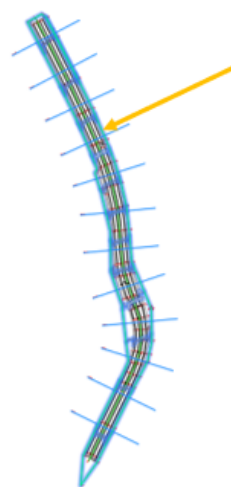
**Tabla 9.** Memoria de cantidad conformación de la subrasante tradicional

|                                                                                                                                                                       |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS<br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                               | MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO<br>TOPOGRÁFICO TRADICIONAL                                                                                                                                                                                                             |                                                                                      |
| PROYECTO                                                                                                                                                              |                               | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                                                                      |
| UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA                                                                                                  |                               | LONGITUD: KM (1,23)                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                      |
| ABSCISA:                                                                                                                                                              | K0+000 - K0+123               | CAPÍTULO:                                                                                                                                                                                                                                                                  | PRELIMINARES                                                                         |
| NOMBRE DEL ÍTEM                                                                                                                                                       | CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE |                                                                                                                                                                                                                                                                            | UNIDAD: M2                                                                           |
|                                                                                                                                                                       |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                            | CANTIDAD: 542,63                                                                     |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                           |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                      |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                           |                               | ÁREA                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| ÁREA DE LA VÍA K0+000 - K0+123                                                                                                                                        |                               | 542,634                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |
| TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO                                                                                                                                        |                               | 542,634                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |
| NOTA:                                                                                                                                                                 |                               | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta del levantamiento topográfico de AutoCAD                                                                                                                                                                             |                                                                                      |

**Tabla 10.** Memoria de cantidad conformación de la subrasante con Dron

|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |                                                                                      |               |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------|--|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |  | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON</b>                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |                                                                                      |               |  |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |  | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |  |                            |  |                     |                                                                                      |               |  |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b> |  |                     |                                                                                      |               |  |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              |  | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |  | <b>CAPÍTULO:</b>           |  | <b>PRELIMINARES</b> |                                                                                      |               |  |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       |  | <b>CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE</b>                                                                                                                                                                                                                                       |  |                            |  | <b>UNIDAD:</b>      |                                                                                      | <b>M2</b>     |  |
|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  | <b>CANTIDAD:</b>    |                                                                                      | <b>563,93</b> |  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |                                                                                      |               |  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | <b>ÁREA</b>                |  |                     |  |               |  |
| ÁREA DE LA VÍA K0+000 - K0+123                                                                                                                                               |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | 563,931                    |  |                     |                                                                                      |               |  |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | <b>563,931</b>             |  |                     |                                                                                      |               |  |
|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |                                                                                      |               |  |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 |  | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta de la Ortofoto georreferenciada en AutoCAD                                                                                                                                                                           |  |                            |  |                     |                                                                                      |               |  |

**Tabla 11.** Memoria de cantidad suministro e instalación de subbase granular tradicional

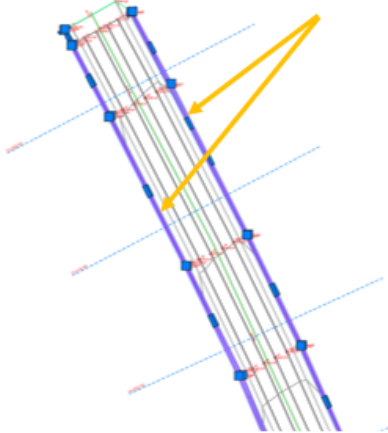
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL</b>                                                                                                                                                                                                         |                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                     |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                         | <b>CAPÍTULO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>PRELIMINARES</b> |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       | <b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SUBBASE GRANULAR</b>                                            | <b>UNIDAD:</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>M3</b>           |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                | <b>CANTIDAD:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>81,40</b>        |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                    | <b>ESPESOR</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>VOLUMEN</b>      |
| ÁREA DE LA VÍA K0+000 - K0+123                                                                                                                                               | 542,634                                                                                        | 0,15                                                                                                                                                                                                                                                                       | 81,40               |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | 81,40                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
|                                                                                          |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta del levantamiento topográfico de AutoCAD |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |

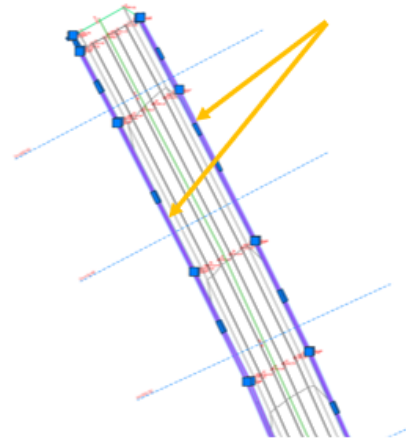
**Tabla 12.** Memoria de cantidad suministro e instalación de subbase granular con Dron

|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |  | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON</b>                                                                                                                                                                                                            |              |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |  | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |              |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |              | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b> |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              |  | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |              | <b>CAPÍTULO:</b>           |                | <b>PRELIMINARES</b> |                |              |                                                                                      |  |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       |  | <b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SUBBASE GRANULAR</b>                                                                                                                                                                                                                        |              |                            |                | <b>UNIDAD:</b>      |                | <b>M3</b>    |                                                                                      |  |
|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                            |                | <b>CANTIDAD:</b>    |                | <b>84,59</b> |                                                                                      |  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>ÁREA</b>  |                            | <b>ESPESOR</b> |                     | <b>VOLUMEN</b> |              |  |  |
| ÁREA DE LA VÍA K0+000 - K0+123                                                                                                                                               |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | 563,931      |                            | 0,15           |                     | 84,59          |              |                                                                                      |  |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>84,59</b> |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 |  | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta de la Ortofoto georreferenciada en AutoCAD                                                                                                                                                                           |              |                            |                |                     |                |              |                                                                                      |  |



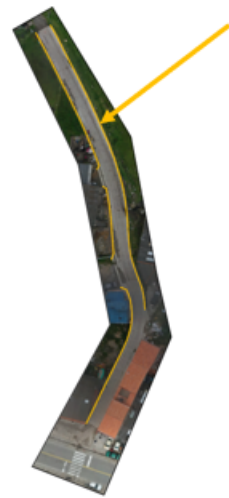
**Tabla 13.** Memoria de cantidad de bordillo en concreto tradicional

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL</b>                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                    |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                         | <b>CAPÍTULO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>PRELIMINARES</b>                |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       | <b>BORDILLO EN CONCRETO DE 21MPA FUNDIDO EN OBRA</b>                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>UNIDAD:</b><br><b>CANTIDAD:</b> |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>M3</b><br><b>15,41</b>          |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                    | <b>ALTURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>VOLUMEN</b>                     |
| BORDILLO K0+000 - K0+123                                                                                                                                                     | 28,019                                                                                         | 0,55                                                                                                                                                                                                                                                                       | 15,41                              |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | <b>15,41</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |
|                                                                                          |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta del levantamiento topográfico de AutoCAD |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |

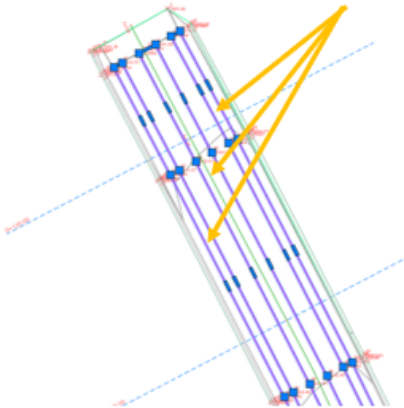


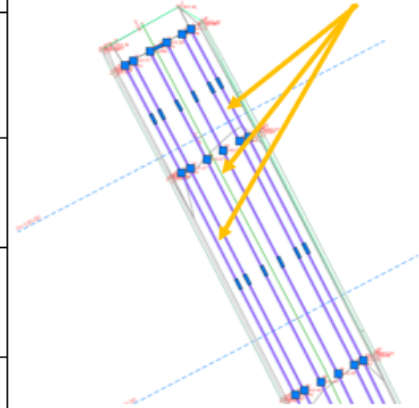
**Tabla 14.** Memoria de cantidad de bordillo en concreto con Dron

|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |  |                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------|--|---------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |  | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON</b>                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |  |                                                                                      |  |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |  | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |  |                            |  |                     |  |                                                                                      |  |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b> |  |                     |  |                                                                                      |  |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              |  | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |  | <b>CAPÍTULO:</b>           |  | <b>PRELIMINARES</b> |  |                                                                                      |  |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       |  | <b>BORDILLO EN CONCRETO DE 21MPA FUNDIDO EN OBRA</b>                                                                                                                                                                                                                       |  |                            |  | <b>UNIDAD:</b>      |  | <b>M3</b>                                                                            |  |
|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  | <b>CANTIDAD:</b>    |  | <b>16,97</b>                                                                         |  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |  |                                                                                      |  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |  | <b>ÁREA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                |  | <b>ALTURA</b>              |  | <b>VOLUMEN</b>      |  |  |  |
| BORDILLO K0+000 - K0+123                                                                                                                                                     |  | 30,85                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | 0,55                       |  | 16,97               |  |                                                                                      |  |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | <b>16,97</b>               |  |                     |  |                                                                                      |  |
|                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                            |  |                     |  |                                                                                      |  |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 |  | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta de la Ortofoto georreferenciada en AutoCAD                                                                                                                                                                           |  |                            |  |                     |  |                                                                                      |  |



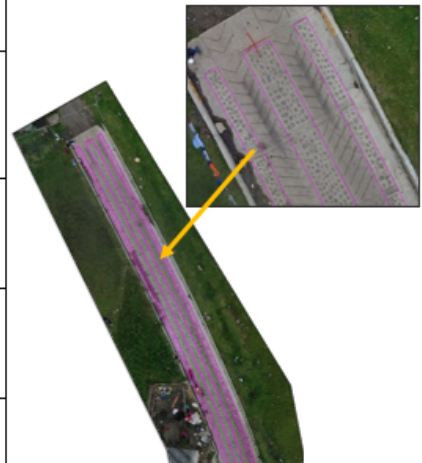
**Tabla 15.** Memoria de cantidad suministro e instalación de concreta piedra pegada tradicional

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL</b> |                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                                                    |                     |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                         |                     |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>CAPÍTULO:</b>                                                   | <b>PRELIMINARES</b> |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       | <b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO PIEDRA PEGADA</b>                                                                                                                                                                                                                  | <b>UNIDAD:</b>                                                     | <b>M3</b>           |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>CANTIDAD:</b>                                                   | <b>28,07</b>        |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>ESPESOR</b>                                                     | <b>VOLUMEN</b>      |
| FRANJA DERECHA K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 38,047                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,15                                                               | 5,71                |
| FRANJA IZQUIERDA K+000 - K0+123                                                                                                                                              | 37,09                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,15                                                               | 5,56                |
| FRANJA CENTRAL K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 111,995                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,15                                                               | 16,8                |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | <b>28,07</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                    |                     |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                     |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta del levantamiento topográfico de AutoCAD                                                                                                                                                                             |                                                                    |                     |



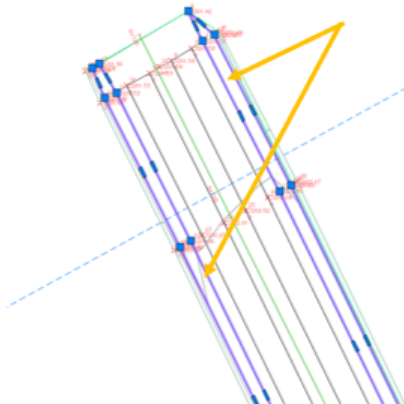
**Tabla 16.** Memoria de cantidad suministro e instalación de concreta piedra pegada con Dron

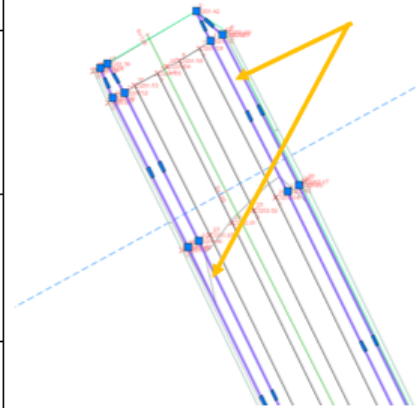
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                  | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON</b>                                                                                                                                                                                                            |                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                  | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                     |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                  | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                           | <b>CAPÍTULO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>PRELIMINARES</b> |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       | <b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO PIEDRA PEGADA</b>                                        | <b>UNIDAD:</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>M3</b>           |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                  | <b>CANTIDAD:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>28,14</b>        |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                      | <b>ESPESOR</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>VOLUMEN</b>      |
| FRANJA DERECHA K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 38,043                                                                                           | 0,15                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5,71                |
| FRANJA IZQUIERDA K+000 - K0+123                                                                                                                                              | 36,352                                                                                           | 0,15                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5,45                |
| FRANJA CENTRAL K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 113,167                                                                                          | 0,15                                                                                                                                                                                                                                                                       | 16,98               |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | <b>28,14</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
|                                                                                          |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta de la Ortofoto georreferenciada en AutoCAD |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |





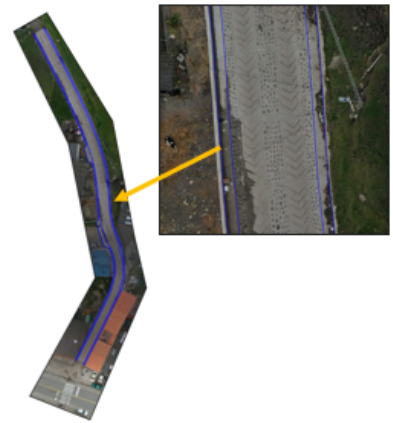
**Tabla 17.** Memoria de cantidad concreto de berma cuneta tradicional

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL</b> |                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                                                    |                     |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                         |                     |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>CAPÍTULO:</b>                                                   | <b>PRELIMINARES</b> |
| <b>NOMBRE DEL</b>                                                                                                                                                            | <b>CONSTRUCCIÓN DE BERMA CUNETA EN CONCRETO DE 21 MPA</b>                                                                                                                                                                                                                  | <b>UNIDAD:</b>                                                     | <b>M3</b>           |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>CANTIDAD:</b>                                                   | <b>19,15</b>        |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>ESPEJOR</b>                                                     | <b>VOLUMEN</b>      |
| FRANJA DERECHA K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 58,653                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,15                                                               | 8,8                 |
| FRANJA IZQUIERDA K+000 - K0+123                                                                                                                                              | 69,028                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,15                                                               | 10,35               |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | <b>19,15</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                    |                     |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                     |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta del levantamiento topográfico de AutoCAD                                                                                                                                                                             |                                                                    |                     |

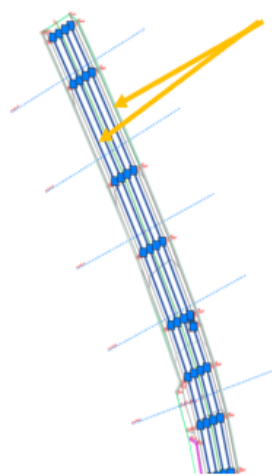


**Tabla 18.** Memoria de cantidad concreto de berma cuneta con Dron

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                 |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON</b> |                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                                                 |                     |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                      |                     |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>CAPÍTULO:</b>                                                | <b>PRELIMINARES</b> |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       | <b>CONSTRUCCIÓN DE BERMA CUNETA EN CONCRETO DE 21 MPA</b>                                                                                                                                                                                                                  | <b>UNIDAD:</b>                                                  | <b>M3</b>           |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>CANTIDAD:</b>                                                | <b>21,01</b>        |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                 |                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>ESPESOR</b>                                                  | <b>VOLUMEN</b>      |
| FRANJA DERECHA K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 63,443                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,15                                                            | 9,52                |
| FRANJA IZQUIERDA K+000 - K0+123                                                                                                                                              | 76,629                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,15                                                            | 11,49               |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | <b>21,01</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                 |                     |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                 |                     |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta de la Ortofoto georreferenciada en AutoCAD                                                                                                                                                                           |                                                                 |                     |

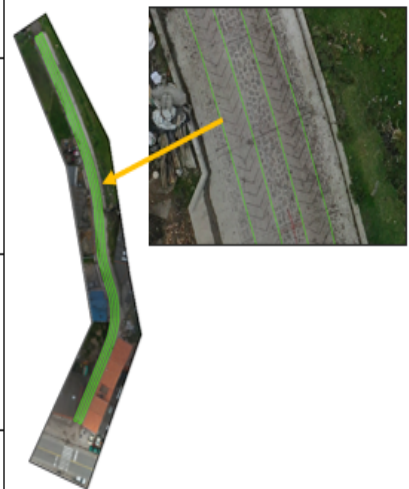


**Tabla 19.** Memoria de cantidad concreto para placa huella tradicional

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |                            |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL</b>                                                                                                                                                                                                         |                     |                            |                                                                                      |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                     |                            |                                                                                      |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b> |                                                                                      |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                         | <b>CAPÍTULO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>PRELIMINARES</b> |                            |                                                                                      |
| <b>NOMBRE DEL</b>                                                                                                                                                            | <b>CONCRETO PARA PLACA HUELLA</b>                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     | <b>UNIDAD:</b>             | <b>M3</b>                                                                            |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     | <b>CANTIDAD:</b>           | <b>33,45</b>                                                                         |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |                            |                                                                                      |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                | <b>ÁREA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>ESPESOR</b>      | <b>VOLUMEN</b>             |  |
| FRANJA DERECHA K+000 - K0+123                                                                                                                                                |                                                                                                | 112,795                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,15                | 16,92                      |                                                                                      |
| FRANJA IZQUIERDA K+000 - K0+123                                                                                                                                              |                                                                                                | 110,181                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,15                | 16,53                      |                                                                                      |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        |                                                                                                | <b>33,45</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                     |                            |                                                                                      |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta del levantamiento topográfico de AutoCAD |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |                            |                                                                                      |

**Tabla 20.** Memoria de cantidad concreto para placa huella con Dron

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS</b><br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br>BUCARAMANGA |                                                                                                  | <b>MEMORIA DE CANTIDADES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON</b>                                                                                                                                                                                                            |                                  |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                  | Metodología para el seguimiento, control y supervisión mediante el uso de dron de la construcción de la placa huella en concreto de la vía terciaria Las Minas - La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander |                                  |
| <b>UBICACIÓN: VIA TERCIARIA LAS MINAS - LA LAGUNA MUNICIPIO DE MUTISCUA</b>                                                                                                  |                                                                                                  | <b>LONGITUD: KM (1,23)</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
| <b>ABSCISA:</b>                                                                                                                                                              | <b>K0+000 - K0+123</b>                                                                           | <b>CAPÍTULO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>PRELIMINARES</b>              |
| <b>NOMBRE DEL ÍTEM</b>                                                                                                                                                       | <b>CONCRETO PARA PLACA HUELLA</b>                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>UNIDAD:</b><br><b>M3</b>      |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>CANTIDAD:</b><br><b>34,17</b> |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                           | <b>ÁREA</b>                                                                                      | <b>ESPESOR</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>VOLUMEN</b>                   |
| FRANJA DERECHA K+000 - K0+123                                                                                                                                                | 113,63                                                                                           | 0,15                                                                                                                                                                                                                                                                       | 17,04                            |
| FRANJA IZQUIERDA K+000 - K0+123                                                                                                                                              | 114,195                                                                                          | 0,15                                                                                                                                                                                                                                                                       | 17,13                            |
| <b>TOTAL DE MATERIAL SELECCIONADO</b>                                                                                                                                        | <b>34,17</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |
| <b>NOTA:</b>                                                                                                                                                                 | Las áreas contempladas se toman de la vista en planta de la Ortofoto georreferenciada en AutoCAD |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |



Seguidamente se realizó la Tabla 20 y 21 donde se digitalizaron las cantidades generales obtenidas de la vista en planta del levantamiento topográfico convencional y con Dron de AutoCAD, así mismo, los volúmenes hallados en las memorias de cantidades y por último la comparación de las cantidades:

**Tabla 21.** Comparación de cantidades

| ÁREAS LEVANTAMIENTO MEDIANTE DRON (M2)   |        | ÁREAS LEVANTAMIENTO MEDIANTE GNSS (M2)   |        |
|------------------------------------------|--------|------------------------------------------|--------|
| Área total                               | 563,93 | Área total                               | 542,63 |
| Bordillo                                 | 30,85  | Bordillo                                 | 28,02  |
| Berma-Cuneta                             | 140,07 | Berma-Cuneta                             | 127,68 |
| Piedra Pegada                            | 187,40 | Piedra Pegada                            | 187,13 |
| Placa de concreto                        | 227,83 | Placa de concreto                        | 222,98 |
| DIFERENCIAS (M2)                         |        |                                          |        |
| Conformacion de la subrasante            |        | 21,30                                    |        |
| Subbase granular                         |        | 21,30                                    |        |
| Bordillo                                 |        | 2,83                                     |        |
| Berma-Cuneta                             |        | 12,39                                    |        |
| Piedra Pegada                            |        | 0,27                                     |        |
| Placa de concreto                        |        | 4,85                                     |        |
| VOLUMEN LEVANTAMIENTO MEDIANTE DRON (M3) |        | VOLUMEN LEVANTAMIENTO MEDIANTE GNSS (M3) |        |
| Subbase granular                         | 84,59  | Subbase granular                         | 81,40  |
| Bordillo                                 | 16,97  | Bordillo                                 | 15,41  |
| Berma-Cuneta                             | 21,01  | Berma-Cuneta                             | 19,15  |
| Piedra Pegada                            | 28,14  | Piedra Pegada                            | 28,07  |
| Placa de concreto                        | 34,17  | Placa de concreto                        | 33,45  |
| DIFERENCIAS (M3)                         |        |                                          |        |
| Subbase granular                         |        | 3,19                                     |        |
| Bordillo                                 |        | 1,56                                     |        |
| Berma-Cuneta                             |        | 1,86                                     |        |
| Piedra Pegada                            |        | 0,07                                     |        |
| Placa de concreto                        |        | 0,72                                     |        |

Por tanto, referente a la precisión de la ortofoto generada de la nube de puntos a partir de las imágenes post procesadas, se calculó el porcentaje de variación entre el levantamiento fotogramétrico realizado con Dron y el levantamiento topográfico convencional realizado con receptores GNSS, hallando un porcentaje de variación máximo de 10.12%.

**Tabla 22.** *Porcentaje de variación entre cantidades mediante el levantamiento convencional y levantamiento con Dron*

| PORCENTAJE DE VARIACIÓN |        |
|-------------------------|--------|
| Subbase granular        | 3,92%  |
| Bordillo                | 10,12% |
| Berma-Cuneta            | 9,71%  |
| Piedra Pegada           | 0,25%  |
| Placa de concreto       | 2,15%  |

## 5. Conclusiones

El seguimiento, control y supervisión mediante en la construcción de la placa huella en concreto se desarrolló mediante sobrevuelo de la aeronave no tripulada obteniendo tomas fotográficas del área de intervención, que después de su procesamiento digital mediante el software Agisoft Metashape, ArcGIS Pro y AutoCad, se obtuvo productos geoespaciales con gran precisión, detalle y contenido, por tanto se realizaron unos análisis comparativos y de relación de beneficio-costos, surgiendo los siguientes comentarios:

El desarrollo del vuelo por medio del Dron en el área de intervención no tuvo contratiempo, el cual se ejecutó siguiendo el plan de vuelo basado en los procedimientos del fabricante del Dron y la aplicación DJI GO 4, por tanto, los vuelos no tripulados con esta tecnología son posibles en zonas rurales, apartadas y paramos sin problema. Así mismo, se evidencia una eficiencia en el vuelo gracias a la programación de la dirección del Dron en la aplicación DJI GO 4, la cual identifica el área para la toma de imágenes, georreferenciación y optimiza energía, tiempo y movimiento sobre la zona de estudio.

Se evidencio en el seguimiento de las actividades de la interventoría que se construyó la placa huella con los criterios de diseño y proceso constructivo de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella de INVIAS 2015 y las especificaciones técnicas para construcción de carreteras INVIAS 2013, las cuales fueron posibles el control de cantidades por medio de la topografía tradicional y con la aplicación innovadora del Dron, por tanto fue posible la aplicación por medio de imágenes de ortofoto tener información geometría y avance del proyecto de infraestructura ejecutado.

Se obtuvo mayor conocimiento de los alrededores del lugar de intervención por el gran alcance de área que presenta el dron, capturándose 170 imágenes en el vuelo, cuyo número de puntos permitió crear una planimetría más detallada, en calidad 4k de imagen, creando un mejor realismo de la vía, el cual está plasmado en un solo plano sobre la ortofoto obtenida mediante el procesamiento digital de imágenes del terreno, donde se logró identificar detalles de la construcción de los materiales y estructuras, al igual del seguimiento de obra.

Con respecto a la variable del tiempo, se logró determinar que la dedicación del personal tuvo una disminución con el uso del DRON, obteniendo una eficacia de 77% con relación al seguimiento normal con personal y comisión de topografía, debido que al realizarse por medio de vuelos el tiempo es relativamente inferior usando el dron tanto en el proceso de adquisición de los datos en campo como en el post proceso de la información de las actividades.

En relación al análisis de beneficio-costos, que según la expresión de relación de egresos e ingresos tomada de La Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras INVIAS (2008), se determinó un resultado de 1,2, lo cual indica una herramienta recomendable, así mismo, generó una reducción en costos del personal del 26%, otros costos directos del 9.78%, del levantamiento topográfico con Dron es 38% y costo total de la interventoría del 16%, ya que se redujo la dedicación del personal y por tanto su valor total.

En la comparación de los resultados en el cálculo de áreas, volúmenes y cantidades de avance de las actividades de seguimiento y supervisión, se determinó que el control por medio de DRON tuvo porcentaje de variación de 0.25% a 3.92% en relación a las actividades que hacen parte de la capa del pavimento y un 9.71% hasta un 10.12%, de las estructuras dimensionales de



confinamiento como berma y bordillo, por consiguiente se recomienda que sea usada para el seguimiento de actividades sobre el área de la estructura de un pavimento, ya que tendría una precisión significativa cuando sea usada con DRON.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la comparación y el análisis general del seguimiento de las actividades, control de dimensiones cantidades y supervisión en obra, la alternativa de realizar una interventoría a actividades en construcción de vías sobre todo en zonas más apartadas de difícil acceso sería viable desde el ámbito económico, administrativo y técnico, sin embargo en este último para mantener un equilibrio entre la precisión y la reducción de costos, se podría utilizar los vuelos no tripulados con DRON como un mecanismo que se complemente al seguimiento que se realiza de manera tradicional, por lo que se reduciría las variaciones, aumentaría la precisión al fusionarlo con los levantamientos tradicionales de topografía y generaría por ende un equilibrio financiero en la ejecución de la interventoría, igualmente, generando una mayor seguridad al personal en zonas difíciles del ámbito social.

### Referencias

- Aerial Insights. (2019, 12 febrero). *¿Qué es y cómo se realiza la fotogrametría con drones?*  
<https://www.aerial-insights.co/blog/fotogrametria-con-drones/>
- Asamblea Constituyente de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia de 1991*.  
Constitución Colombia. <https://www.constitucioncolombia.com/indice.php>
- Bentley Systems. (2022). *Cube: software para el modelado del transporte y el uso del suelo*.  
<https://www.bentley.com/es/products/product-line/mobility-simulation-and-analytics/cube-voyager>
- Cabada Quiliche, J. J. (2019). Evaluación de precisión y costo en un levantamiento topográfico con estación total y aeronave pilotada remotamente (RPA-DRON) en el centro poblado Cashapampa–Cajamarca 2018.
- Chen, Y., & Liu, H. (2009, 1 abril). *Study on the meso-structure image of shale based on the digital image processing technique*. IEEE Conference Publication | IEEE Xplore.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5054656>
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 28 octubre). *LEY 80 DE 1993 de Contratación de la Administración Pública*. Ministerio de educación.  
[https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85593\\_archivo\\_pdf4.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85593_archivo_pdf4.pdf)
- Corredor Daza, J. G. (2015). Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tulua–Rio Frio.

Correa, E. (2017, 1 enero). *El rol de las vías terciarias en la construcción de un nuevo país*.

Universidad de Los Andes: Revistas.

<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/full/10.16924/revinge.45.9>

Díaz Baeza, E. (2019). Estudio preliminar sobre el uso de dron durante el proceso de pavimentación en caminos de asfalto.

Franquet, J., & Querol, A. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*.

Universidad Nacional de Educación a Distancia Centro Asociado de Tortosa.

[http://www.mecinca.net/papers/Nivelacion\\_REGRESION.pdf](http://www.mecinca.net/papers/Nivelacion_REGRESION.pdf)

García, C., Calle, C., & Castillo, J. (2019). *Metodología para seguimiento de obra de infraestructura usando drone*. Universidad Santiago de Cali.

<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4156/METODOLOG%C3%8DA%20PARA%20SEGUIMIENTO?sequence=3&isAllowed=y>

García, P. (2021, 11 agosto). *¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?*

Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>

Granados, Y. (2018). *Manual para el postproceso de imágenes obtenidas a partir de una aeronave tripulada remotamente (Drone) en los software Agisoft Photoscan y PIX4D*.

Universidad Distrital Francisco de Caldas.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14055/ZafraGranadosYesidRomairoAnexo-1.pdf;jsessionid=7FAE909F020A2006A123E712CCDD905C?sequence=2>

Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. INVIAS.

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/985-manual-de-diseno-geometrico>

Instituto Nacional de Vías. (2013, 15 agosto). *Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras*. INVIAS.

<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos>

Instituto Nacional de Vías. (2015). *Guía de diseño de pavimentos con placa-huella*. INVIAS.

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella>

James, S., Marzoff, I., & Bies, J. (2010, 1 enero). *Photogrammetry*. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444532602100031>

Liz, E., & Rugeles, N. (2018). *Cartilla de procedimiento constructivo en infraestructura vial para placa huella en concreto hidráulico para bajos volúmenes de tránsito*. Universidad Piloto de Colombia.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5721/CARTILLA%20PLACA%20HUELLA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Malacara, D. (2007). *Óptica tradicional y moderna (Vol. 3)*. Fondo de Cultura Económica.

Morales, A. (2020, 22 julio). *¿Qué es ArcGIS Pro?* MappingGIS.

Napolitano, R., & Glisic, B. (2019, 15 febrero). *Methodology for diagnosing crack patterns in masonry structures using photogrammetry and distinct element modeling*. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029618328293?via%3Dihub>

Nikon Inc. (2017). *Entendiendo la Distancia Focal*. Nikon. <https://www.nikon.com.mx/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/entendiendo-la-distancia-focal.html>

*S980A GNSS Receiver*. (2020, 28 octubre). Stonex. <https://www.stonex.it/project/s980a-gnss-receiver/>

Serafino, A. (2018). *Levantamientos Especiales para Obras*. Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

Sugathan, S., & James, A. (2014). *International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*.

Zevallos Estrada, M. O. (2021). Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera Pillco marca distrito de Cayran 2019.

**APRENDICE N°1. *informe de ortofoto***

# MUTISCUA - LA LAGUNA

Informe de procesamiento

20 June 2022



# Datos del levantamiento

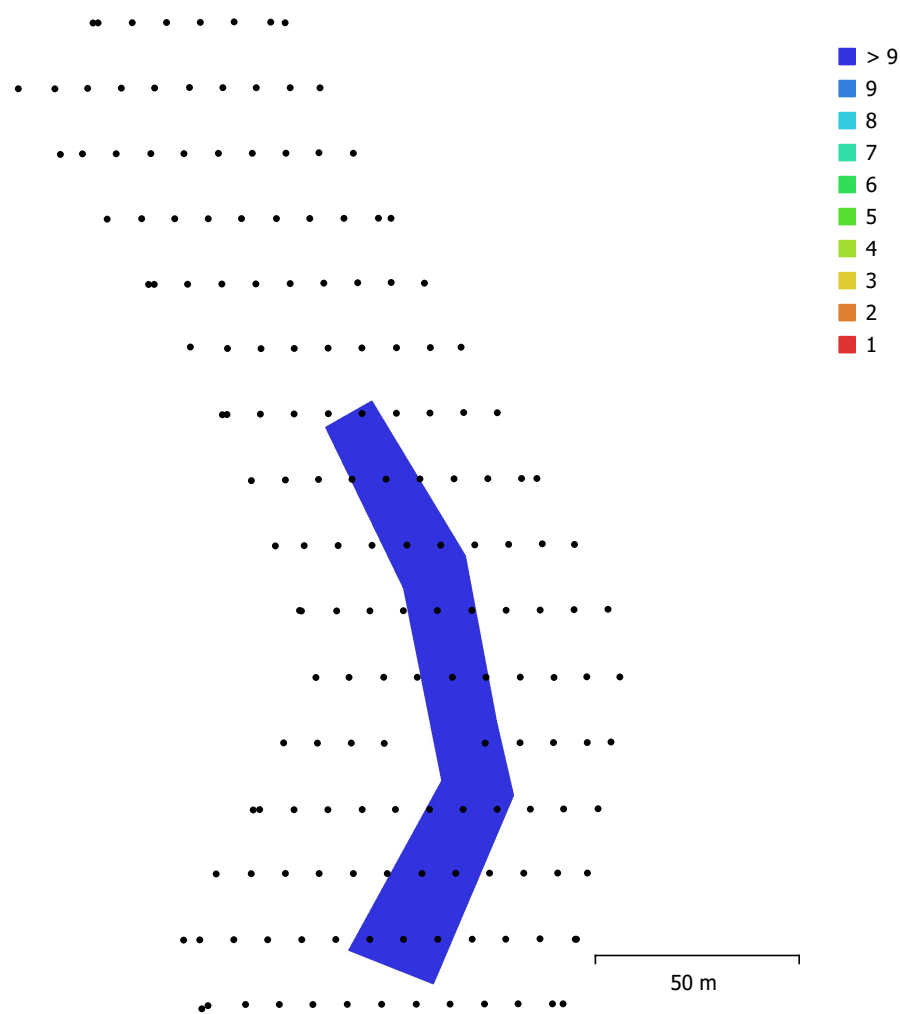


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

|                         |              |                        |           |
|-------------------------|--------------|------------------------|-----------|
| Número de imágenes:     | 168          | Imágenes alineadas:    | 168       |
| Altitud media de vuelo: | 60.8 m       | Puntos de paso:        | 130,208   |
| Resolución en terreno:  | 1.34 cm/pix  | Proyecciones:          | 394,515   |
| Área cubierta:          | 2.55e+03 m^2 | Error de reproyección: | 0.492 pix |

| Modelo de cámara  | Resolución  | Distancia focal | Tamaño de píxel    | Precalibrada |
|-------------------|-------------|-----------------|--------------------|--------------|
| L1D-20c (10.26mm) | 5472 x 3648 | 10.26 mm        | 2.41 x 2.41 micras | No           |

Tabla 1. Cámaras.



# Calibración de cámara

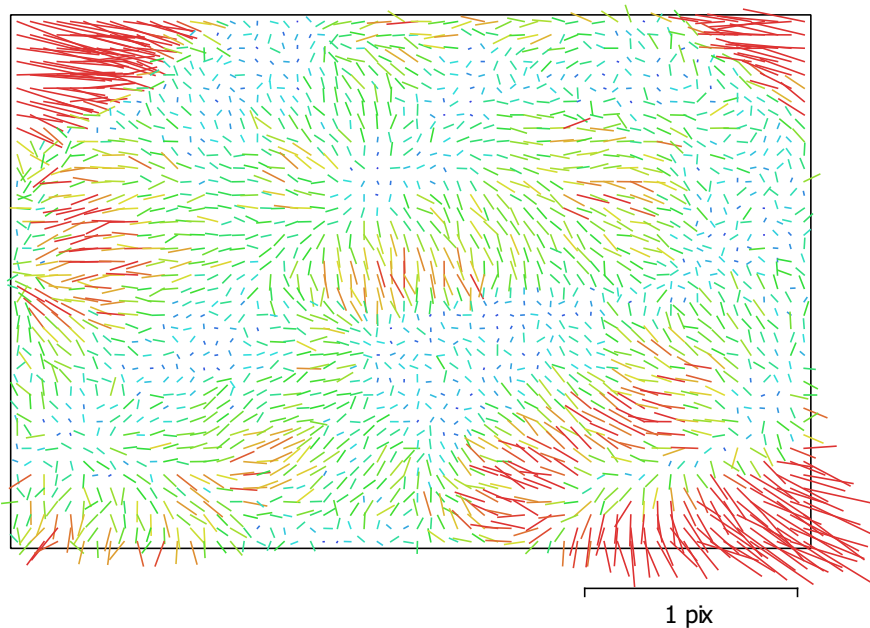


Fig. 2. Gráfico de residuales para L1D-20c (10.26mm).

## L1D-20c (10.26mm)

168 imágenes

Tipo  
**Cuadro**

Resolución  
**5472 x 3648**

Distancia focal  
**10.26 mm**

Tamaño de píxel  
**2.41 x 2.41 micras**

|           | Valor              | Error   | Cx   | Cy   | B1    | B2    | K1    | K2    | K3    | P1    | P2    |
|-----------|--------------------|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>F</b>  | <b>4256</b>        |         |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>Cx</b> | <b>-12.4048</b>    | 0.053   | 1.00 | 0.01 | -0.10 | 0.35  | 0.06  | 0.01  | -0.01 | 0.60  | -0.04 |
| <b>Cy</b> | <b>-31.7307</b>    | 0.041   |      | 1.00 | -0.30 | -0.04 | -0.02 | 0.00  | 0.00  | -0.01 | 0.62  |
| <b>B1</b> | <b>-7.53684</b>    | 0.15    |      |      | 1.00  | -0.01 | 0.01  | 0.01  | -0.01 | -0.03 | -0.07 |
| <b>B2</b> | <b>-5.39398</b>    | 0.16    |      |      |       | 1.00  | 0.13  | 0.01  | -0.00 | -0.03 | 0.05  |
| <b>K1</b> | <b>-0.00637108</b> | 7.6e-05 |      |      |       |       | 1.00  | -0.51 | 0.46  | -0.15 | 0.05  |
| <b>K2</b> | <b>0.0194288</b>   | 0.00017 |      |      |       |       |       | 1.00  | -0.98 | -0.00 | 0.02  |
| <b>K3</b> | <b>-0.0259812</b>  | 0.00021 |      |      |       |       |       |       | 1.00  | 0.00  | -0.01 |
| <b>P1</b> | <b>-0.00138514</b> | 3.2e-06 |      |      |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.09 |
| <b>P2</b> | <b>-0.00246528</b> | 2.4e-06 |      |      |       |       |       |       |       |       | 1.00  |

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

# Posiciones de cámaras

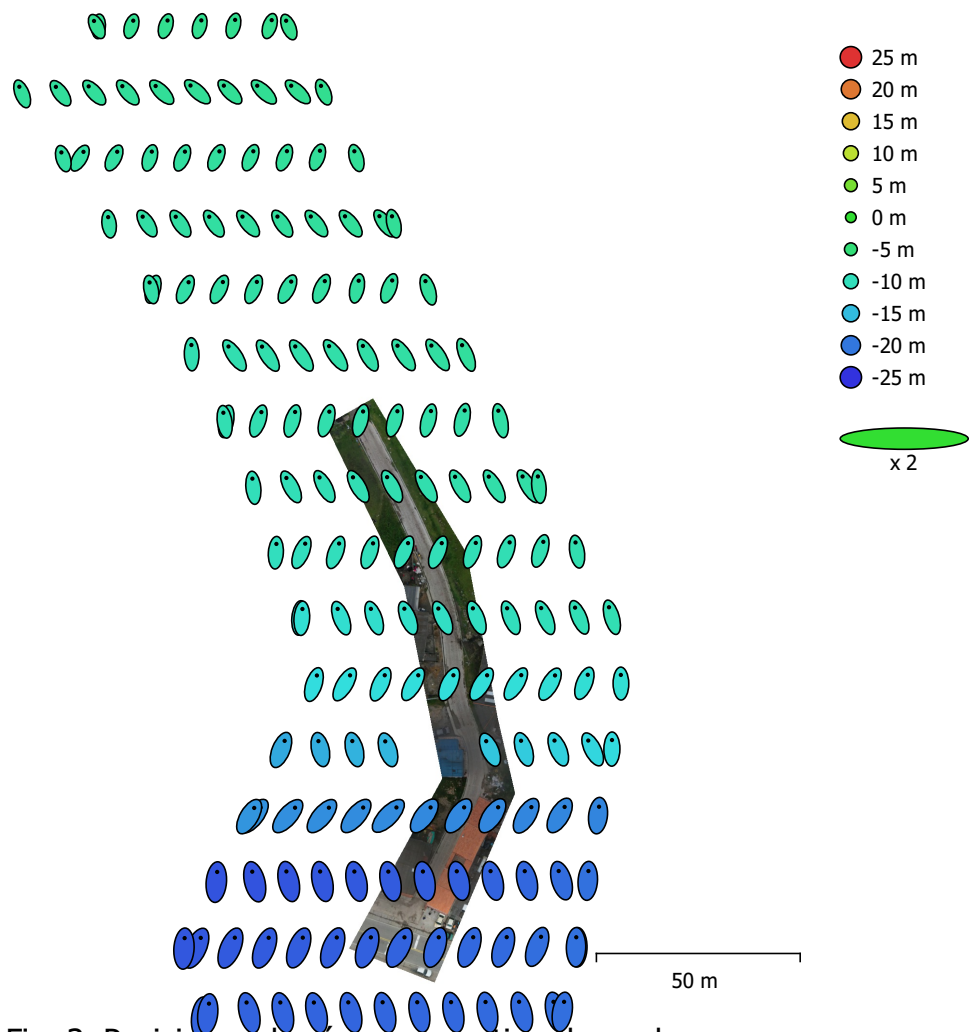


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

| Error en X (m) | Error en Y (m) | Error en Z (m) | Error en XY (m) | Error combinado (m) |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 0.948262       | 2.13937        | 13.9749        | 2.34011         | 14.1695             |

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

# Puntos de control terrestre

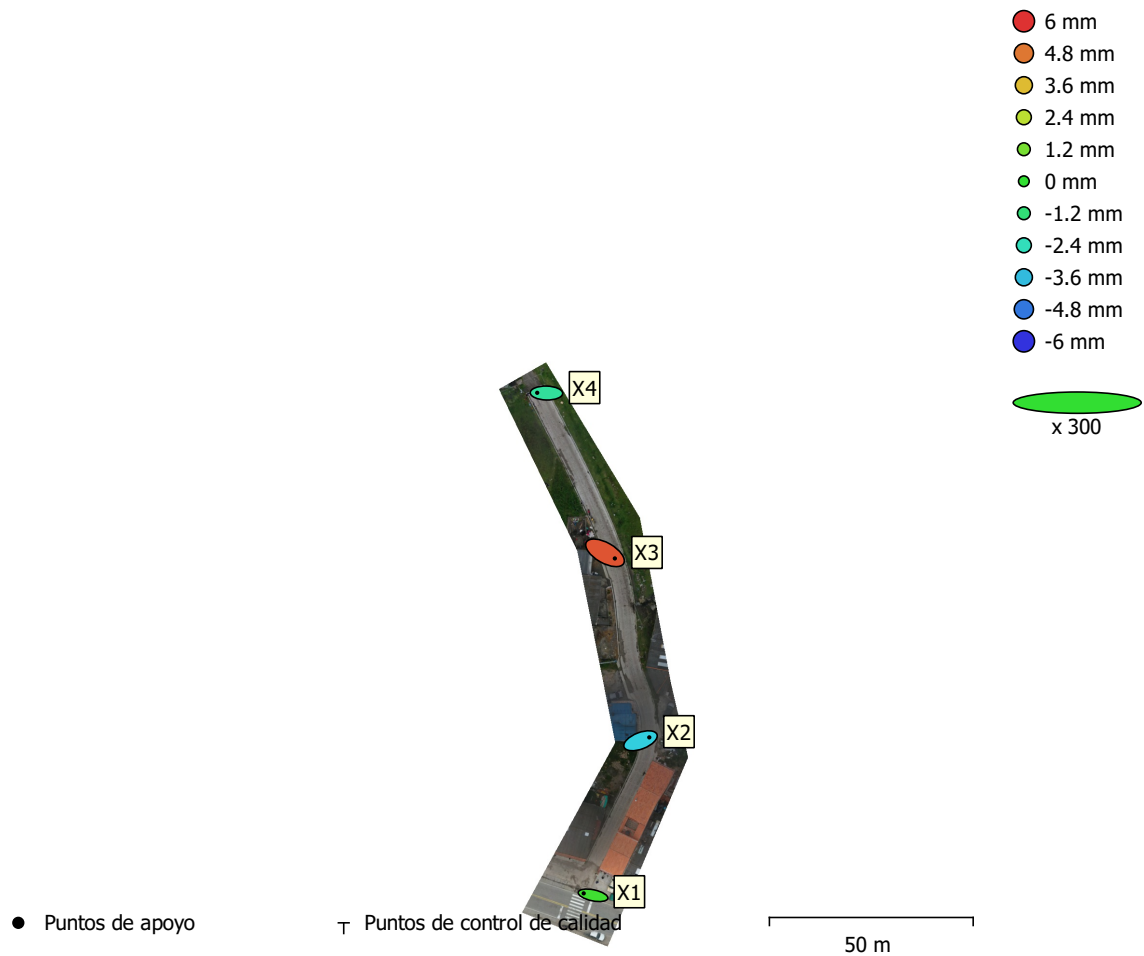


Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

| Número | Error en X (cm) | Error en Y (cm) | Error en Z (cm) | Error en XY (cm) | Total (cm) |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------|
| 4      | 1.52271         | 0.559189        | 0.329261        | 1.62214          | 1.65522    |

Tabla 4. ECM de puntos de apoyo.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

| <b>Nombre</b> | <b>Error en X (cm)</b> | <b>Error en Y (cm)</b> | <b>Error en Z (cm)</b> | <b>Total (cm)</b> | <b>Imagen (pix)</b> |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|
| X1            | -1.53035               | 0.318525               | 0.0243581              | 1.56334           | 1.029 (20)          |
| X2            | 1.43233                | 0.552015               | -0.327415              | 1.56955           | 0.669 (19)          |
| X3            | 1.61056                | -0.918198              | 0.540486               | 1.93109           | 0.718 (23)          |
| X4            | -1.51232               | 0.0387862              | -0.183666              | 1.52392           | 0.733 (31)          |
| <b>Total</b>  | <b>1.52271</b>         | <b>0.559189</b>        | <b>0.329261</b>        | <b>1.65522</b>    | <b>0.791</b>        |

Tabla 5. Puntos de apoyo.  
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

# Modelo digital de elevaciones

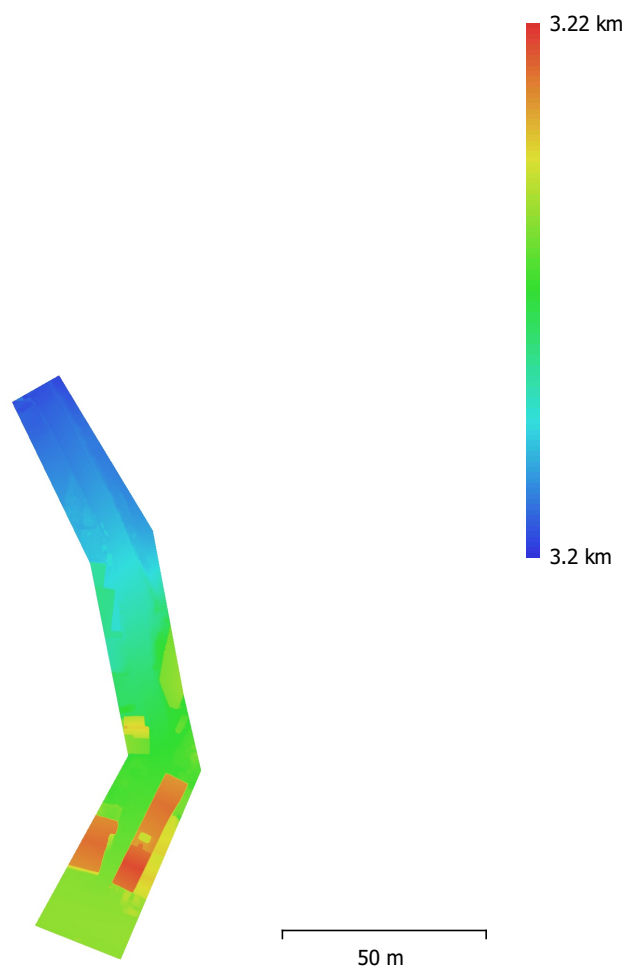


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 2.68 cm/pix  
Densidad de puntos: 0.139 puntos/cm<sup>2</sup>

# Parámetros de procesamiento

## Generales

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Cámaras            | 168 |
| Cámaras orientadas | 168 |
| Marcadores         | 4   |

## Formas

|                        |                                                  |
|------------------------|--------------------------------------------------|
| Polígonos              | 1                                                |
| Sistema de coordenadas | MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota zone (EPSG::3116) |
| Ángulo de rotación     | Guiñada, cabeceo, alabeo                         |

## Nube de puntos

|                                           |                        |
|-------------------------------------------|------------------------|
| Puntos                                    | 130,208 de 155,812     |
| RMS error de reproyección                 | 0.20215 (0.492414 pix) |
| Error de reproyección máximo              | 0.912059 (20.0623 pix) |
| Tamaño promedio de puntos característicos | 2.21496 pix            |
| Colores de puntos                         | 3 bandas, uint8        |
| Puntos clave                              | No                     |
| Multiplicidad media de puntos de paso     | 3.46238                |

## Parámetros de orientación

|                                          |                       |
|------------------------------------------|-----------------------|
| Precisión                                | Máxima                |
| Pre-selección genérica                   | Sí                    |
| Pre-selección de referencia              | Origen                |
| Puntos clave por foto                    | 40,000                |
| Puntos de paso por foto                  | 4,000                 |
| Emparejamiento guiado                    | No                    |
| Ajuste adaptativo del modelo de cámara   | Sí                    |
| Tiempo búsqueda de emparejamientos       | 2 minutos 42 segundos |
| Uso de memoria durante el emparejamiento | 3.59 GB               |
| Tiempo de orientación                    | 47 segundos           |
| Uso de memoria durante el alineamiento   | 123.54 MB             |

## Parámetros de optimización

|                                        |                               |
|----------------------------------------|-------------------------------|
| Parámetros                             | b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2 |
| Ajuste adaptativo del modelo de cámara | No                            |
| Tiempo de optimización                 | 1 segundo                     |
| Versión del programa                   | 1.6.5.11249                   |
| Tamaño de archivo                      | 11.68 MB                      |

## Mapas de profundidad

|        |     |
|--------|-----|
| Número | 167 |
|--------|-----|

## Parámetros de obtención de mapas de profundidad

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Calidad                 | Alta                   |
| Nivel de filtrado       | Moderado               |
| Tiempo de procesamiento | 17 minutos 57 segundos |
| Tamaño de archivo       | 992.05 MB              |

## Nube de puntos densa

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| Puntos            | 85,678,155      |
| Colores de puntos | 3 bandas, uint8 |

## Parámetros de obtención de mapas de profundidad

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Calidad                 | Alta                   |
| Nivel de filtrado       | Moderado               |
| Tiempo de procesamiento | 17 minutos 57 segundos |

## Parámetros de generación de la nube densa

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Tiempo de procesamiento | 48 minutos 23 segundos |
|-------------------------|------------------------|

|                                     |                                                                |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Versión del programa                | 1.6.5.11249                                                    |
| Tamaño de archivo                   | 1.09 GB                                                        |
| <b>MDE</b>                          |                                                                |
| Tamaño                              | 9,690 x 15,499                                                 |
| Sistema de coordenadas              | MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota zone (EPSG::3116)               |
| <b>Parámetros de reconstrucción</b> |                                                                |
| Origen de datos                     | Nube de puntos densa                                           |
| Interpolación                       | Habilitada                                                     |
| Tiempo de procesamiento             | 1 minuto 21 segundos                                           |
| Uso de memoria                      | 359.12 MB                                                      |
| Versión del programa                | 1.6.5.11249                                                    |
| Tamaño de archivo                   | 171.71 MB                                                      |
| <b>Ortomosaico</b>                  |                                                                |
| Tamaño                              | 14,401 x 24,319                                                |
| Sistema de coordenadas              | MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota zone (EPSG::3116)               |
| Colores                             | 3 bandas, uint8                                                |
| <b>Parámetros de reconstrucción</b> |                                                                |
| Modo de mezcla                      | Mosaico                                                        |
| Superficie                          | MDE                                                            |
| Permitir el cierre de agujeros      | Sí                                                             |
| Tiempo de procesamiento             | 3 minutos 4 segundos                                           |
| Uso de memoria                      | 3.34 GB                                                        |
| Versión del programa                | 1.6.5.11249                                                    |
| Tamaño de archivo                   | 3.01 GB                                                        |
| <b>Sistema</b>                      |                                                                |
| Nombre del programa                 | Agisoft Metashape Professional                                 |
| Versión del programa                | 1.6.5 build 11249                                              |
| OS                                  | Windows 64 bit                                                 |
| RAM                                 | 31.42 GB                                                       |
| CPU                                 | AMD Ryzen 7 4800H with Radeon Graphics                         |
| GPU(s)                              | AMD Radeon(TM) Graphics (gfx902)<br>NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti |

**APENDICE N°2.** *planos de topografía*







OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO, CONTROL Y SUPERVISIÓN MEDIANTE EL USO DE DRON PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA EN CONCRETO DE LA VÍA Terciaria Las Minas – La Laguna en el tramo comprendido entre el K0+000 al K0+123 del Municipio de Mutiscua, Norte de Santander

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

CONTENIDO

Plano Topográfico (Perfil Longitudinal)

ESCALA

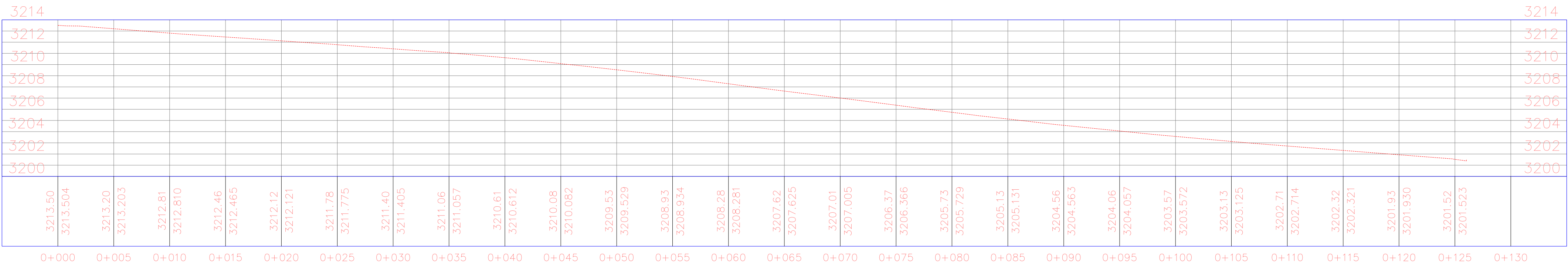
1:250

UBICACIÓN

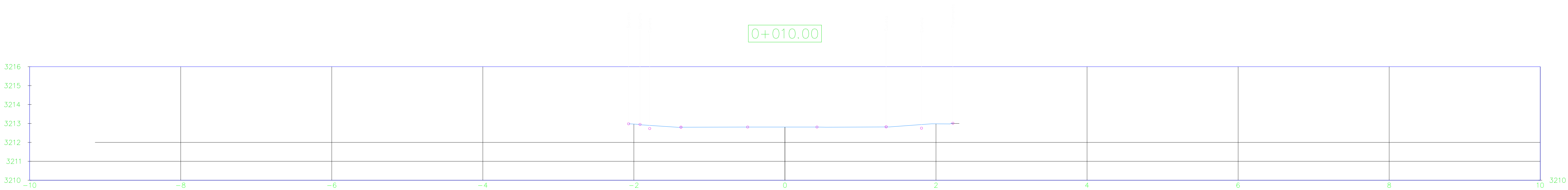


LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER

Alignment – (1) PROFILE







OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA TERCIARIA LAS MINAS –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

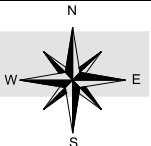
CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

ESCALA

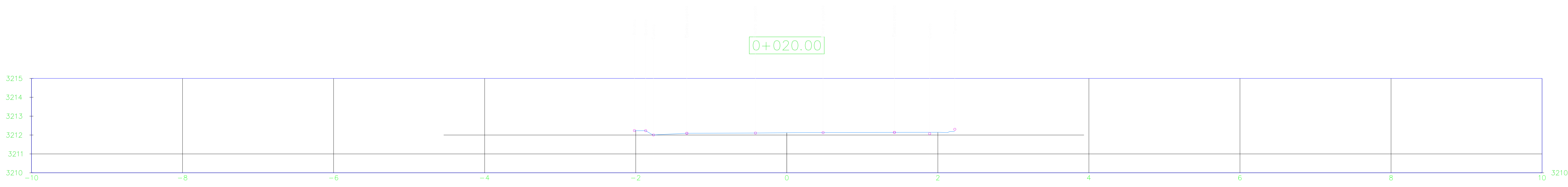
1:25

UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

ESCALA

1:25

UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

ESCALA

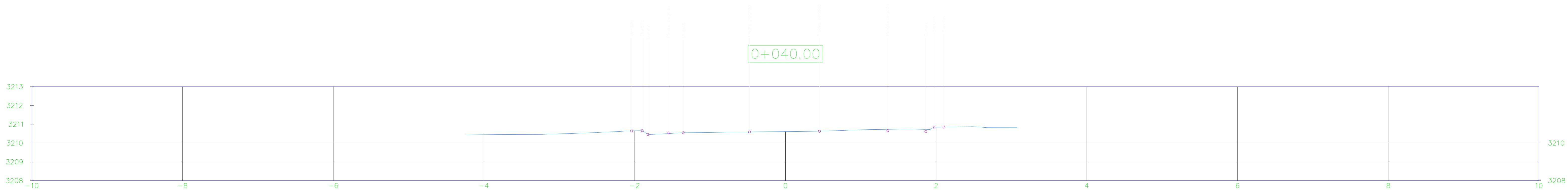
1\_500

UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





#### OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

#### ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

#### FECHA:

JUNIO 2022

#### CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

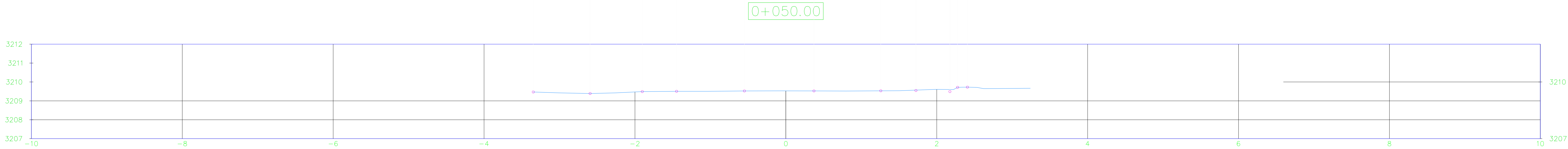
#### ESCALA

1:25

#### UBICACIÓN







OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

ESCALA

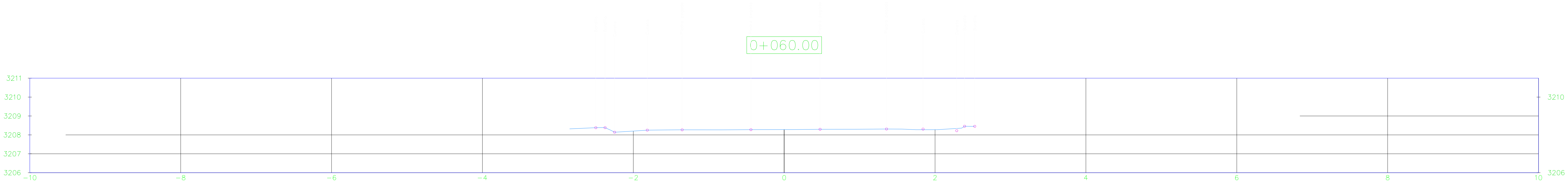
1:25

UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





#### OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

#### ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

#### FECHA:

JUNIO 2022

#### CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

#### ESCALA

1:25

#### UBICACIÓN





OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO, CONTROL Y SUPERVISIÓN MEDIANTE EL USO DE DRON PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA EN CONCRETO DE LA VÍA Terciaria Las Minas – LA LAGUNA EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL K0+000 AL K0+123 DEL MUNICIPIO DE MUTISCUA, NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

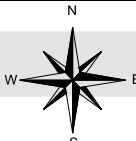
CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

ESCALA

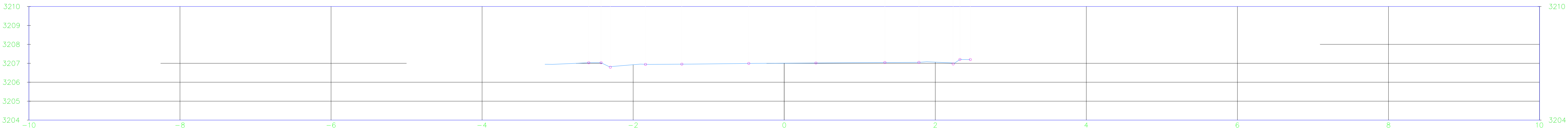
1:25

UBICACIÓN

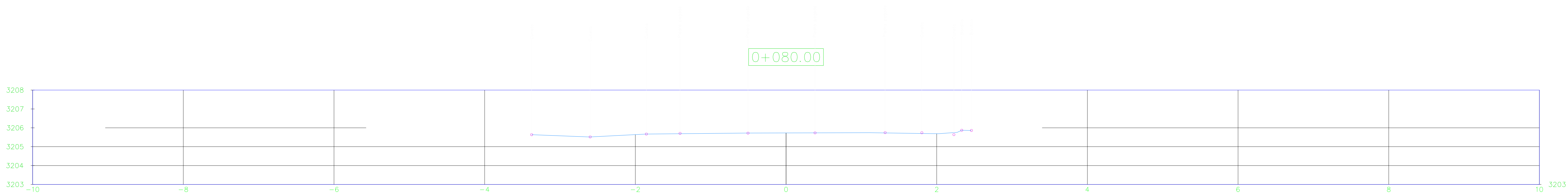


LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER

0+070.00







#### OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

#### ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

#### FECHA:

JUNIO 2022

#### CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

#### ESCALA

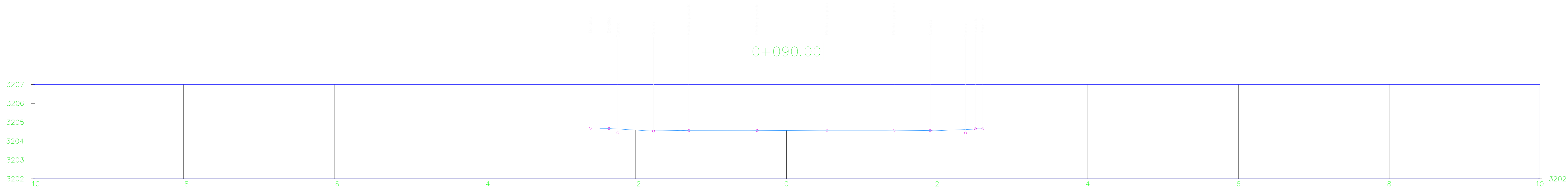
1:25

#### UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





#### OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA TERCIARIA LAS MINAS –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

#### ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

#### FECHA:

JUNIO 2022

#### CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

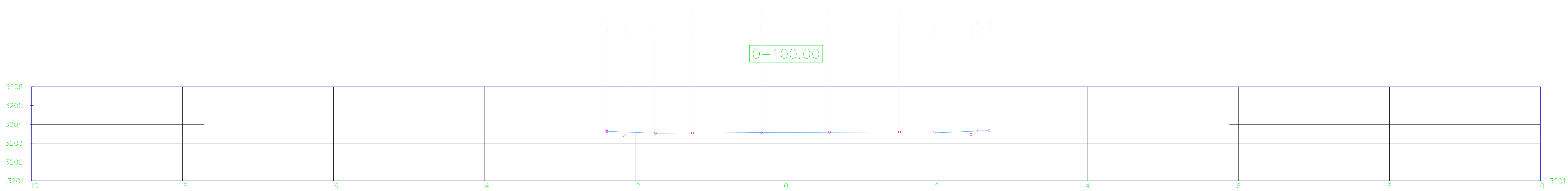
#### ESCALA

1:25

#### UBICACIÓN







OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

ESCALA

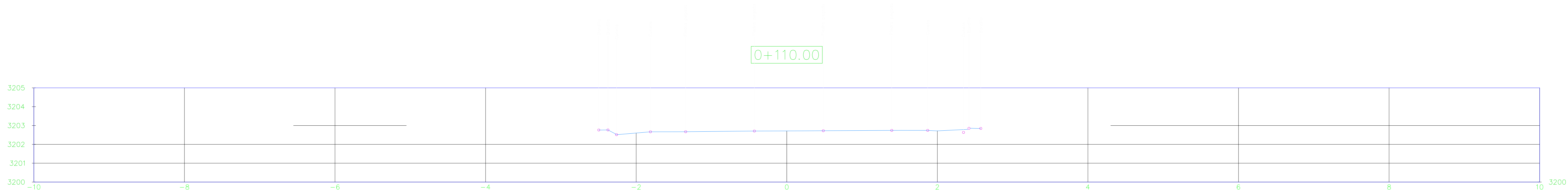
1:25

UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





#### OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

#### ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

#### FECHA:

JUNIO 2022

#### CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

#### ESCALA

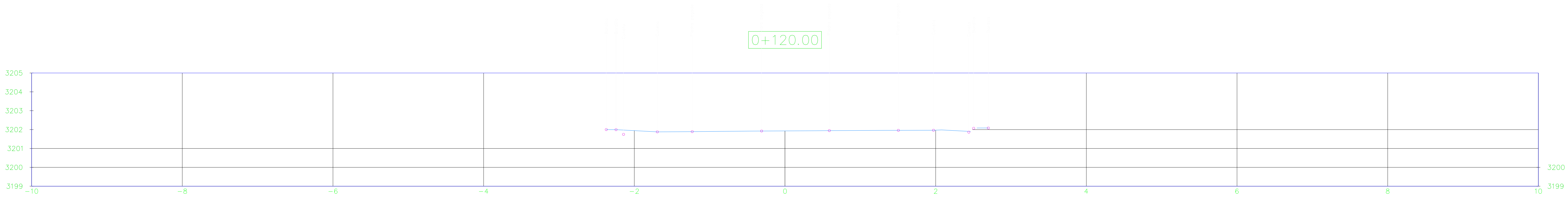
1:25

#### UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER





#### OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria Las Minas –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

#### ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

#### FECHA:

JUNIO 2022

#### CONTENIDO

PLANO TOPOGRÁFICO (SECCIONES TRANSVERSALES)

#### ESCALA

1:25

#### UBICACIÓN



LA LAGUNA  
NORTE DE SANTANDER

**APENDICE N°3.** *planos planta ortofoto y topografía*





OBJETO

METODOLOGÍA PARA EL  
SEGUIMIENTO, CONTROL Y  
SUPERVISIÓN MEDIANTE EL  
USO DE DRON PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA  
HUELLA EN CONCRETO DE LA  
VÍA Terciaria LAS MINAS –  
LA LAGUNA EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE EL  
K0+000 AL K0+123 DEL  
MUNICIPIO DE MUTISCUA,  
NORTE DE SANTANDER

ELABORÓ:

ING. JORGE IVAN ARIAS FLOREZ  
54202-303426 NTS

ING. LIDIA SHIRLEY PARRA  
GARCIA  
54202-68948 NTS

ING. MAIRA ALEJANDRA PICON  
GARCIA  
54202-100974 NTS

FECHA:

JUNIO 2022

CONTENIDO

ORTOFOTO LAS MINAS - LA LAGUNA K0+000 al K0+123

ESCALA

1\_100

UBICACIÓN



LA LAGUNA - MUTISCUA  
NORTE DE SANTANDER