



Metodología para el cálculo de inventarios en pilas de carbón para las empresas
dedicadas a la comercialización de carbón en el año 2022.

Proyecto de Investigación

Yaritza Angelica Moreno Moreno Cc.1098785464

Karen Andrea Amado Sequeda Cc.1098799652

Harold Quintana Bacca Cc.1093782975

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA
BUCARAMANGA, 16 MAYO DEL 2023



Metodología para el cálculo de inventarios en pilas de carbón para las empresas dedicadas a la comercialización de carbón, en el año 2022.

Proyecto de Investigación

Yaritza Angelica Moreno Moreno Cc.1098785464

Karen Andrea Amado Sequeda Cc.1098799652

Harold Quintana Bacca Cc.1093782975

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniería en Topografía

DIRECTOR

Carlos Esteban Mora Chaves

Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio-GRIMAT

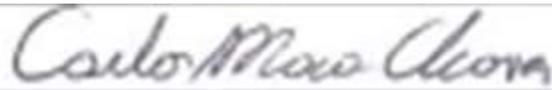
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA
BUCARAMANGA, 16 MAYO DEL 2023

Nota de Aceptación

El proyecto de grado cumple con todos los criterios e indicadores de evaluación. Aprobado de acuerdo con acta N° 15 del 6 de junio de 2023 del comité de proyectos de grado del programa de Ingeniería en Topografía


German Alberto Suárez Arias

Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

Angelica Moreno

Mi proyecto de grado es dedicado principalmente a Dios, porque él ha sido mi guía en cada proceso de mi vida, con todo mi amor y cariño a mi madre por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mí, a mi padrastro por su apoyo incondicional, a mis hermanos por siempre estar presentes, a mi novio por su compañía y amor.

Karen Amado

Dedico la culminación de mi proyecto de grado primeramente a Dios, a mi madre por el apoyo incondicional que me han brindado y sacrificio para alcanzar mis metas por siempre estar en cada momento de mi vida apoyándome, a mi padre por darme la motivación y apoyo para culminar mis metas.

Harold Quintana

Este proyecto de grado va dedicado especialmente a Dios y a la virgen de santa marta porque han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, a mi padre y mi madre que me han formado con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles, y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer principalmente a Dios, a las Unidades Tecnológicas de Santander por brindarnos los mejores procesos de educación, para formar los mejores profesionales, a todos los docentes por ser parte de nuestra formación académica y aportar sus conocimientos para forjarnos en la mejor profesión, a nuestro director de grado por guiarnos, motivarnos a pesar de las dificultades que tuvimos en el proyecto y siempre estar dispuesto a ayudar.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u>	<u>11</u>
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>12</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>14</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	18
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	<u>24</u>
2.1. MARCO ESPACIAL.....	24
2.2. MARCO TEÓRICO	25
2.3. MARCO CONCEPTUAL	32
2.4. MARCO LEGAL.....	34
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</u>	<u>35</u>
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>38</u>
4.1. FASE I	38
4.1.1. RECOPIACION DE INVENTARIOS EXISTENTES	38
4.1.2. ORGANIZAR DATOS	40
4.1.3. ANALIZAR LOS ELEMENTOS OBTENIDOS	43
4.2. FASE II.....	43
4.2.1. IDENTIFICACION DEL AREA A TRABAJAR	43
4.2.2. GEORREFERENCIACIÓN CON PUNTOS CONOCIDOS DEL IGAC	44
4.2.3. PLANEACION DE VUELO	45
4.2.4. MUESTREO DE DENSIDAD	46
4.2.5. PROCESAMIENTO FOTOGRAMETRICO.....	51
4.2.5.1 ORTOMOSAICO	51
4.3. FASE III.....	74
4.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS POR FOTOGRAMETRIA.....	74
4.3.2. INVENTARIOS ESTADISTICOS VS INVENTARIOS FOTOGRAMETRICOS.....	76
4.3.3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	78

5.	<u>RESULTADOS</u>	<u>80</u>
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>82</u>
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>83</u>
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>84</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de la planta Urimax.....	24
Figura 2. Etapas obtención del Coque	25
Figura 3. Clasificación de los drones.....	26
Figura 4. Ortomosaico.....	27
Figura 5. Alcance de la luz aérea (LIDAR)	28
Figura 6. DSM de vegetación.....	28
Figura 7. Modelo de Elevación Digital (DEM).....	29
Figura 8. Modelo Digital de Terreno (DTM)	30
Figura 9. Plataforma mueve intranet	38
Figura 10. Consolidados de acopios	39
Figura 11. Consolidados de acopios	40
Figura 12. Descarga de los consolidados Urimax	41
Figura 13. Localización específica de la planta Urimax – Patio 3	43
Figura 14. Georreferenciación del proyecto	44
Figura 15. Planeación de vuelo.....	45
Figura 16. Proceso de tara.....	48
Figura 17. Traslado del carbón	49
Figura 18. Traslado del material.....	49
Figura 19. Registro fotográfico tomadas con Dron	52
Figura 20. Creación el proyecto de PIX4D	53
Figura 21. Nombramos el proyecto Fotogrametria_Planta_Urimax	54
Figura 22. Se agregan las imágenes a PIX4D.....	54
Figura 23. Selección de las fotos	55
Figura 24. Propiedades de las fotografías.....	55
Figura 25. Selección del sistema de coordenadas para la fotografía.....	56
Figura 26. Seleccionamos el tipo de plantilla – Mapas 3D.....	56
Figura 27. Puntos tomados por el Dron.....	57
Figura 28. Procesamiento inicial	57
Figura 29. Reporte del procesamiento inicial	58
Figura 30. Validez de la ubicación de los GCP de las imágenes.....	59
Figura 31. Nubes de puntos y mallas	59
Figura 32. Proceso nube de puntos y malla	60
Figura 33. Reporte del proceso de la nube de puntos y malla.....	60
Figura 34. DSM, ortomosaico e índice	61
Figura 35. Reporte del proceso de DSM, ortomosaico e índice.....	61
Figura 36. Nube de puntos a Global Mapper.....	62
Figura 37. Ortofoto.....	63
Figura 38. Resultado ortofoto del proyecto.....	63
Figura 39. Área estratégica	64
Figura 40. Perfil de recorrido.....	65
Figura 41. Tramo de intervención.....	66
Figura 42. Clasificación de puntos en capas	67

Figura 43. Clasificación de Ruido.....	68
Figura 44. Reclasificación de puntos.....	69
Figura 45. Clasificación automática de los puntos de ruido.....	70
Figura 46. DEM de la ortofoto	71
Figura 47. DEM de la ortofoto	71
Figura 48. Marcación de las pilas de carbón	72
Figura 49. Visual de las áreas.....	73
Figura 50. áreas a calcular volumen	73
Figura 51. Visual de las áreas a calcular volumen	74
Figura 52. Diagrama de los inventarios internos y por fotogrametría.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado del arte N.1	18
Tabla 2. Estado del arte N.2	19
Tabla 3. Estado del arte N.3	20
Tabla 4. Estado del arte N.4	21
Tabla 5. Estado del arte N.5	22
Tabla 6. Estado del arte N.6	23
Tabla 7. Fórmulas para el cálculo de densidades	31
Tabla 8. Metodología de la investigación	35
Tabla 9. Consolidado general de las entradas de noviembre	41
Tabla 10. Consolidado general de las entradas por producto	42
Tabla 11. Muestras de densidades	50
Tabla 12. Resultados de densidades	51
Tabla 13. Resulta de volúmenes por medio de la fotogrametría	75
Tabla 14. Diferencia de inventario estadístico vs inventario fotogramétrico	77
Tabla 15. Resultado de inventarios internos y fotogrametría	78

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto está destinado a buscar la manera de como por medio de una metodología calcular inventarios de carbón con el uso de técnicas fotogramétricas, en este caso se realizó el cálculo para la empresa Carbomax en el patio Urimax ubicados en Norte de Santander, actualmente en la empresa los resultados de los inventarios de control interno son realizados de manera estadística, la cual presenta diferencias en los consolidados de inventarios de carbón. Por esta razón se genera la necesidad de cruzar los resultados estadísticos de control interno con el cálculo realizado por el grupo de Topografía.

El desarrollo de la metodología se llevó a cabo, primero identificando el proceso que se utiliza actualmente para la obtención de resultados en los inventarios de carbón, luego con la ayuda de la topografía y el uso de softwares de procesamiento fotogramétrico se quiere plasmar los resultados de una forma más apropiada para optimizar los porcentajes de desviaciones, con los resultados estadísticos de los inventarios de control interno versus los inventarios por fotogrametría, poder identificar las falencias que se tienen en los inventarios estadísticos, este proceso nos ayuda a establecer estrategias eficaces para controlar los cortes y conseguir reducción en dichos porcentajes de desviación.

Por medio del uso de los métodos fotogramétricos que se utilizaron en este en este proyecto se pudo evidenciar que es la alternativa más confiable para obtener resultados eficaces de inventarios de materiales, además se deben implementar cortes de inventarios más seguido para poder detectar a tiempo que está ocurriendo con el material y el porqué de las diferencias encontradas.

PALABRAS CLAVE. Dron, fotogrametría, topografía, densidad, inventarios.

INTRODUCCIÓN

El sector de la minería de carbón en Colombia se ha hecho muy importante por el carbón metalúrgico para la producción de Coque, dado a que se extrae el mineral con alta calidad siendo este muy deseado por las industrias a nivel mundial. Cabe mencionar que la industria de la coquización ha adquirido relevancia por su posicionamiento en el mercado internacional distinguiéndose en Colombia como el tercer exportador mundial. Esta industria es muy importante para el país ya que ha generado y mantenido empleos, por esta razón es importante motivar su competitividad y así generar mayor desarrollo para el país (Portafoli, 2022).

El proyecto de grado se enfocará en el proceso de inventarios en pilas de carbón de la empresa Carbomax de Colombia S.A.S, la cual es una comercializadora de productos minerales y derivados del carbón ubicada en Norte de Santander, su principal producto de exportación es el coque siderúrgico.

Para el desarrollo de la metodología se tuvo en cuenta la línea productiva del proceso de coquización en la Planta Urimax, es una planta ubicada en Norte de Santander dedicada a la fabricación de coque, en la cual se reciben viajes de carbones para su respectivo acopio en patios, dichos patios se forman pilas de diferentes zonas con calidades de carbones distintos, homogenizándolos y triturándolos a una granulometría deseada, seguidamente se realiza el proceso de descargue en patio donde se carga el material en vagonetas y se procede al llenado de horno para así comenzar el proceso de coquización.

La metodología se realizará por medio de cuatro fases, la primera está orientada a la recopilación de información y análisis de datos, la segunda a la organización de dicha información obtenida en campo, la tercera en el procesamiento y análisis de

los datos, por medio de software de fotogrametría y por último logrando resultados para así llegar a las conclusiones.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los inventarios de carbón presentan actualmente una desviación significativa debido al acopio de carbón y al proceso existente para la elaboración de mezcla, dicha mezcla se realiza por medio del aforo del cargador dependiendo de la capacidad de la pala, una de las posibles diferencias que se detectaron en las pilas se debe a que estos aforos por temas de humedad y mala operación del operador no logran obtener el peso escrito en la orden de mezcla, esto dificulta en muchos temas en el inventario estadístico que se lleva en la empresa.

Es importante implementar la intervención de estos resultados y procedimientos de mezcla quincenalmente, para así disminuir el porcentaje de desviación en los aforos, otras posibles causas de las diferencias encontradas corresponderían a hurtos de material en patios por ende se busca controlar las operaciones y obtener un buen rendimiento.

Este proyecto busca como finalidad resolver las problemáticas en cuanto a los inventarios de carbón, ya que al momento de hacer un cierre de inventarios el sobre costo, el tiempo, y la logística de esta operación con el método tradicional incurre a costos elevados, finalmente los datos de esta propuesta y la alta tecnología que se emplea reducen todos estos problemas que se tienen, con una efectividad del 98% en resultados de este procedimiento.

¿Como elaborar una metodología para calcular inventarios de carbón, por medio de técnicas fotogramétricas y muestreo de densidad para el año 2022?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente las empresas mineras están buscando nuevas tecnologías topográficas, las cuales ayuden a la reducción de costos y garantía de precisión, en este caso entraría a jugar un papel importante el uso de la topografía con drones dado a que es una tecnología apropiada para la captura de datos con una excelente precisión además, el método de topografía con drones es mucho más rápida que la topografía convencional esto repercute a la disminución de precios, el cual es una gran valor agregado (Guitierrez , 2015).

Los nuevos profesionales han creado ideas innovadoras para el desarrollo al uso de las actuales tecnologías las cuales dan un aporte significativo para cualquier industria o negocio, permitiendo consigo crear estrategias que ayuden a optimizar trabajo, en este caso se habla de uso de técnicas fotogramétricas (Coello & Ballesteros, 2015), las cuales dan herramientas que aporten mediciones completas con gran margen de exactitud del volumen y peso de diferentes materiales, estas mediciones contribuyen una serie de beneficios tales como inventarios transparentes para informes financieros, datos para la planificación, gestión de existencias y cálculos rápidos de inventarios, en este caso para la empresas dedicadas a las comercialización y extracción de minerales será de gran utilidad ya que el proceso proporcionara la estimación del material disponible y extraído, estos resultados son la base para la realización de la estructura de costos en todo el proceso.

Esta metodología se realizó por medio de tres fases, la primera fue la identificación del proceso actual para los resultados de inventarios de control interno de la empresa, segundo se propuso una metodología para calcular inventarios de carbón por medio de técnicas fotogramétricas, describiendo el paso a paso de cómo llegar a los resultados y tercero se cruzaron los datos de inventarios internos vs los

inventarios fotogramétricos para poder hacer un análisis de las diferencias encontradas y sus posibles causas.

La propuesta es relevante para las UTS porque alimenta la línea de investigación de Geomática y Gestión territorial del Grupo de investigación en medio ambiente y territorio GRIMAT, lo cual hace reforzar la actividad investigativa del programa académico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología para calcular inventarios de carbón, por medio de técnicas fotogramétricas y muestreo de densidad, utilizando tecnología de procesamiento (Pix4d, Goblal Mapper, Excel), para ser comparada con los inventarios de control interno existentes y lograr optimizar el seguimiento de dichos datos en el año 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los procesos de la metodología estadística y la metodología fotogramétrica para el cálculo de inventarios de carbón.
- Aplicar la metodología fotogramétrica para calcular los inventarios de carbón en la planta Urimax para el mes de noviembre del 2022.
- Analizar los resultados de la metodología propuesta para el cálculo de inventarios de carbón y compararlo con los inventarios estadísticos existentes para crear estrategias inventaríales más eficientes.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Tabla 1. Estado del arte N.1

Estado del arte N.1	
Título de la fuente: Aplicaciones topográficas de los drones.	Los drones están transformado los diferentes campos de la topografía como alternativa de medición y procesamientos fotogramétricos, estas transformaciones traen beneficios tales como tiempos más cortos en los trabajos de campo y costos reducidos en la obtención de información topográfica además el uso de los drones permite realizar trabajos a baja altura, grabando en tiempo real, facilita los levantamientos en zonas peligros y de difícil acceso, de forma automatizada, segura y ágil sin producir ningún riesgo para el personal. Actualmente existen diversos tipos de drones en su forma, tamaño, características y funciones para su uso al que se destine (Ferreira & Aira, 2017).
Autor: Marisa Rosana Ferreira, Víctor Gerardo Aira.	
Año de publicación: Buenos aires - Argentina en el 2017.	
Objetivo: Generar un sistema que combine la utilización de drones de diverso tamaño con la técnica fotogramétrica y constituya una plataforma tecnológica que proporcione una innovación tanto para la adquisición de imágenes aéreas métricas a bajo costo y en poco tiempo como para diversas aplicaciones topográficas utilizando diversos softwares alternativos con las precisiones (cm/píxel) requeridas para cada trabajo.	

Fuente: Los autores

Tabla 2. Estado del arte N.2

Estado del arte N.2	
Título de la fuente: Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con drones comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estación total.	Actualmente los volúmenes en las obras son calculados por levantamientos topográficos convencionales con el uso de la estación total, sin embargo, la tecnología ha avanzado y se ha hecho el uso de los drones el campo de la ingeniería, el cual proporciona la disminución de costos y tiempo además está al alcance de muchas personas, las imágenes tomadas de los drones y los procedimientos fotogramétricos son útiles para el cálculo de volúmenes, generar curvas de nivel, ortofotos, etc. Es indispensable proponer que se conozcan de estas tecnologías que den resultados fiables enfocados en el área de los cálculos de volúmenes en materiales apilados para agilizar las actividades en campo en las obras (Vasquez, 2022).
Autor: Vásquez Castañeda, Alexander.	
Año de publicación: Cajamarca – Perú en el 2021.	
Objetivo: Determinar si el volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con Drone DJI Phantom 4 Pro es estadísticamente similar al de un levantamiento topográfico con Estación Total Trimble 5603 DR200+.	

Fuente: Los autores

Tabla 3. Estado del arte N.3

Estado del arte N.3	
Título de la fuente: Estimación de recursos minerales por el método de secciones.	<p>Los estudios topográficos y geológicos nos permiten calcular cantidades de mineral y de que tipo se puede encontrar el mineral, la factibilidad que existe para realizar la explotación, los cálculos se realizan durante la producción de explotación para determinar cantidades del mineral, son esenciales para cualquier proceso de explotación minera, cuando se tiene estimaciones no se obtendrán cálculos precisos ya que la información utilizada es clase restringida, los procesos de estimación de los recursos son: base de datos, la preparación y análisis exploratorio, modelos geológicos, Topografía se define los parámetros de estimación, ley corte y parámetros minero con la categorización de recursos.</p> <p>El cuerpo del mineral se calcula obteniendo áreas o volúmenes, con el fin de convertir el volumen en toneladas de crudo y así obtener los promedios de los minerales comercializados en el mercado (Alvarado, Ayarquispe, Capcha, & Ramírez, 2017).</p>
Autor: Yosel Andree Alvarado Fernández, Dennis Jesús Ayarquispe López, Samuel Irvin Capcha Osoreo y Santos Ramírez Murillo.	
Año de publicación: Lima – Perú en el 2017	
Objetivo: Cálculo de cantidades de mineral presentes y la factibilidad de realizar la explotación.	

Fuente: Los autores

Tabla 4. Estado del arte N.4

Estado del arte N.4	
Título de la fuente: Cuantificación de volúmenes explanaciones con el uso de drones.	La fotogrametría busca tener una Compatibilidad de correlación de los volúmenes de la explanación de cálculos a partir de los métodos convencionales de alta precisión o de fotogrametría, buscando un método más rápido, económico y eficaz. Con la tecnología moderna que ofrece la topografía se puede obtener datos geoespaciales con una precisión de manera segura y confiable en el procesamiento de datos en minas u otras especialidades, tomadas desde drones que son equipos no tripulados que debe existir una correlación en la precisión del sistema de alta precisión para cuantificar volúmenes de la zona de estudio, también determinando coeficientes de compatibilidad de los tipos de minerales encontrados dentro la vegetación (Ross & García, 2022).
Autor: Claudio Ulise Ross Lopera, Jeffrey Jimmy Vinces García.	
Año de publicación: Portoviejo – Ecuador en el 2022.	
Objetivo: Determinar un coeficiente de compatibilidad para la cuantificación de volúmenes de explanaciones en levantamientos topográfico mediante el uso de drones y GPS.	

Fuente: Los autores

Tabla 5. Estado del arte N.5

Estado del arte N.5	
<p>Título de la fuente: Evaluación de modelos digitales de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el cálculo de volúmenes.</p>	<p>La fotogrametría ha representado un soporte fundamental a la topografía, dado a que en costos y tiempo es menor a la topografía tradicional, al mismo tiempo aporta resultados geospaciales de gran precisión.</p> <p>Los modelos de elevación describen el relieve de la superficie, así como se encuentra a partir de una nube de punto que se adquieren mediante distintos sistemas para realizar el proceso de captura de datos, estos modelos son muy utilizados en las empresas dedicadas a la extracción de materiales porque generan de forma ágil y precisa cálculos de volúmenes en los acopios de materiales.</p> <p>El acopio de materiales en las empresas siempre ha sido muy costoso, debido a los cálculos y la obra de mano necesaria para los trabajos en oficina y campo, ahora por medio del avance de la tecnología se obtienen datos más precisos en un tiempo más corto (Collazo, 2018).</p>
<p>Autor: John Jairo Collazos.</p>	
<p>Año de publicación: Bogotá – Colombia en el 2018.</p>	
<p>Objetivo: Evaluar los modelos digitales de elevación (MDE) derivados de la tradicional topografía convencional y la topografía realizada con drones.</p>	

Fuente: Los autores

Tabla 6. Estado del arte N.6

Estado del arte N.6	
Título de la fuente: Metodología de balance de masa y predicción de indicadores metalúrgicos en planta de lavado de carbones.	La metodología de lavado de carbón y estériles se procede a realizarse para para refinación de carbón, la planta de lavado de cerrejón Colombia, utiliza la separación gravitacional por densos, se basa en suspensiones de agua con magnética; se basa en la propuesta de realizar una unificación y estructura de datos del lavado de carbón, generando datos en programación de software estadístico de RStudio, realizando valoración metalúrgicos de dicha planta y generando una comparación de factores de diseño garantizar una operación optima (Ruiz, 2021).
Autor: Napoleón Ruiz Rave	
Año de publicación: Medellín – Colombia en el 2021.	
Objetivo: Calculo para el balance de masa y lavado de carbón por medio de indicadores metalúrgicos.	

Fuente: Los autores

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO ESPACIAL

El proyecto se desarrolló en la planta Urimax de Carbomax de Colombia, ubicado al sur oeste de Cúcuta aproximadamente a 2.30 km del casco urbano del departamento de Norte de Santander con coordenadas geográficas 7°53'36.76"N ; 72°34'1.87"O.

Figura 1. Localización general de la planta Urimax.

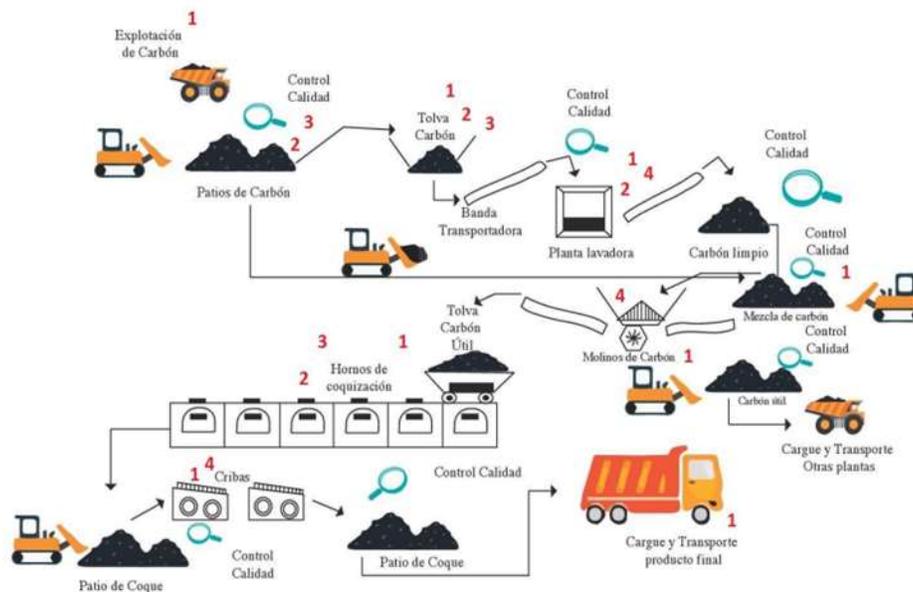


Fuente: Google Earth

2.2. MARCO TEÓRICO

Para este proyecto, el enfoque principal es el mineral de carbón es uno de los más exportados a nivel internacional con particular interés en la economía colombiana, siendo que el coque es un derivado de cierto tipo de carbón obtenido de la destilación de material siendo en una menor parte ceniza y mayor parte de carbón a continuación se describe por una gráfica desde la explotación hasta la comercialización del carbón (Gomez, 2018).

Figura 2. Etapas obtención del Coque

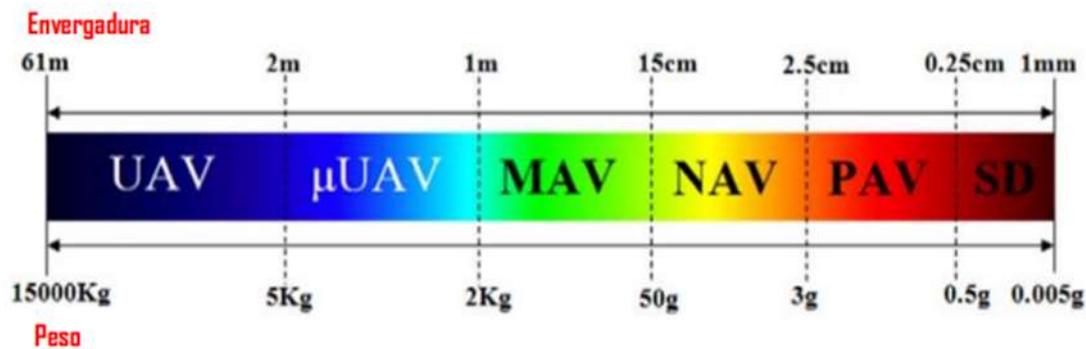


Fuente: Análisis de riesgos e impactos de la minería del carbón y producción de coque en zona de Cundinamarca, Colombia (Gomez, 2018).

Los drones son vehículos no tripulados aéreos motorizados que está controlados por un piloto de forma remota, hay una variedad diversa en el mercado, como los UAVs (Unmanned Aerial Vehicules) que puede volar miles de kilómetros, y hay otros pequeños como SD (Smart Dust) principalmente usados para espacios de

interiores, los drones en la actualidad tiene amplia aplicaciones en el Área civil , que se utilizan en las situaciones más difíciles de desastre natural, agricultura de precisión, redes eléctricas y en más proyectos con dificultades (Hassanalian & Abdelkefi, 2017).

Figura 3. Clasificación de los drones



Fuente: Klasifikasi, Aplikasi, dan Tantangan Desain Drone: Ulasan (Hassanalian & Abdelkefi, 2017).

a ortomosaico (ortoimagen, ortofoto u ortofotografía) es una fotografía aérea que se visualiza detalles que el hombre por técnicas tradicionales no puede tomar, el mapa ortomosaico son importantes en la topografía porque son precisos y no afecta los factores la perspectiva, también se puede renderizar en 3D interactivos para los proyectos que se requiera mapas escalables con detalles consistentes, se utiliza también para los proyectos de agricultura, conservaciones del medio ambiente, bienes inmuebles y entre otras más aéreas (DJI, 2021).

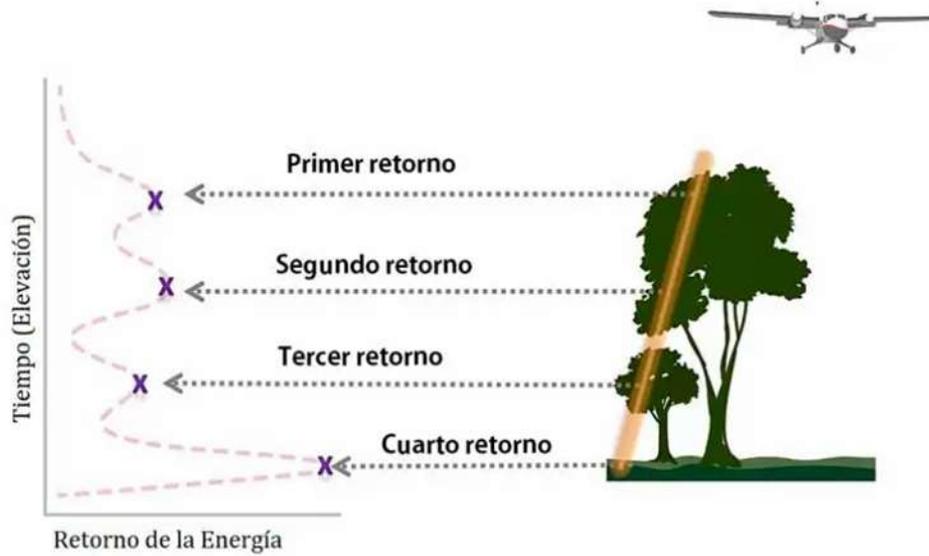
Figura 4. Ortomosaico



Fuente: Ortomosaico con dron (DJI, 2021).

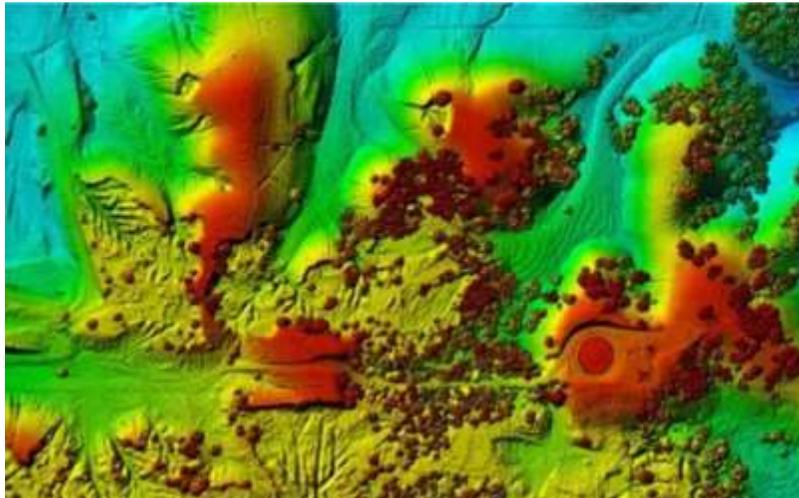
Modelo digital de superficie (DSM), es un sistema LIDAR (Ligth Detection and Ranging) representando elevaciones sobre el nivel medio del mar creando un relieve de la tierra a partir de los dato tomados como pueden ser edificios, árboles o cualquier superficie elevada sobre la tierra, las captaciones o pulso de luz rebotan los objetos y se regresan al sensor, dando una distancia o rango de la superficie, mayormente es modelo se utiliza para realizar modelados 3D como para planificación urbana, aviación, manejo de vegetación entre otros (ArcGeek, 2018).

Figura 5. Alcance de la luz aérea (LIDAR)



Fuente: Diferencias entre un DSM,DEM Y DTM (ArcGeek, 2018).

Figura 6. DSM de vegetación

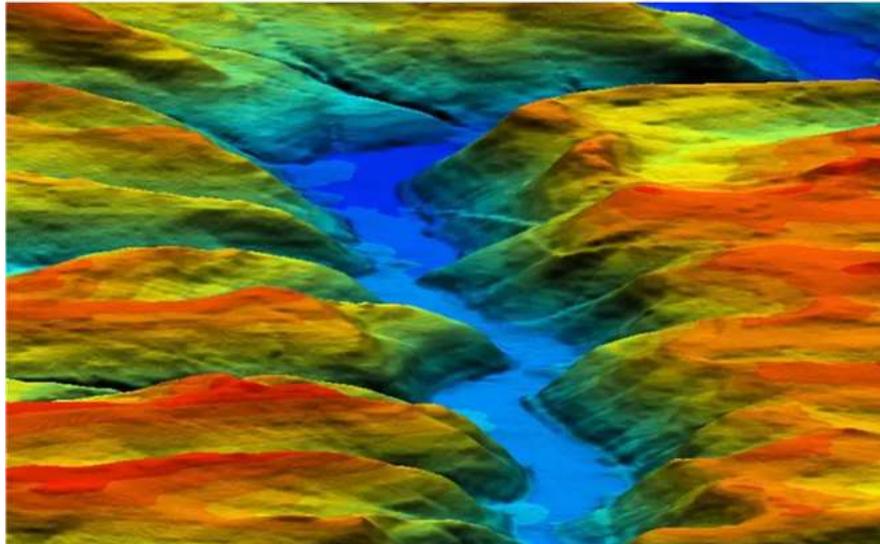


Fuente: Diferencias entre un DSM,DEM Y DTM (ArcGeek, 2018).

Modelo digital de elevación (DEM), consiste en ser una matriz de celdas de tierra referente a datos verticales, se muestra el relieve del suelo anulando la vegetación

y los objetos hechos por el hombre se genera un DEM a partir de datos de elevación tomados, este modelo se utiliza más de todo para los proyectos de suelos, hidrología y planificación territorial (ArcGeek, 2018).

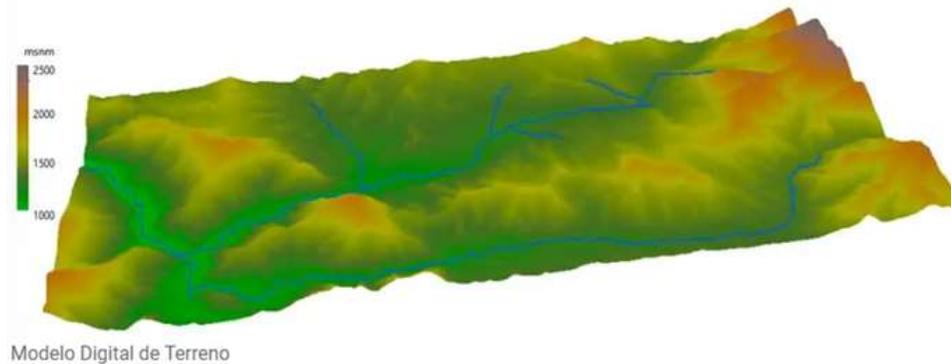
Figura 7. Modelo de Elevación Digital (DEM)



Fuente: Diferencias entre un DSM,DEM Y DTM (ArcGeek, 2018).

Modelo digital del terreno (DTM) se describe como representación tridimensional del terreno o superficie en coordenadas X,Y,Z almacenadas digitalmente, incluyendo características naturales (líneas de cretas y ríos), elementos geográficos, siendo un DTM un sinónimo del DEM incrementando las líneas de rupturas corrigiendo los objetos producidos y solo trabajando con los datos originales (ArcGeek, 2018).

Figura 8. Modelo Digital de Terreno (DTM)



Fuente: Diferencias entre un DSM,DEM Y DTM (ArcGeek, 2018).

Para este proyecto la muestra bruta de carbón y preparación de densidades de acuerdo con las normas ASTM, para la muestra bruta se debe recolectarse a unos 61 cm de la superficie, evitando cualquier caída al entorno abierto que pueda contaminar la muestra, las medidas del cajón de la tara son de 0.305m x 0.305m x 0.305m (Calderon & Rodriguez, 2022).

Para el análisis de densidades se tiene que realizar una medición de carbón que se compone por tres tipos:

Carbón suelto se realiza la tara con una porción de muestra:

- Se agrega material a la caja se elimina las burbujas de aire permitiendo que el carbón quede lo más suelto posible.
- Se deja aras el material depositado a nivel superior de la caja.
- Se realiza las mediciones y se registran los valores finalmente se pesa la caja más el carbón.

Carbón semicompactado se realiza la tara con una porción de muestra:

- Se llena la tara a la mitad y se procede a pisar con un pisón no menos de treinta (30) golpes.
- se termina de llenar la tara al máximo y se compacta otra vez no con menos de treinta (30) golpes nuevamente.

Carbón semicompactado se realiza la tara con una porción de muestra:

- Se llena la tara a un a un tercio de esta y se compacta no menos de treinta (30) golpes.
- Se agrega otro tercio de material y se repite el proceso de comparación no menos de treinta (30) golpes.
- Se registra las mediciones y finalmente se pesa como en la muestra anterior.

Para el cálculo de densidades se utilizan las siguientes fórmulas para dar la totalidad de la densidad de cada pila.

Tabla 7. Fórmulas para el cálculo de densidades

Calculo de Densidad Total			
Parametros	Densidad Carbon Suelto (%compactacion)	Densidad Carbon Semicompactado (%compactacion)	Densidad Carbon Compactado (%compactacion)
Peso Neto (Kg)	Peso Neto del Cajon	Peso Neto del Cajon	Peso Neto del Cajon
Densidad en Ton / m ³	$[(\text{Peso neto del Cajon})/(\text{Lado} \times \text{Lado} \times \text{Lado del cajon})]/1000$	$[(\text{Peso neto del Cajon})/(\text{Lado} \times \text{Lado} \times \text{Lado del cajon})]/1000$	$[(\text{Peso neto del Cajon})/(\text{Lado} \times \text{Lado} \times \text{Lado del cajon})]/1000$
DENSIDAD TOTAL DE LA PILA	Densidad Carbon Suelto*% de compactacion+Densidad Carbon semicompacto*% de compactacion+Densidad Carbon compactado*% de compactacion		

Fuente: toma de muestras brutas de carbón y su preparación para la medición de densidades (Calderon & Rodriguez, 2022).

Los inventarios se constituyen de materias primas, productos en proceso, los suministros que se utilizan las operaciones de los productos terminados, para este proyecto la gestión de inventarios es una contextualización de métodos y estrategias para evaluar cada movimiento o procedimiento de la empresa, considerándose con tres etapas para la realización de gestión de inventarios como son: la determinación de la existencia, análisis de inventarios y control de producción, cuando estas tres etapas se cumple se dice que se tiene una buena gestión de inventarios (Acostado & Agudelo, 2016).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Coque: es un material derivado del carbón con bajo contenido de ceniza, de azufre y se caracteriza por ser combustible con pocas impurezas y con alto contenido de carbon (Yirda, 2023).

Densidad: es una magnitud que nos permite medir la cantidad de masa respecto al volumen de un material (Física, 2023).

Georreferenciación: es la identificación de los puntos del espacio, mediante coordenadas referidas a un único sistema mundial (Brunini, Makern, Noguera , Cornaglia, & Mangiaterra, 2019).

Global Mapper: es un Software de procesamiento de datos de tipo cartográfico y mapa, con una aplicación de SIG robustica con una gama de herramientas completa de procesamiento de datos espaciales y con una variedad de datos (Danysoft, 2023).

Modelo digital de elevación (DEM): es un mapa identificando por matriz de celdas de la verticalidad de la tierra mostrando el relieve (Teledetección, 2023).

Modelo digital de superficie (DSM): es una representación visual y matemática con una altura respecto al nivel medio del mar permite caracterizar las formas del relieve y demás elementos (ELEVACIÓN, 2023).

Modelo digital del terreno (DTM): es una representación de elevación del terreno de los elementos respecto a la superficie, donde se incluye ancho, largo y alto de los objetos existentes de la superficie (Xenital, 2023).

Mueve intranet: es una plataforma web que permite gestionar de una manera eficiente los procesos administrativos y operativos, con un flujo de trabajo más organizada con un ahorro de tiempo y costos (Mueve, 2023).

P4D: es un Software de procesamiento de imágenes con un mapeo con drones o dispositivos móviles, con un uso de algoritmos y técnicas de procesamientos fotogramétrico, modelos digitales de la superficie con un orto mosaico alto más utilizado en la fotogrametría (UAV, 2023).

Sistema de información geográfica (SIG): es una integración de hardware, software y de datos geográficos, con una base de datos de información geográfica analizado la ubicación espacial y organización de capas de información visual mediante mapas y modelo 3D (Esri, 2023).

2.4. MARCO LEGAL

RAC 91 – Reglas generales de vuelo y operación: la norma se enfoca en el reglamento para el uso de Drones y estándares aéreos, para este proyecto es esencial de acuerdo a la viabilidad, uso del vuelo en la zona ya que se está utilizando un Dron Phantom 4 RTK (Aeronáutica, 2023).

ASTM (Sociedad americana para pruebas y materiales): es la que nos garantizan las normas técnicas para la variedad de materiales, productos, sistemas y servicios, las normas relevantes para este proyecto son (ASTM, 2023):

- ASTM D291 – Prueba de peso por pie cubico
- ASTM D2013 - Preparación de muestras
- ASTM 3302 – ASTM D5142 y total de humedad – Total de humedad

ISO: la norma ISO es un conjunto de reglamentos aplicaciones universales de calidad que está conformado por aplicaciones, de entrega del producto y servicios a las diferentes organizaciones o empresas a nivel nacional e internacional; Para este proyecto la norma nos da un enfoque para la entrega del producto y el control de calidad cuando se está trabajando con metales en este caso es para el Carbón (Capital, 2021).

Resolución 068 del 2005 del – MAGNA SIRGAS: el instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) es la entidad encargada para actualizar la red geodésica del país de Colombia, esta resolución nos da a conocer el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia denominado como MAGNA – SIRGAS, para el proyecto esta relación es la que nos entrega información geodésica para proceder a realizar el amarre de coordenadas del proyecto (IGAC, 2008).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 8. Metodología de la investigación

Fase I	Actividades	Fuentes de Información		Métodos de Investigación		Herramientas	Entregables
		Primarias	Secundarias	Analítico-Sintético	Inductivo-Deductivo		
Identificación del proceso de seguimiento actual en los inventarios de carbón	1. Recopilar de inventarios existentes		Textos, Documentos, Normas, Bibliografías, Tesis, Archivos			Herramientas computacionales	Tablas Excel
	2. Organizar datos						
	3. Analizar los elementos obtenidos						

Fase II	Actividades	Fuentes de Información		Métodos de Investigación		Herramientas	Entregables
		Primarias	Secundarias	Analítico-Sintético	Inductivo-Deductivo		
Aplicación de una nueva metodología para el cálculo de inventarios de carbón	1. Identificación del área a trabajar					Herramientas computacionales, DRON, RTK, herramientas menores, Pix4D, Global Mapper.	Fotografías, muestra de carbón, índices, Ortofoto, Modelo digital de terreno, volúmenes.
	2. Georreferenciación con puntos conocidos del IGAC		Textos, Documentos, Normas, Fotografías, manuales.				
	3. Planeación de vuelo						
	4. Muestreo de densidad						
	5. Procesamiento fotogramétrico						

Fase III	Actividades	Fuentes de Información		Métodos de Investigación		Herramientas	Entregables
		Primarias	Secundarias	Analítico-Sintético	Inductivo-Deductivo		
Analizar y comparar resultados	1. Presentar los resultados obtenido por fotogrametría		Ortofoto, tablas estadísticas			Excel	Tablas Excel con los dos resultados. Error, media (resultados estadísticos)
	2. Cruzar datos con el inventario real.						
	3. Análisis de resultados.						

Fuente: Los autores

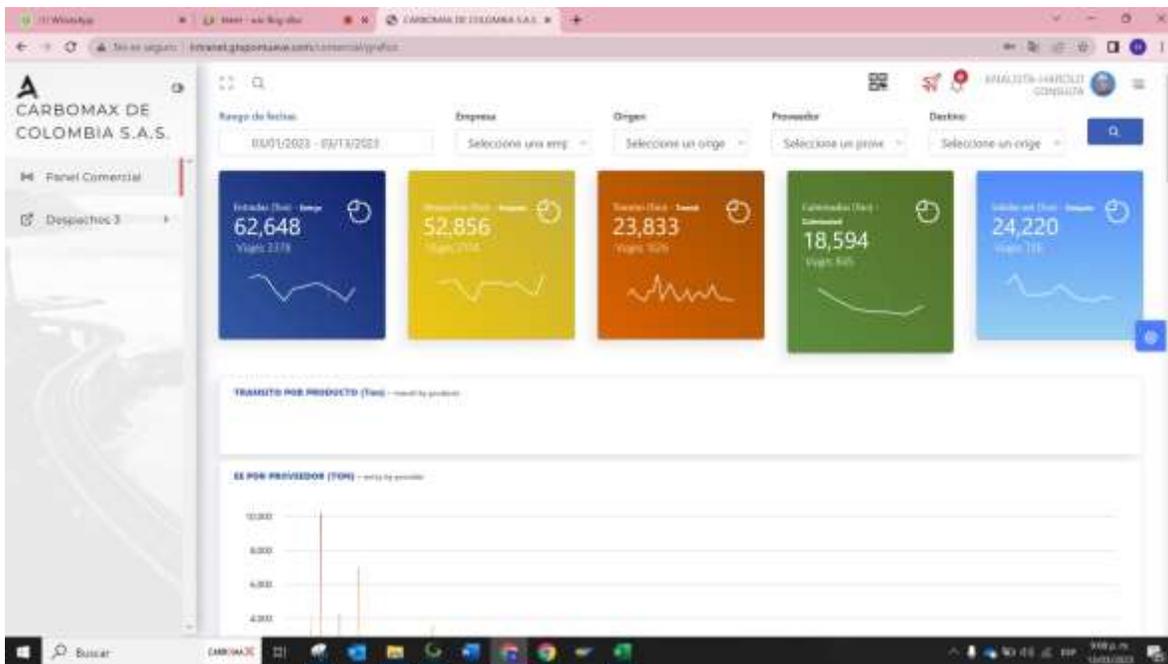
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. FASE I

4.1.1. RECOPIACION DE INVENTARIOS EXISTENTES

En esta fase se utilizaron fuentes secundarias para obtener los inventarios existentes, en este caso se empleó la plataforma dinámica (Mueve Intranet) de la empresa Carbomax, la cual nos proporciona los procesos operativos y logísticos en tiempo real.

Figura 9. Plataforma mueve intranet



Fuente: Los autores

Para este caso se puede observar la plataforma utilizada por la empresa la cual se llama mueve intranet, en ella utilizaremos los datos del consolidado de entradas al patio de acopio.

Figura 10. Consolidados de acopios

The screenshot shows a web application interface for 'CARBOMAX DE COLOMBIA S.A.S.'. The main content area is titled 'Listado de entradas todas' (All entries list). A calendar filter is visible, showing November 2022 with dates 1 through 30 selected. Below the calendar is a table of entry records. The table has columns for 'U. Origen', 'U. Destino', 'U. Producto', and 'Conductor'. The data rows show various entry records for 'OSCAR CERA' as the origin and 'ENTRAD...' as the destination. The conductor names listed include LUIS SARRAQUE, DIEGO VILLA, GERMAN MORENO, LEONY VELAZQUEZ, WILMER BERNAL, BERTLEPO BARRERA, JOSE LUIS ESPINOSA, JOSE VICENTE OLIVERA, EUCLEDES DELGADO, and JOHN BARBOSA.

U. Origen	U. Destino	U. Producto	Conductor	
OSCAR CERA	ENTRAD...	SP9795	75887	LUIS SARRAQUE...
OSCAR CERA	ENTRAD...	SP9890	90729	DIEGO VILLA...
OSCAR CERA	ENTRAD...	LV9181	88320	GERMAN MORENO...
OSCAR CERA	ENTRAD...	SP9209	59036	LEONY VELAZQUEZ...
OSCAR CERA	ENTRAD...	SY3343	84434	WILMER BERNAL...
OSCAR CERA	ENTRAD...	VH587	TYH587	BERTLEPO BARRERA...
OSCAR CERA	ENTRAD...	85193	86730	JOSE LUIS ESPINOSA...
OSCAR CERA	ENTRAD...	SRO536	R3754	JOSE VICENTE OLIVERA...
OSCAR CERA	ENTRAD...	TY324	37330	EUCLEDES DELGADO...
OSCAR CERA	ENTRAD...	8X809	84542	JOHN BARBOSA...

Fuente: Los autores

Se procede a filtrar la información de la base de datos de la plataforma con fecha del 1 al 30 de noviembre y el destino, que en este caso es la Planta Urimax.

Figura 11. Consolidados de acopios

Id	Código M.	U. Crea	U. Culmina	TL	M.	PL	Tr.	Conductor	Pro
07896	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32042	ENTRADA	106704	302707	RAFAEL BENITEZ	MP-MP-CAI
078954	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32041	ENTRADA	106707	352714	CARLOS OROZCO	MP-MP-CAI
078953	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32040	ENTRADA	106702	326387	HUGO TORDECL.	MP-MP-CAI
078952	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32039	ENTRADA	106700	326390	CARLOS OLASC.	MP-MP-CAI
078943	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32033	ENTRADA	106829	326398	EFRAIN GONZAL.	MP-MP-CAI
078940	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32032	ENTRADA	106705	352712	EDWIN HAWARRO	MP-MP-CAI
078939	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32031	ENTRADA	106704	302707	RAFAEL BENITEZ	MP-MP-CAI
078936	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32030	ENTRADA	106707	352714	CARLOS OROZCO	MP-MP-CAI
078934	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32029	ENTRADA	106700	326398	CARLOS OLASC.	MP-MP-CAI
078933	290000790	BASCULA_GENA.	BASCULA_GENA.	32027	ENTRADA	106702	326387	HUGO TORDECL.	MP-MP-CAI

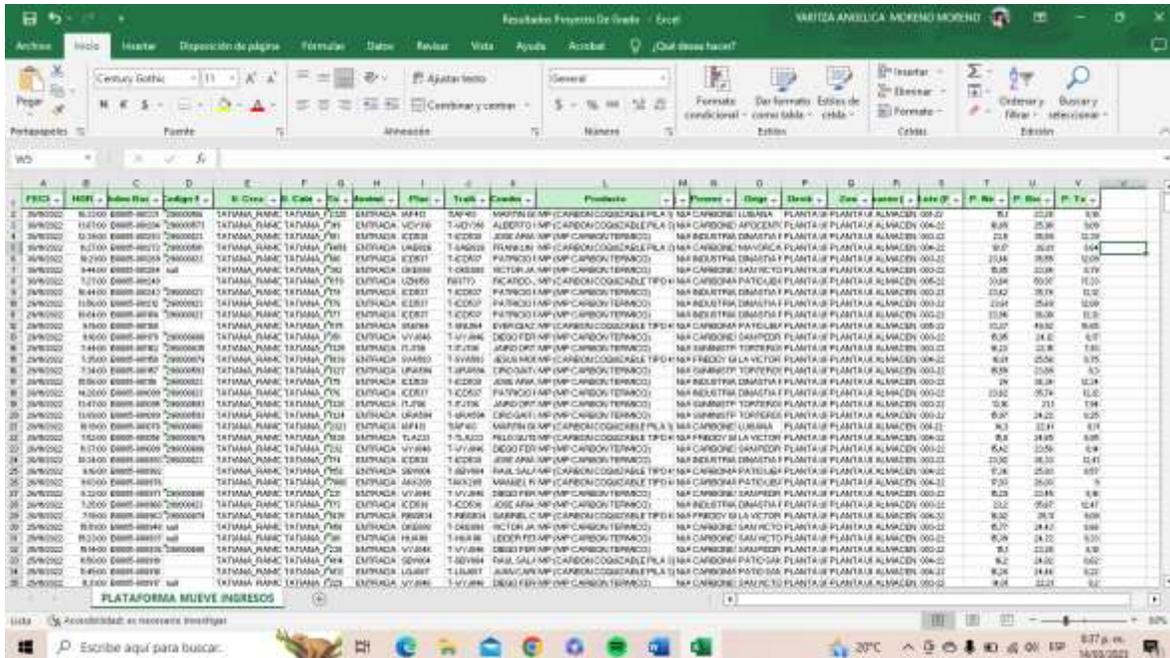
Fuente: Los autores

Se procede a descargar los datos filtrados para visualizarlos en una tabla en Excel.

4.1.2. ORGANIZAR DATOS

Por medio de la plataforma se descargaron los datos de las entradas de carbón con la fecha del 1 al 31 de noviembre del 2022 el cual será la fecha de estudio de este proyecto, dicha plataforma nos proporciona la fecha, hora, orden bascula, código mina, u.crea, u, culmina, tikect, movimiento, placa, trailer, conductor, producto, proveedor, origen, destino, zona, patio, pila, peso neto, peso bruto y peso tara.

Figura 12. Descarga de los consolidados Urimax



Fuente: Los autores

A continuación, procedemos a clasificar la información por fecha y producto.

Tabla 9. Consolidado general de las entradas de noviembre

PLANTA URIMAX		nov-22
FECHA		P. Neto
1/11/2022		117,80
2/11/2022		148,51
3/11/2022		198,99
4/11/2022		126,25
5/11/2022		42,75
7/11/2022		22,01
8/11/2022		102,91
9/11/2022		79,76
10/11/2022		108,78
11/11/2022		57,85

<u>PLANTA URIMAX</u>	<u>nov-22</u>
FECHA	P. Neto
12/11/2022	111,49
14/11/2022	23,32
15/11/2022	54,91
16/11/2022	233,20
17/11/2022	136,30
18/11/2022	109,90
19/11/2022	40,80
21/11/2022	97,85
22/11/2022	159,64
23/11/2022	265,63
24/11/2022	175,60
25/11/2022	186,19
26/11/2022	128,24
28/11/2022	106,85
29/11/2022	167,03
30/11/2022	145,81
Total general	3148,37

Fuente: Los autores

Tabla 10. Consolidado general de las entradas por producto

FECHA	P. Neto
PLANTA URIMAX	3148,37
ALMACEN 5	3148,37
MP (CARBON COQUIZABLE PILA 1)	178,95
MP (CARBON COQUIZABLE PILA 3)	261,81
MP (CARBON COQUIZABLE TIPO 0)	66,73
MP (CARBON COQUIZABLE TIPO 2E)	564,75
MP (CARBON COQUIZABLE TIPO 4SD)	633,81
MP (MP CARBON TERMICO)	1442,32
Total general	3148,37

Fuente: Los autores

La información de la anterior tabla son los consolidados de entradas del mes de noviembre, en este se contienen los movimientos de material que ha tenido la planta, clasificada por fecha y por almacén.

4.1.3. ANALIZAR LOS ELEMENTOS OBTENIDOS

Por medio de los datos que se obtuvieron en la plataforma se logró depurar información para presentar el consolidado de las entradas del mes de noviembre clasificado por su fecha y el consolidado del producto con el neto total del peso.

4.2. FASE II

4.2.1. IDENTIFICACION DEL AREA A TRABAJAR

Figura 13. Localización específica de la planta Urimax – Patio 3



Fuente: Google Earth

4.2.2. GEORREFERENCIACIÓN CON PUNTOS CONOCIDOS DEL IGAC

Figura 14. Georreferenciación del proyecto



Fuente: Los autores

Armamos la base RTK en el mojón que hay en planta para posterior a eso realizar el vuelo.

4.2.3. PLANEACION DE VUELO

Para el diseño del vuelo fotogramétrico se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros tales como la altura del vuelo, el número de imágenes necesarias para cubrir el área de trabajo, la duración del vuelo, además se garantizó que las condiciones físicas del terreno estuvieran óptimas para evitar futuros accidentes, seleccionada la altura de vuelo conveniente se traza el plan de vuelo con el software DJI y se procede a ejecutar el vuelo.

Figura 15. Planeación de vuelo



Fuente: Los autores

4.2.4. MUESTREO DE DENSIDAD

Para realizar el muestreo de densidad se llevaron a cabo tres mediciones, con carbón suelto, semicompactado y compactado en las pilas 0, 1, 2E, 3, 4SD Y TERMICO, ejecutando los siguientes pasos:

Para carbón suelto:

- Se selecciono un lugar en el área de interés donde se pudiera depositar, siendo está lo suficientemente amplia y sin materiales extraños.
- El contenido del saco se deposita en dicha área para proceder a homogenizar el material de forma manual utilizando palas.
- Obtenido una buena homogenización del material se extrae la cuarta parte de la muestra bruta, la cual será depositada en recipientes para ser registrada en bascula.
- Ya obtenido la muestra bruta de carbón se prosigue a medir de la siguiente manera:
- Previamente se tara la caja de madera y luego se toma una parte de muestra homogenizada manualmente.
- Se agrego el material a la caja y se eliminan las burbujas de aire dejando a ras el material respecto al nivel superior de esta.

- Se nivelo el exceso de carbón por encima del borde de la caja por medio de la barra niveladora
- Finalmente se realizó la medición del peso con bascula y se registraron los valores.

Para carbón semicompactado:

- Con la caja de madera tara y vacía a la mitad se procedió a dar con el Pison treinta golpes.
- Seguidamente se llenó a la totalidad y se compacto nuevamente con treinta golpes.
- Terminado el proceso se nivelo y se pesó en la báscula.

Para carbón compactado:

- Se repitió el proceso del tarado y vaciado de la caja, después se llenó un tercio de ella y se compacto con treinta golpes.
- Se agrego otro tercio y se repitió el proceso de compactación.
- Llenamos al máximo la caja y finalizamos el proceso compactándolo nuevamente como los pasos anteriores.
- Después de llenar la caja, se nivelo el exceso de carbón y se pesó en bascula.

Los equipos que se utilizaron para la muestra fueron:

- Palas de muestreo
- Bascula
- Sacos para depositar la muestra
- Cuarteador manual o mecánico
- Pisón metálico
- Caja de madera con dimensiones 0.305 m*0.305 m*0.305 m

Figura 16. Proceso de tara



Fuente: Los autores

Figura 17. Traslado del carbón



Fuente: Los autores

Figura 18. Traslado del material



Fuente: Los autores

Obtenido los tres pesos en cada una de las pilas se calculó la densidad total con las siguientes formulas presentadas en la **Tabla 7**. Fórmulas para el cálculo de densidades.

A continuación, se presenta los resultados de densidades calculadas con las fórmulas anteriormente mencionadas, en forma de tabla.

Tabla 11. Muestras de densidades.

ENSAYO DE DENSIDADES							
PLANTA	URIMAX -NOVIEMBRE						
N° Muestra	Material	Peso kg	Tara kg	0.028372625/m³	m³/ton	Densidad	Promedio-Densidad
1	PILA 0	40,2	14,35	25,85	911,089474	0,911	0,922
	PILA 0	40,9	14,35	26,55	935,761143	0,936	
	PILA 0	40,45	14,35	26,1	919,900785	0,920	
2	PILA 1	40,4	14,35	26,05	918,138523	0,918	0,918
	PILA 1	40,45	14,35	26,1	919,900785	0,920	
	PILA 1	40,35	14,35	26	916,376261	0,916	
3	PILA 2E	39,45	14,35	25,1	884,655544	0,885	0,872
	PILA 2E	38,7	14,35	24,35	858,221613	0,858	
	PILA 2E	39,1	14,35	24,75	872,31971	0,872	
4	PILA 3	40,35	14,35	26	916,376261	0,916	0,920
	PILA 3	40,55	14,35	26,2	923,425309	0,923	
	PILA 3	40,5	14,35	26,15	921,663047	0,922	
5	PILA 4SD	41,9	14,35	27,55	971,006384	0,971	0,970
	PILA 4SD	41,65	14,35	27,3	962,195074	0,962	
	PILA 4SD	42,1	14,35	27,75	978,055432	0,978	
6	PILA TERMICO	41,5	14,35	27,15	956,908287	0,957	0,964
	PILA TERMICO	41,9	14,35	27,55	971,006384	0,971	
	PILA TERMICO	41,7	14,35	27,35	963,957336	0,964	

Fuente: Los autores.

Tabla 12. Resultados de densidades

RESULTADO DE DENSIDADES		
TIPO DE MATERIAL	DENSIDA M3/TON	ENSAYO
PILA 0	0,922	ASTM D291
PILA 1	0,918	ASTM D291
PILA 2E	0,872	ASTM D291
PILA 3	0,920	ASTM D291
PILA 4SD	0,970	ASTM D291
PILA TERMICO	0,964	ASTM D291

Fuente: Los autores

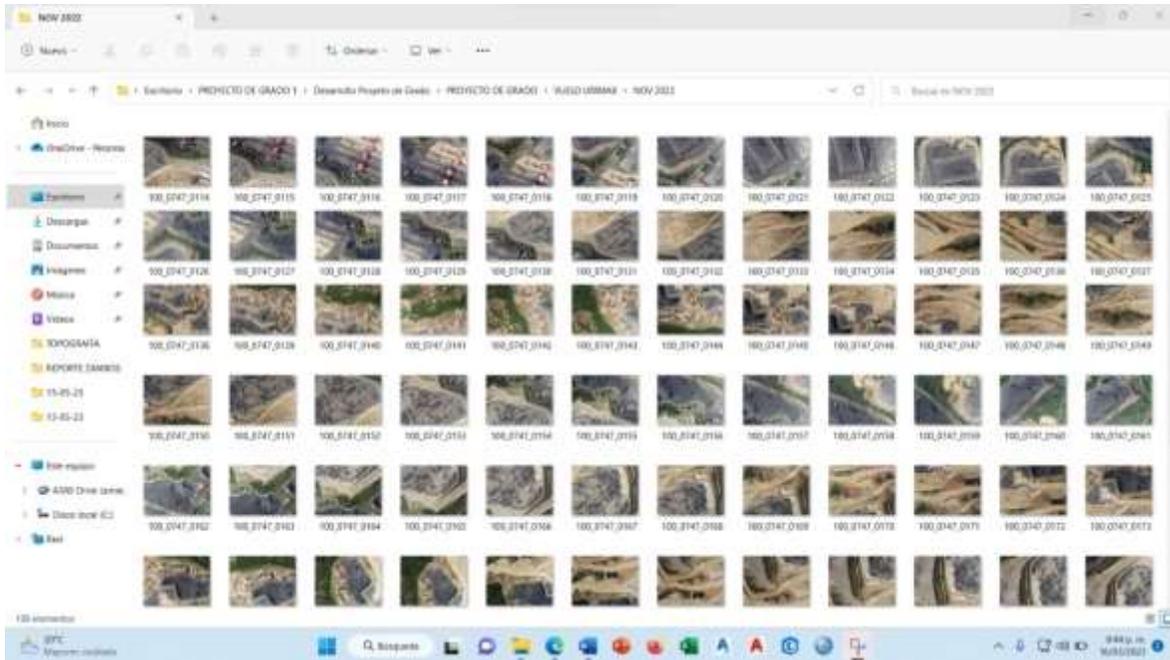
4.2.5. PROCESAMIENTO FOTOGRAMETRICO

4.2.5.1 ORTOMOSAICO

Utilizando el software Pix4D se generó la ortofoto del área de interés, realizando una serie de paso que se describirán a continuación:

Primero, se realizó la descarga de las fotografías tomadas con el dron.

Figura 19. Registro fotográfico tomadas con Dron



Fuente: Los autores

Segundo, inicialmente se utilizó el software PIX4D, en el crearemos el nuevo proyecto.

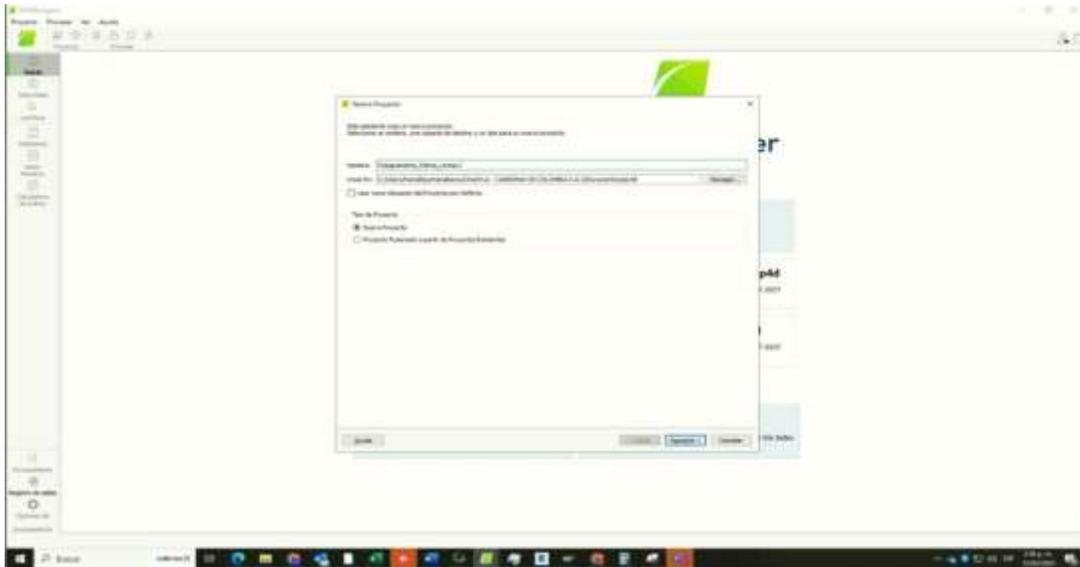
Figura 20. Creación el proyecto de PIX4D



Fuente: Los autores

Se creó el nuevo proyecto a realizar con el nombre Fotogrametria_Planta_Urimax.

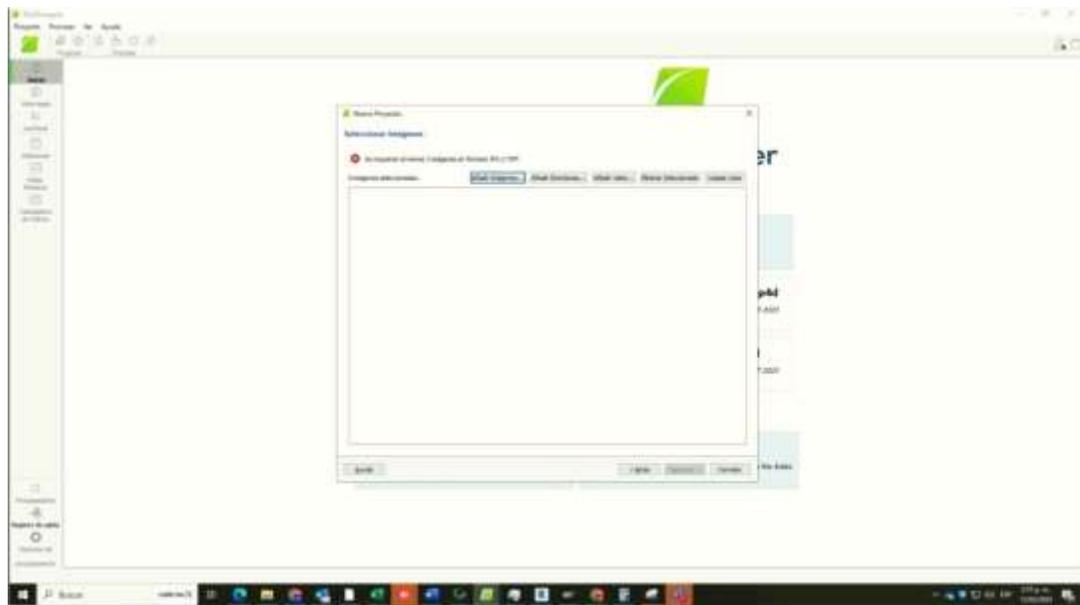
Figura 21. Nombramos el proyecto *Fotogrametria_Planta_Urimax*



Fuente: Los autores

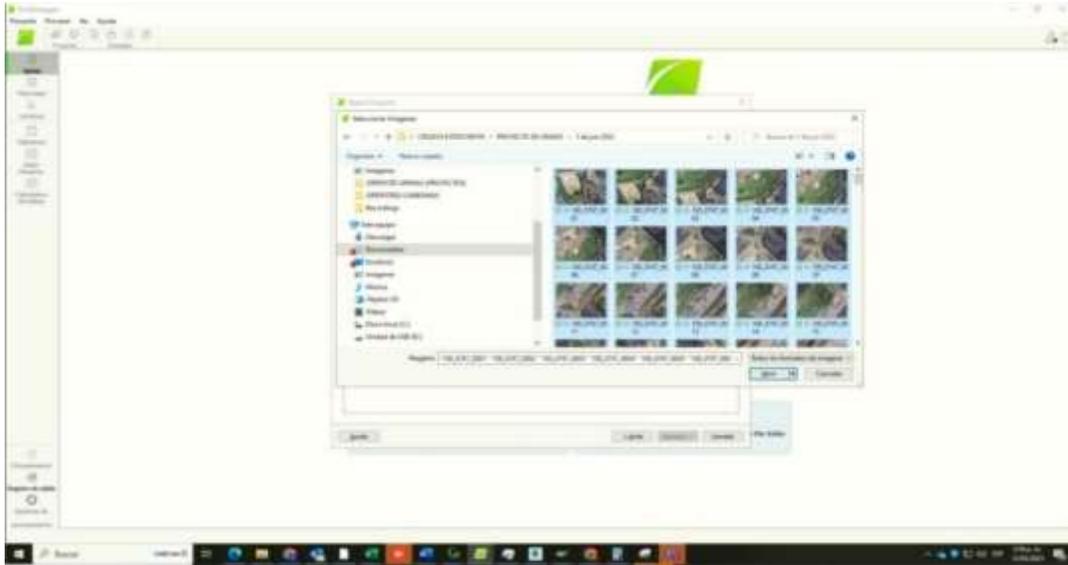
Tercero, se añaden las imágenes descargadas mencionadas en el primer paso.

Figura 22. Se agregan las imágenes a PIX4D



Fuente: Los autores.

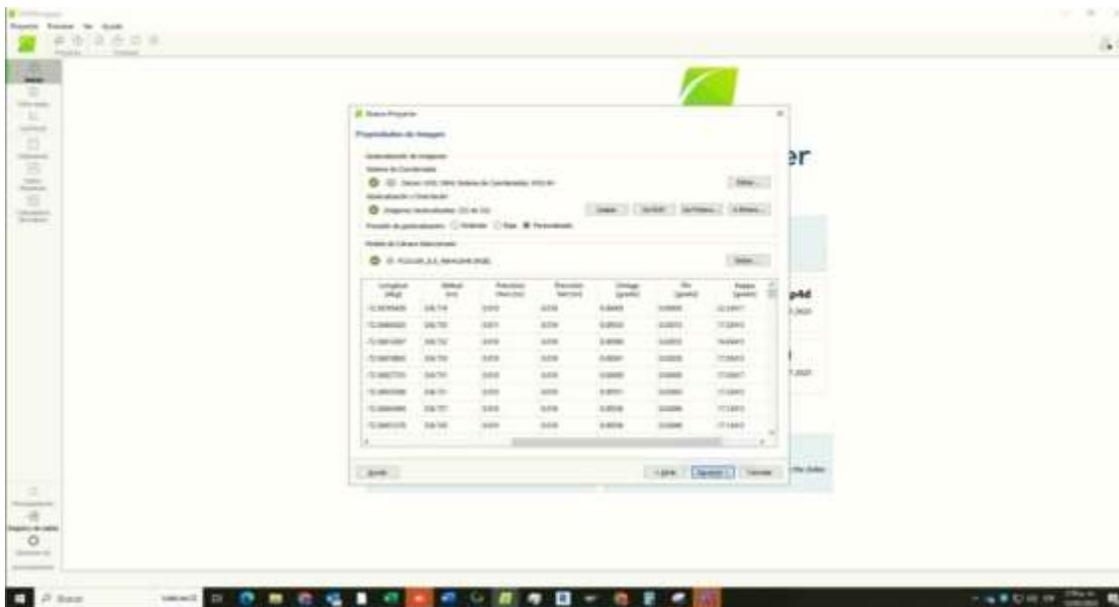
Figura 23. Selección de las fotos



Fuente: Los autores

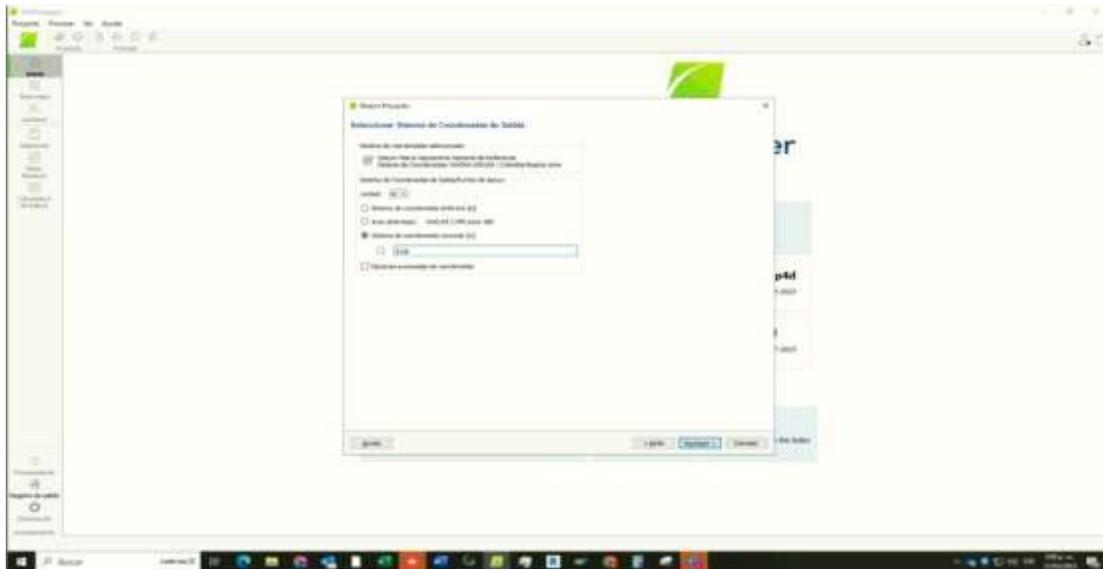
Cuarto, se modifican las propiedades de imágenes y se reconoció el sistema de referencia de las fotografías.

Figura 24. Propiedades de las fotografías



Fuente: Los autores

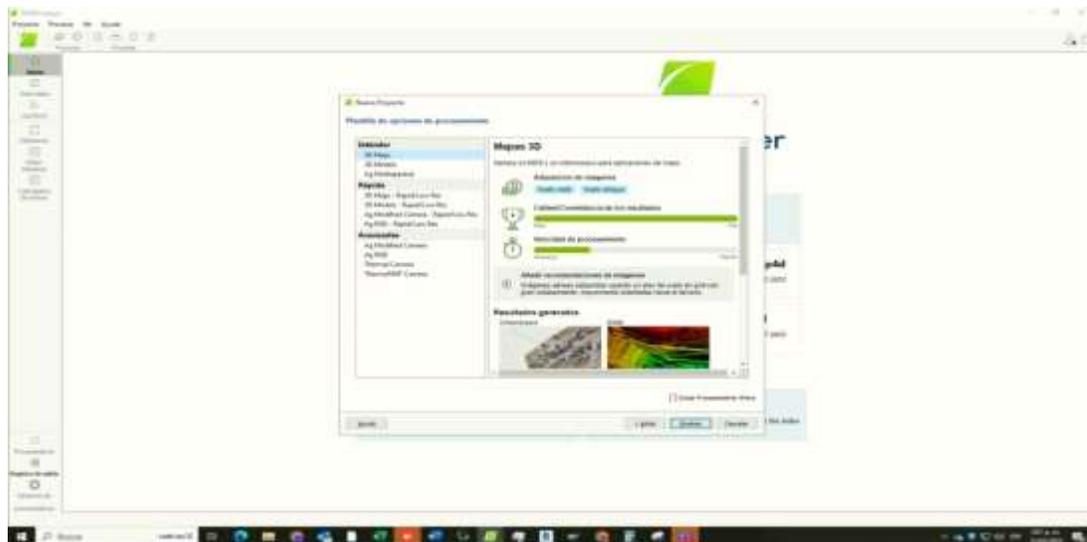
Figura 25. Selección del sistema de coordenadas para la fotografía



Fuente: Los autores

Quinto, se modifica la plantilla de opciones de procesamiento para la generación de la ortofoto, la ideal es el mapa 3D.

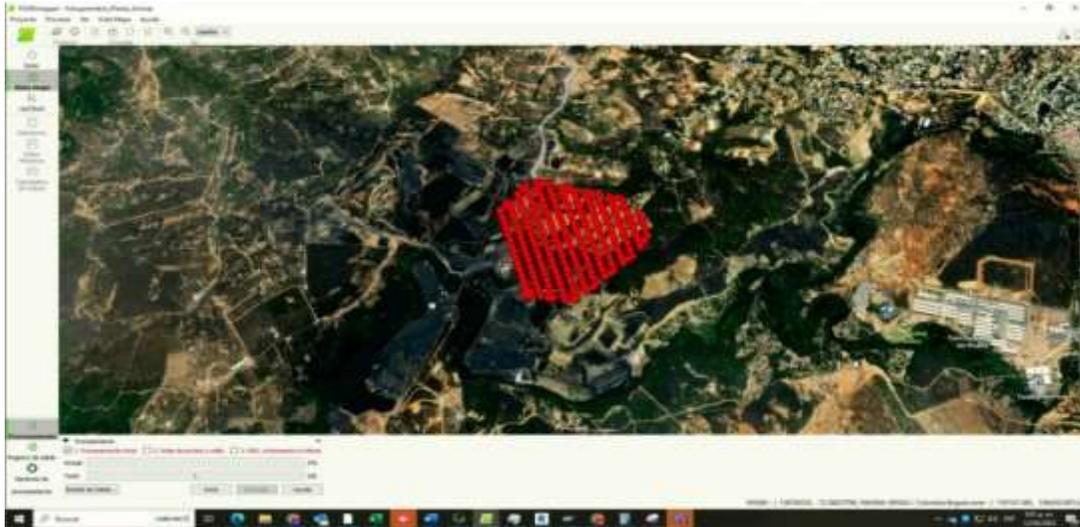
Figura 26. Seleccionamos el tipo de plantilla – Mapas 3D



Fuente: Los autores

Finalizado la configuración se cargan los puntos.

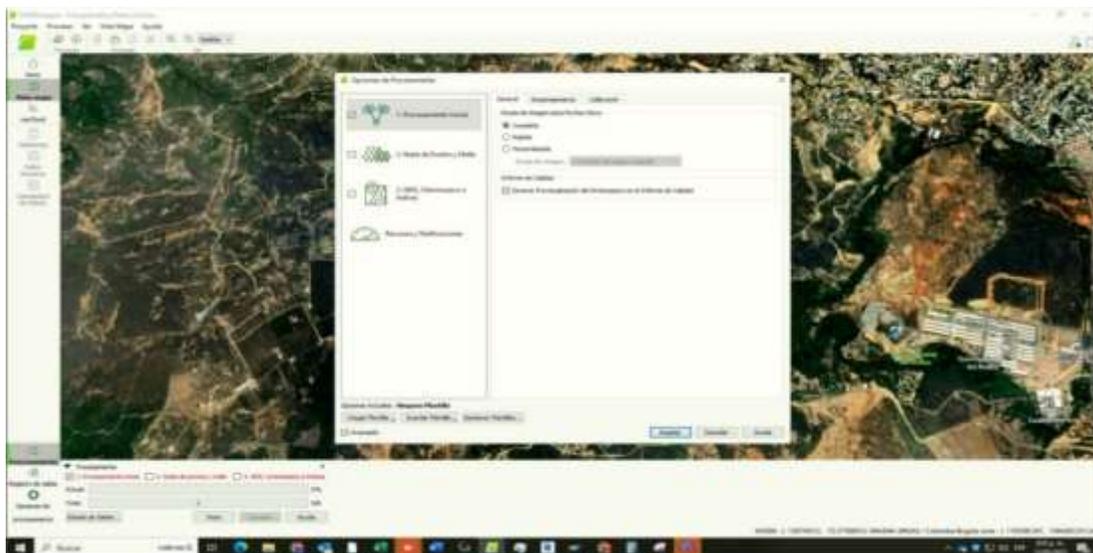
Figura 27. Puntos tomados por el Dron



Fuente: Los autores

Séptimo, se organizaron los parámetros de las opciones de procesamientos avanzados para la generación de la ortofoto.

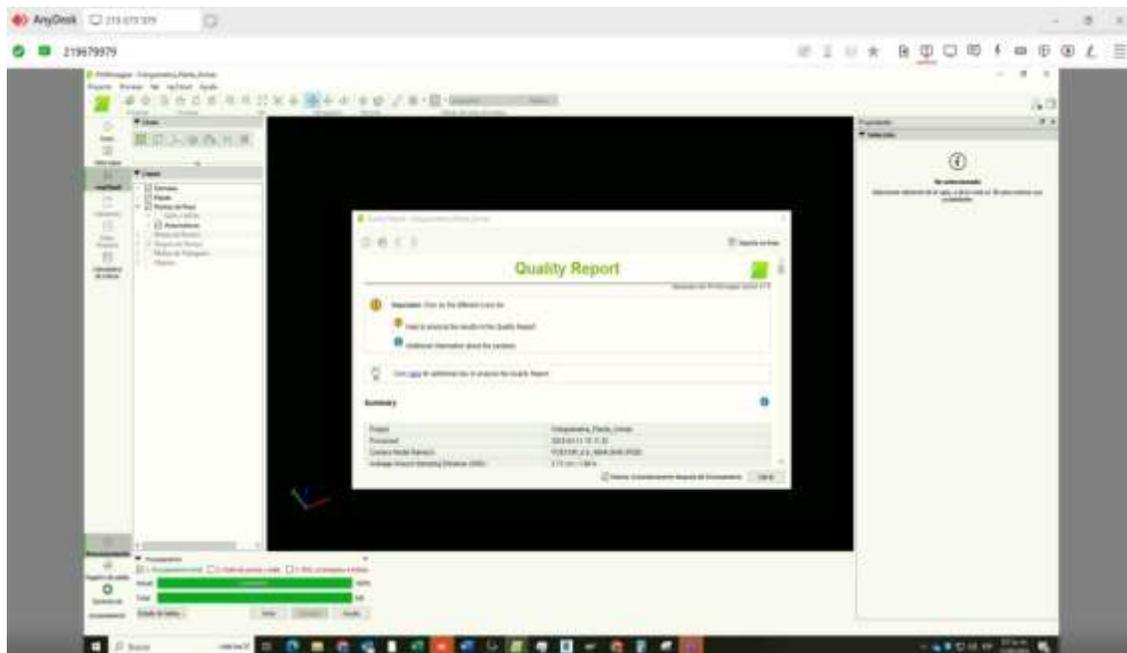
Figura 28. Procesamiento inicial



Fuente: Los autores

Ya con su configuración, el programa me arroja un reporte del procesamiento inicial en el cual nos muestra imágenes previas del relieve, el detalle de calibración.

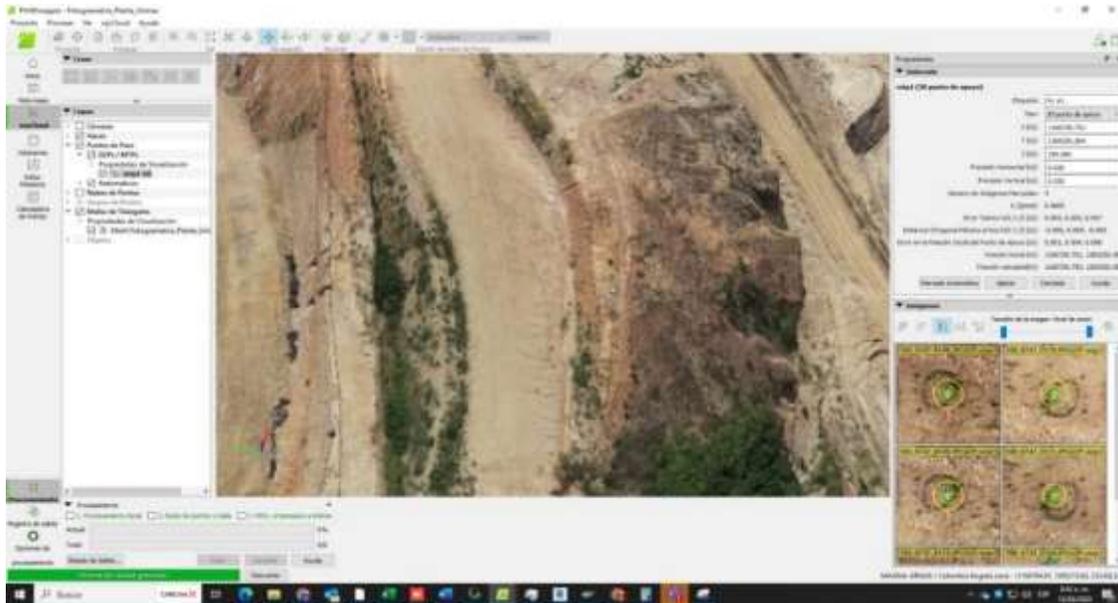
Figura 29. Reporte del procesamiento inicial



Fuente: Los autores

Octavo, se valida la ubicación de los GPS en todas las imágenes que el Software identifica automáticamente.

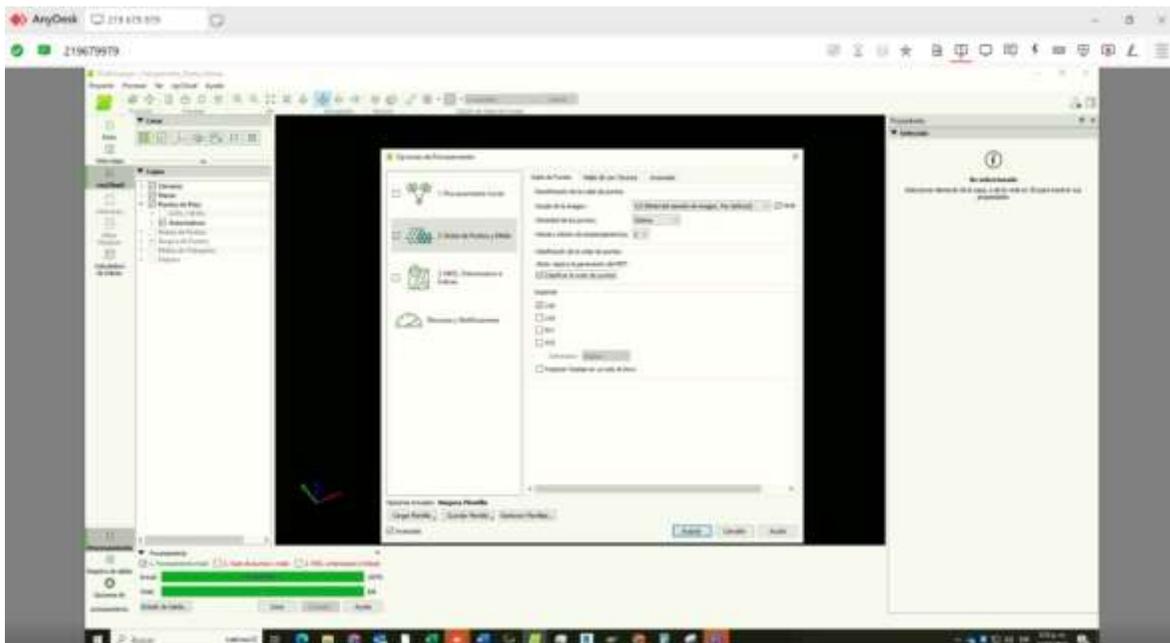
Figura 30. Validez de la ubicación de los GCP de las imágenes



Fuente: Los autores

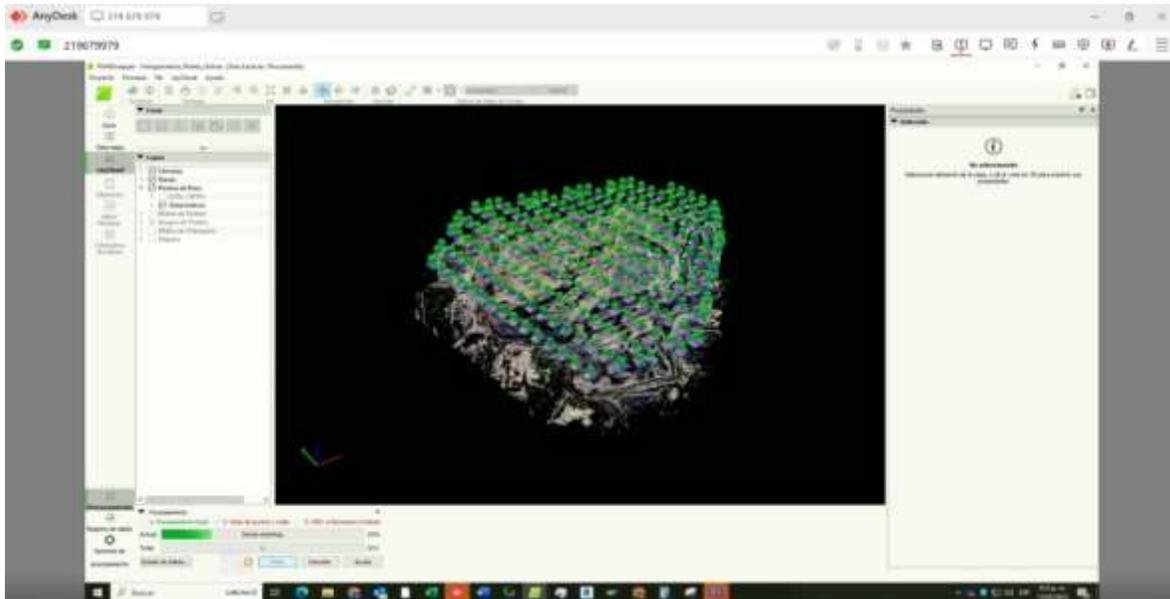
Para el proceso de nubes de puntos se activa la opción de clasificarla la nube de puntos.

Figura 31. Nubes de puntos y mallas



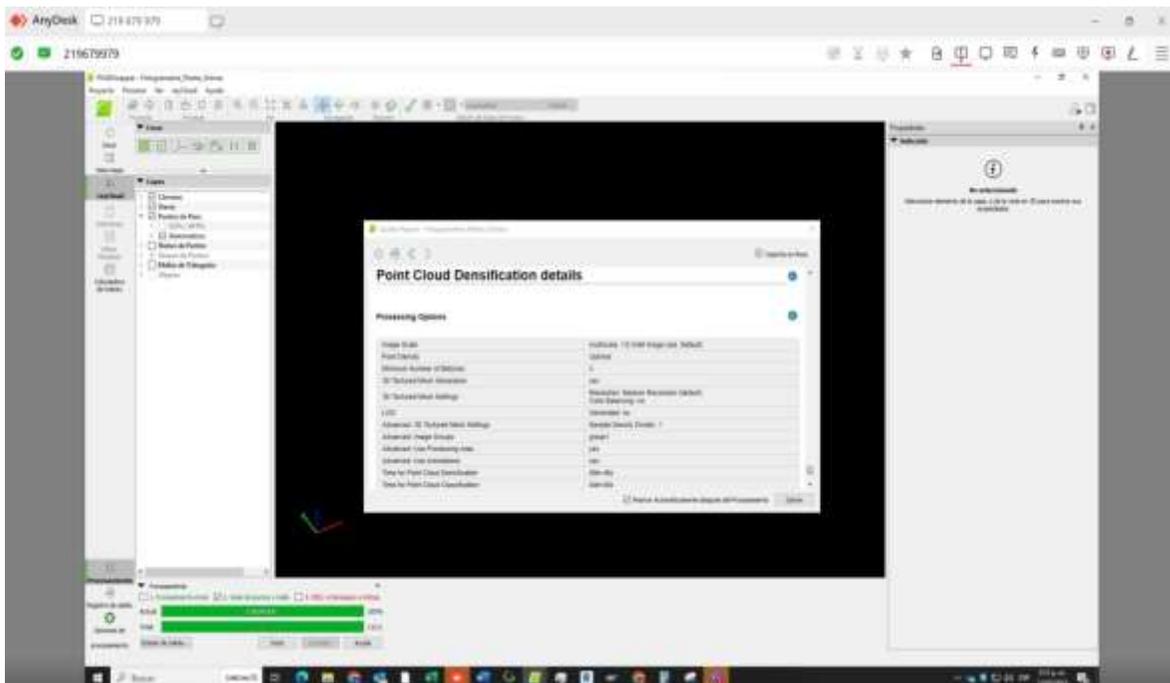
Fuente: Los autores

Figura 32. Proceso nube de puntos y malla



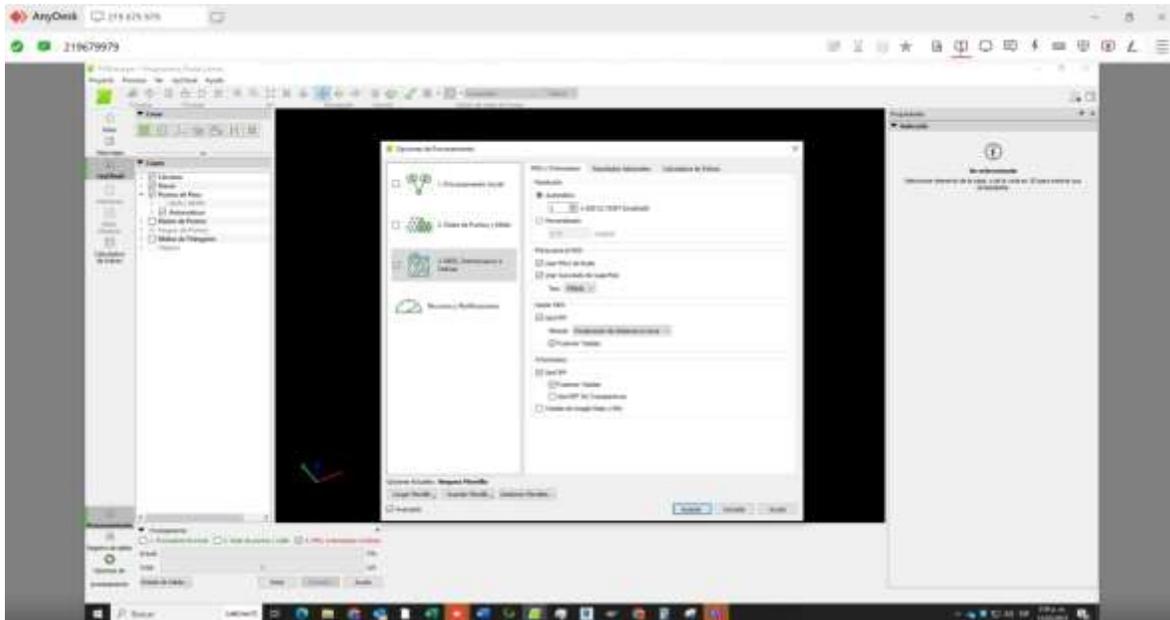
Fuente: Los autores

Figura 33. Reporte del proceso de la nube de puntos y malla



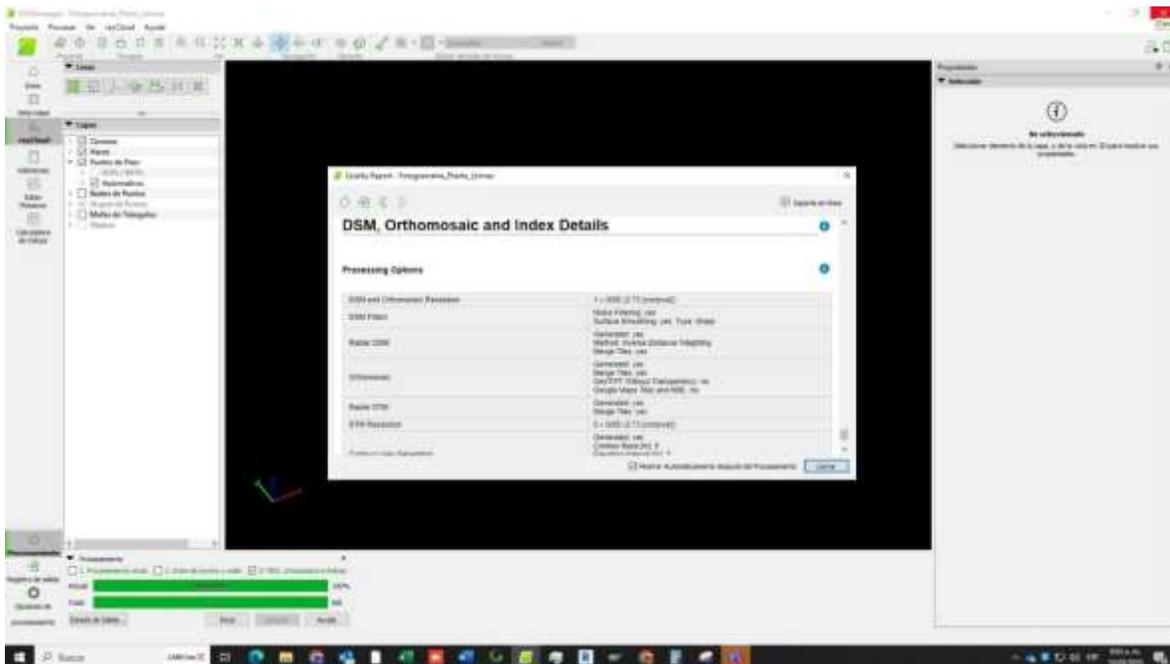
Fuente: Los autore

Figura 34. DSM, ortomosaico e índice



Fuente: Los autores

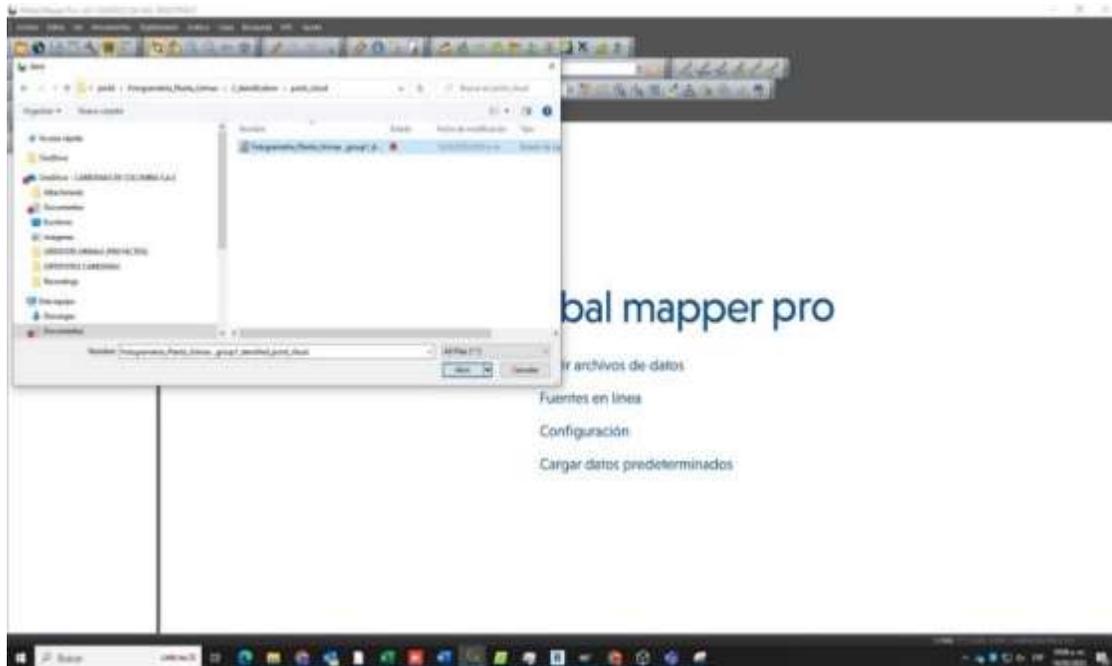
Figura 35. Reporte del proceso de DSM, ortomosaico e índice



Fuente: Los autores

Después de obtenido los resultados del software del área de interés, importamos la nube de puntos a Global Mapper.

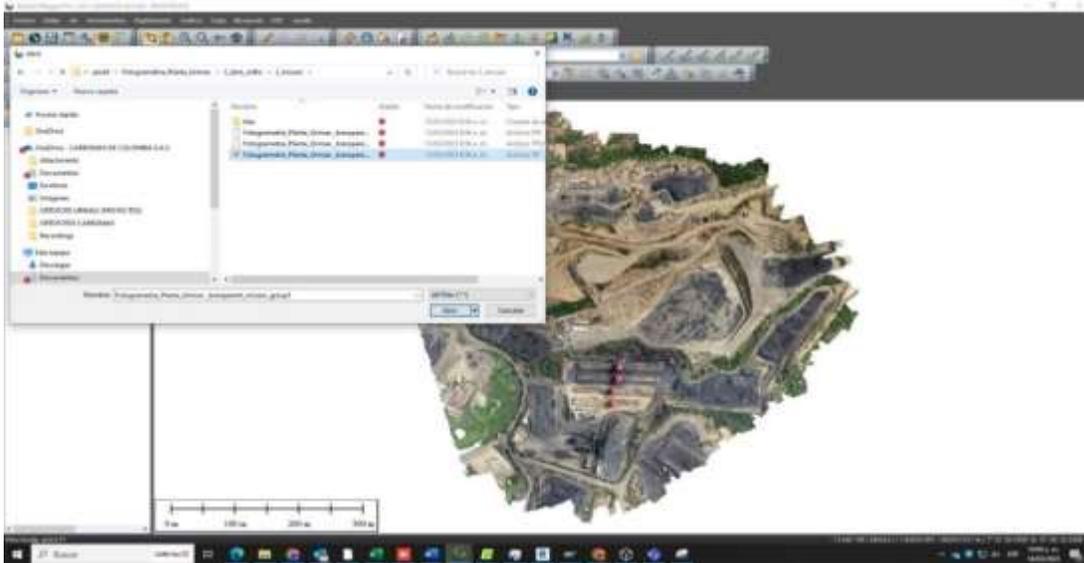
Figura 36. Nube de puntos a Global Mapper



Fuente: Los autores

A continuación, se puede observar la nube de puntos cargada en el software.

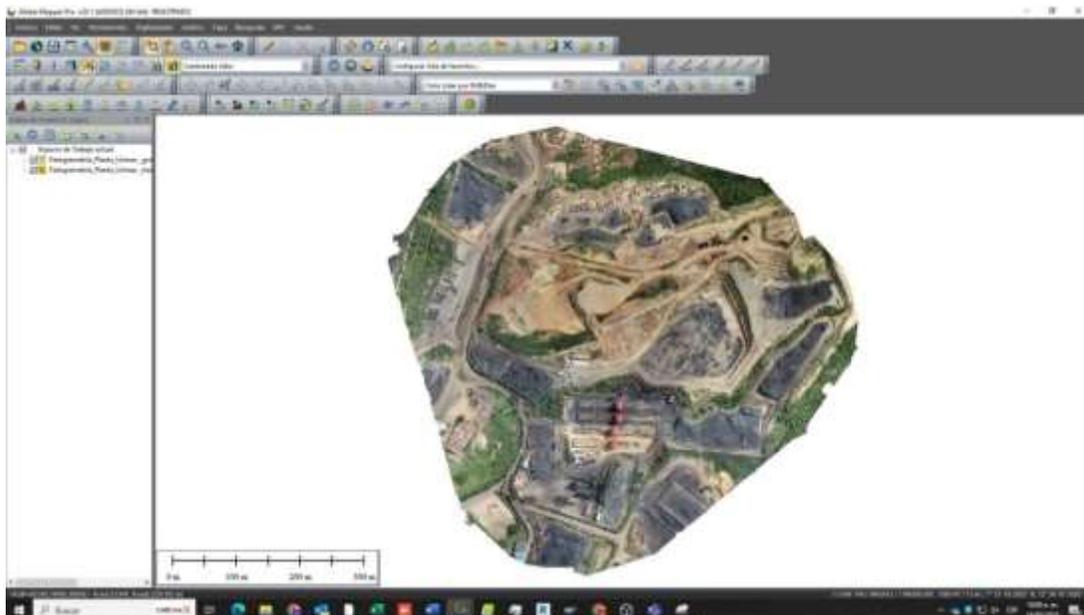
Figura 37. Ortofoto



Fuente: Los autores

Clasificamos, limpiamos y depuramos información para obtener la ortofoto.

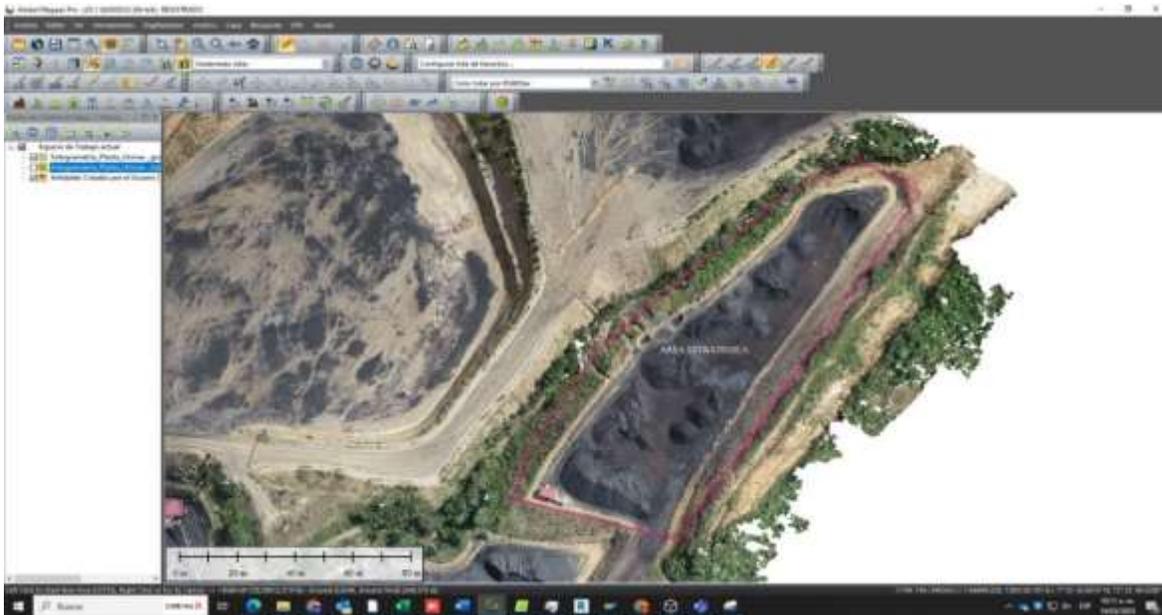
Figura 38. Resultado ortofoto del proyecto



Fuente: Los autores

Por medio de la ortofoto se delimito el área estratégica, la cual en este caso sería el patio 3.

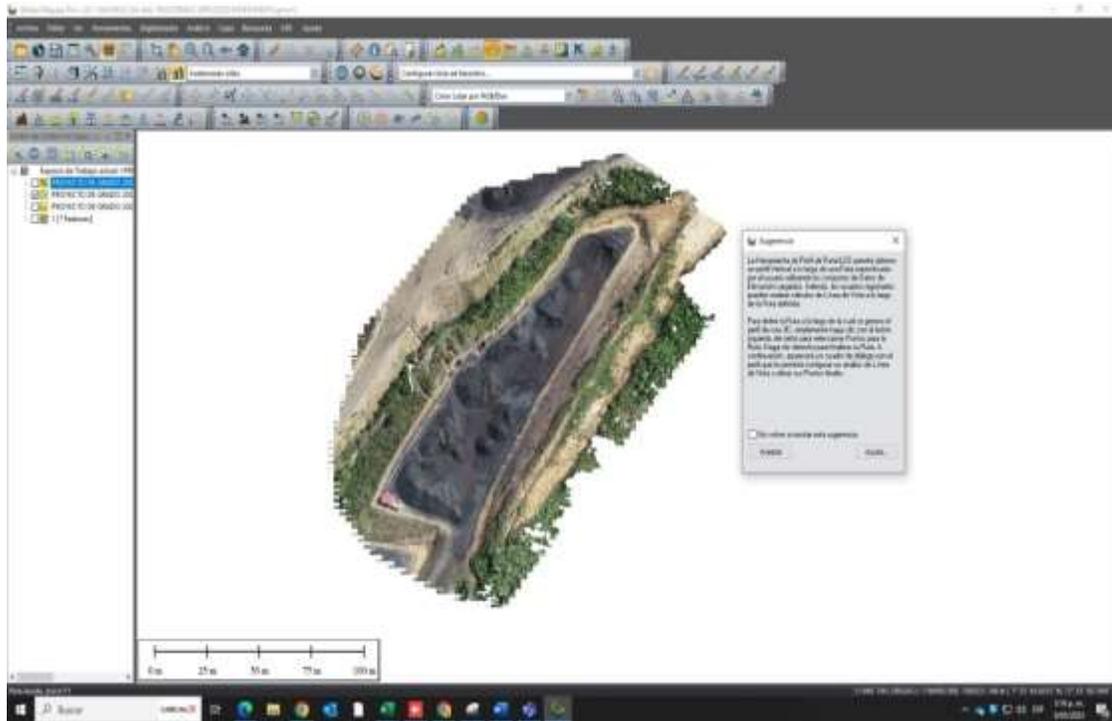
Figura 39. Área estratégica



Fuente: Los autores

Luego de hacer la delimitación se procedió a eliminar el ruido, este paso se realizó de la siguiente manera; seleccionamos la opción perfil de recorrido la cual nos proporciona un perfil que se utilizara para corregir la suciedad de la ortofoto.

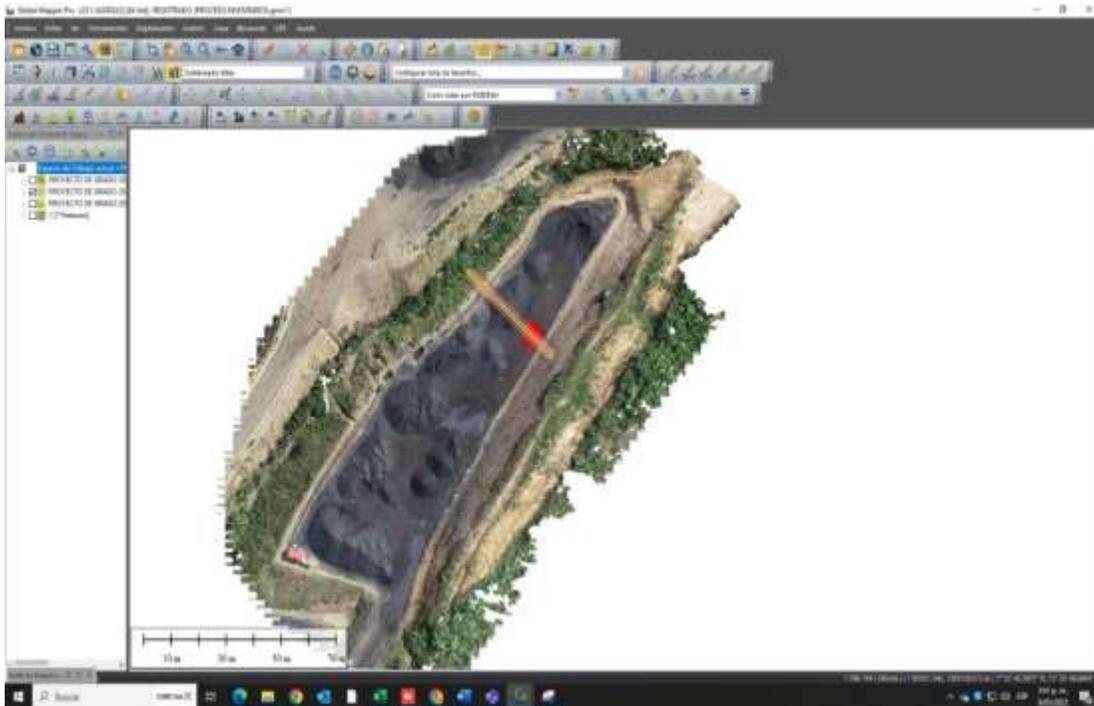
Figura 40. Perfil de recorrido



Fuente: Los autores

En la siguiente ilustración se observa el tramo seleccionado para hacer el perfil del recorrido y los puntos que se van a clasificar.

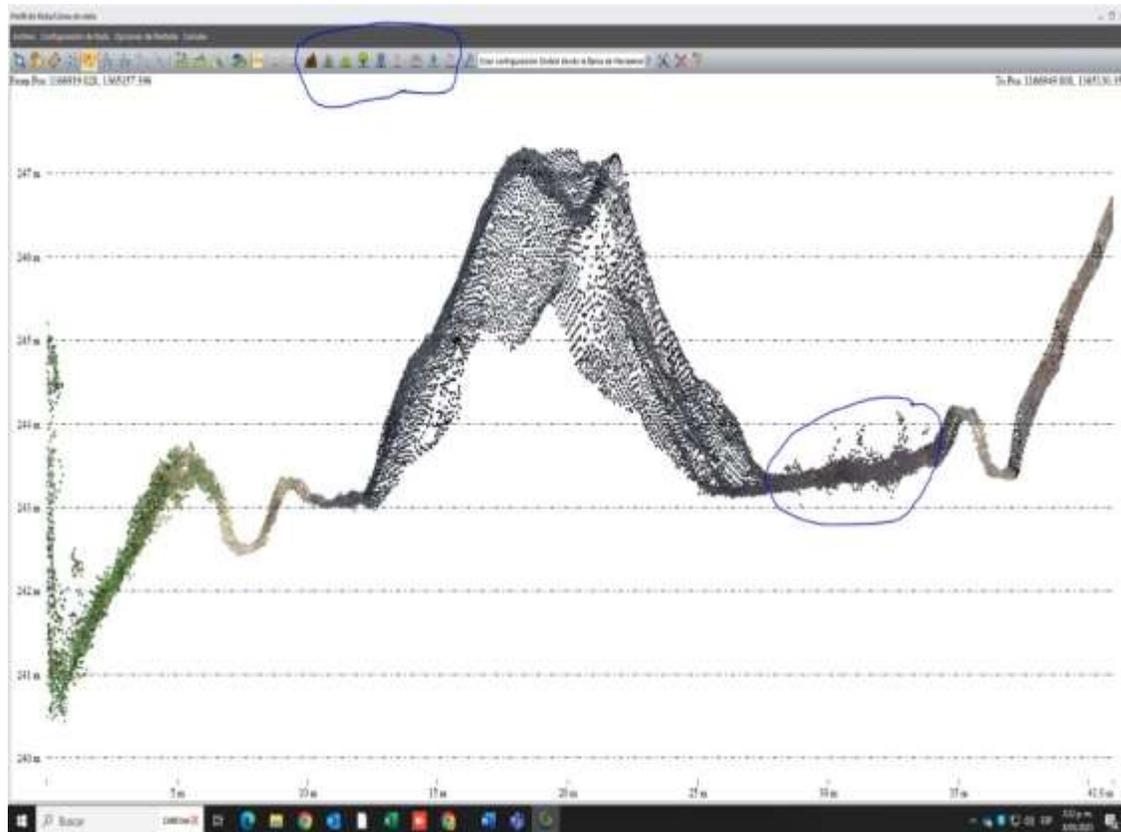
Figura 41. Tramo de intervención



Fuente: Los autores

En la siguiente ilustración se observan puntos por encima que van afectar el MTD, para solucionar se clasifico y se enviaron los puntos a la capa que correspondia, en este caso a la capa de ruido alta para que no interfieran los puntos al momento de generar el modelo.

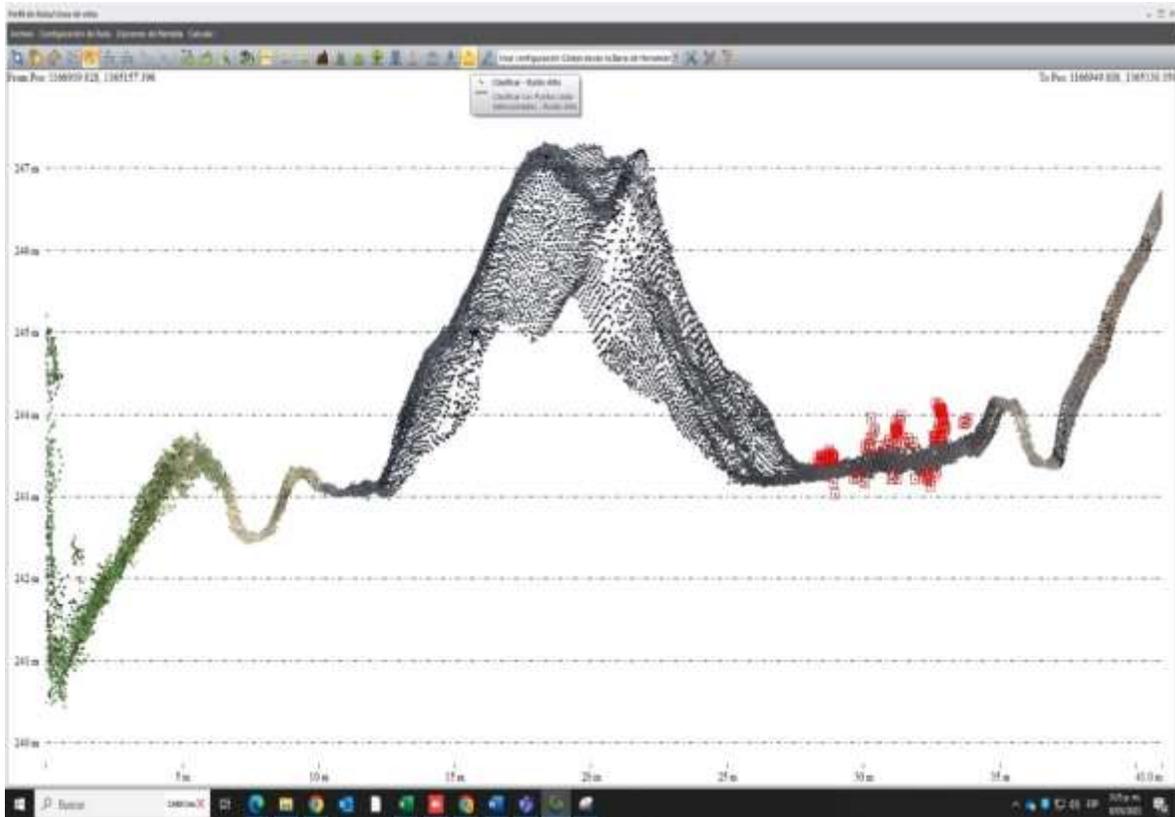
Figura 42. Clasificación de puntos en capas



Fuente: Los autores

Ya seleccionados los puntos, nos dirigimos a la opción de clasificar ruido-alto.

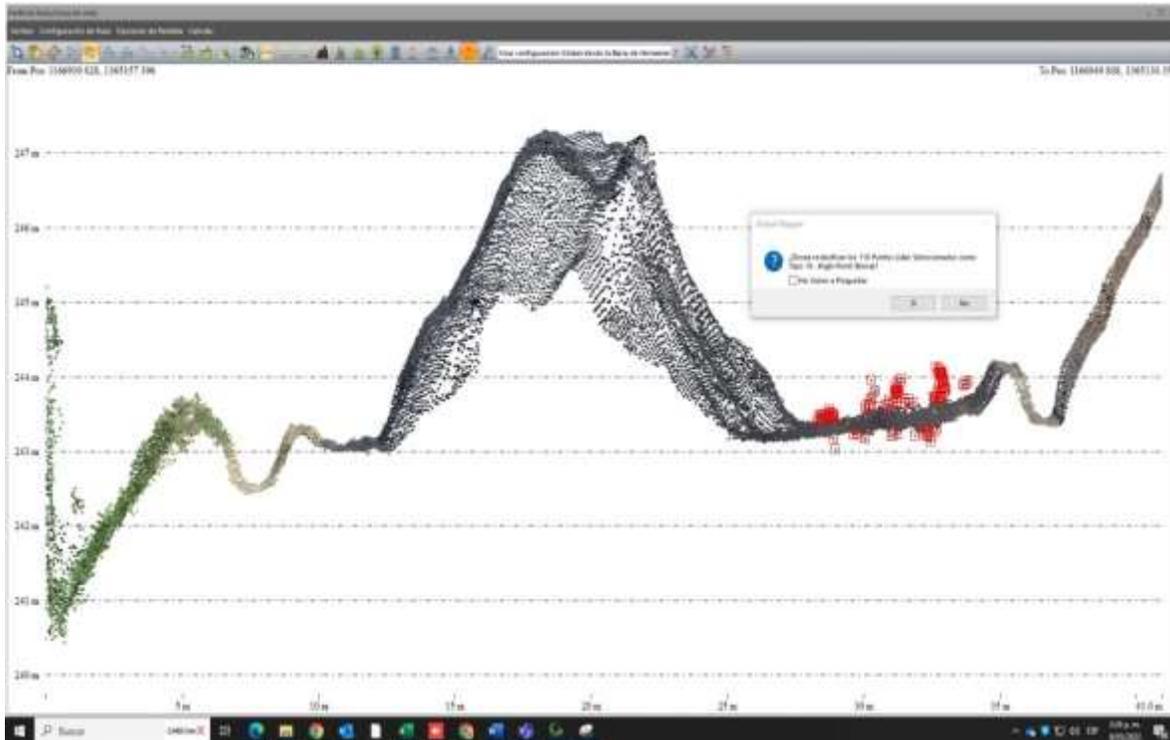
Figura 43. Clasificación de Ruido



Fuente: Los autores

La opción nos indica que hay 116 puntos que se van a reclasificar a la capa de ruido alto.

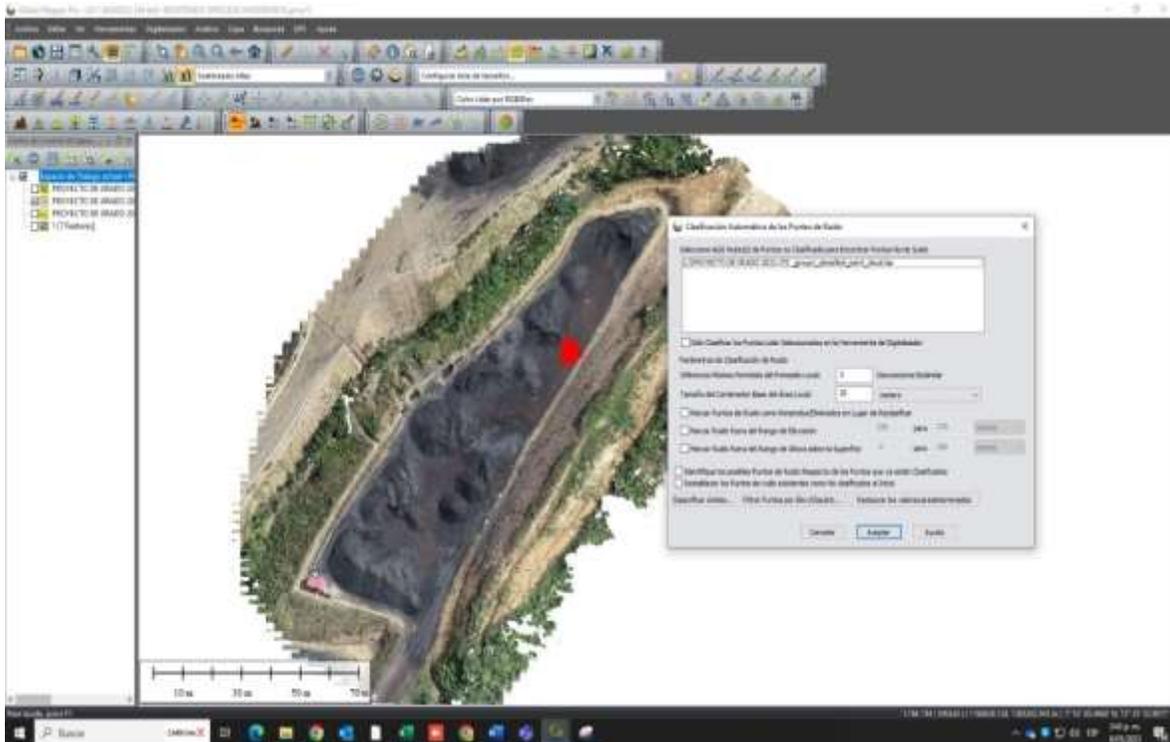
Figura 44. Reclasificación de puntos



Fuente: Los autores

Después de hacer una clasificación manual de los puntos que generan ruido, se seleccionó la opción automática para corregirlos, dicha opción no es muy confiable por esta razón se hace de manera manual la clasificación.

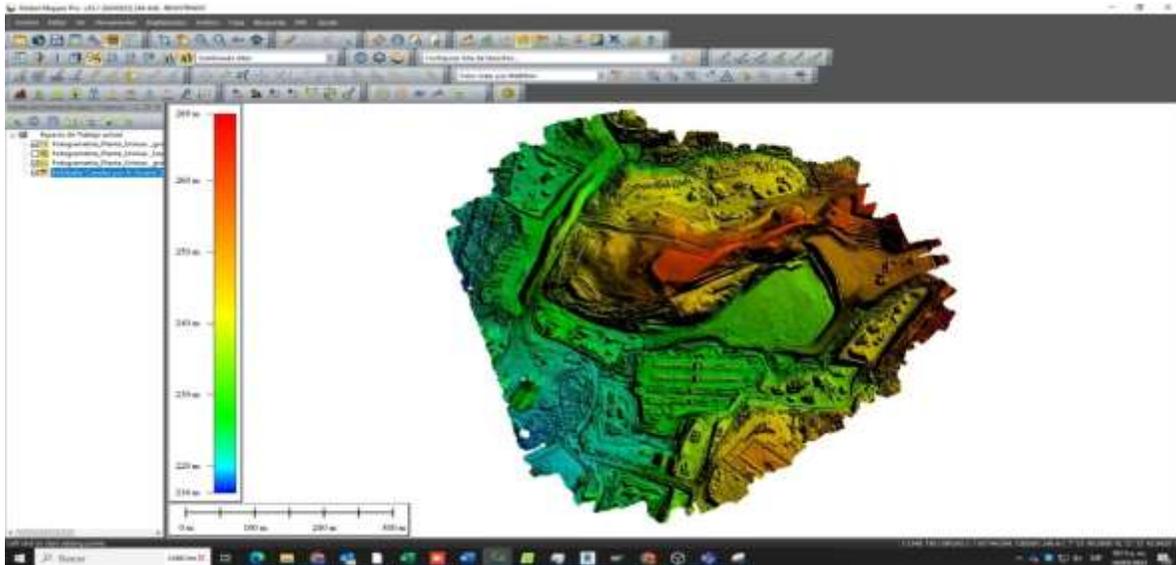
Figura 45. Clasificación automática de los puntos de ruido



Fuente: Los autores

Se procedió a generar el modelo digital del terreno con la nube de puntos ya corregida para calcular el volumen.

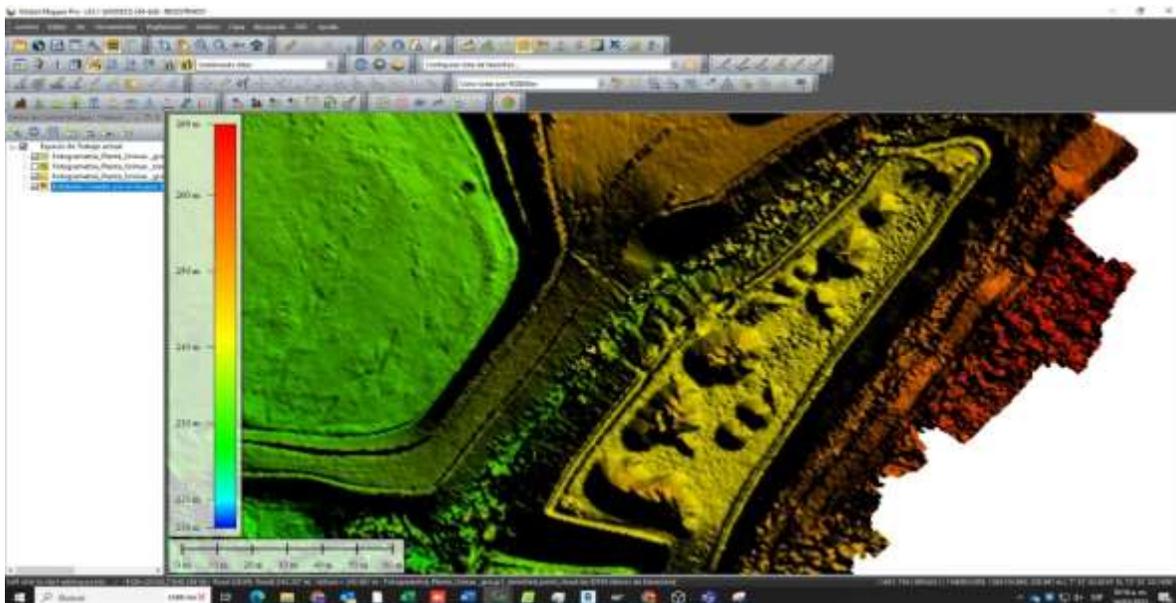
Figura 46. DEM de la ortofoto



Fuente: Los autores

Modelos digitales de elevación en el área de interés.

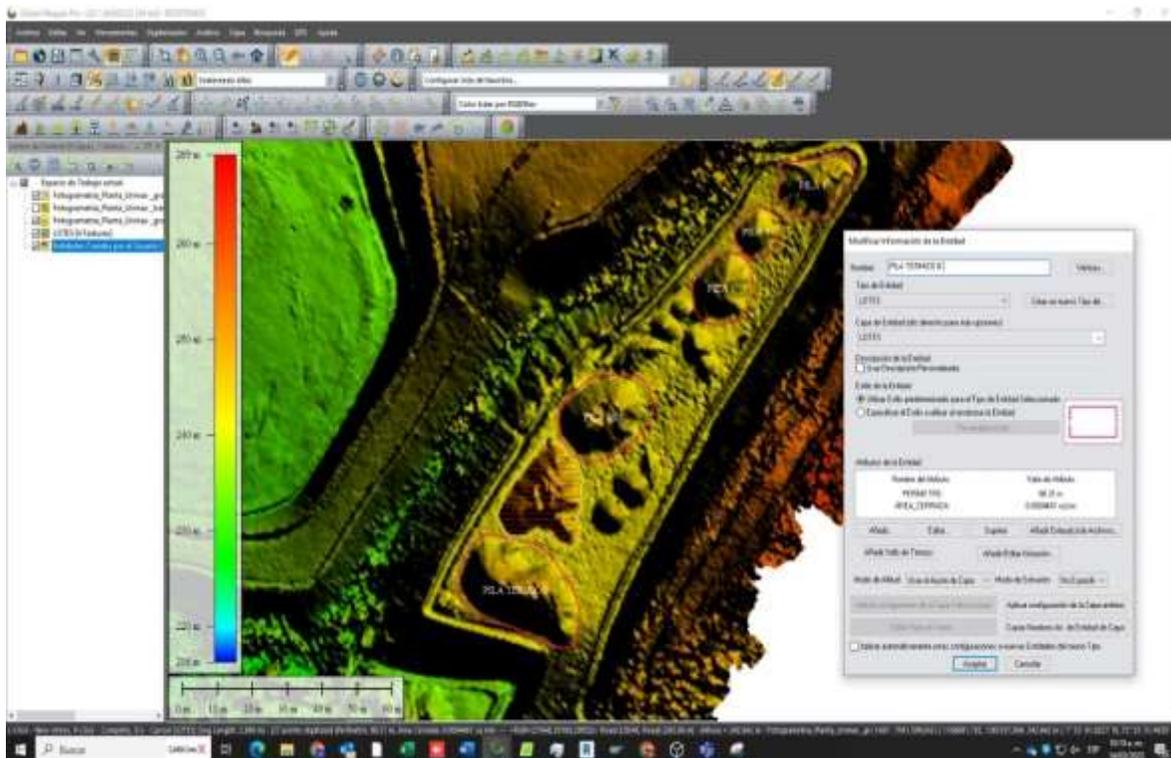
Figura 47. DEM de la ortofoto



Fuente: Los autores

Se procedió a marcar las pilas inventariadas para realizar el cálculo de volúmenes para definir el punto base donde se va iniciar.

Figura 48. Marcación de las pilas de carbón



Fuente: Los autores

Figura 49. Visual de las áreas

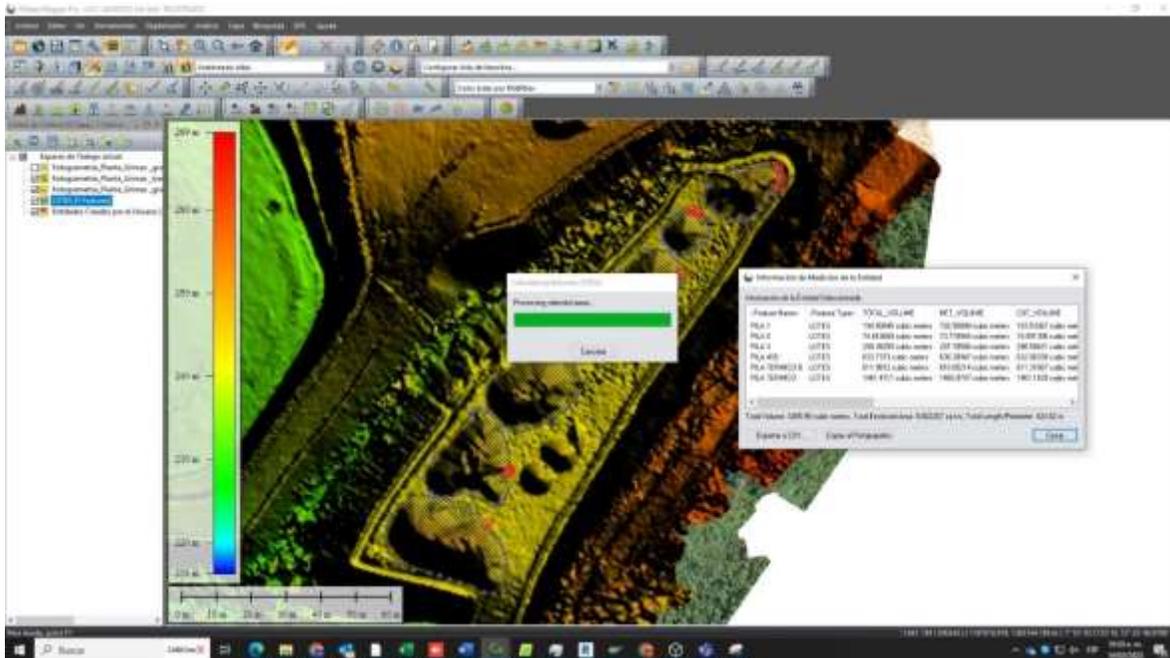
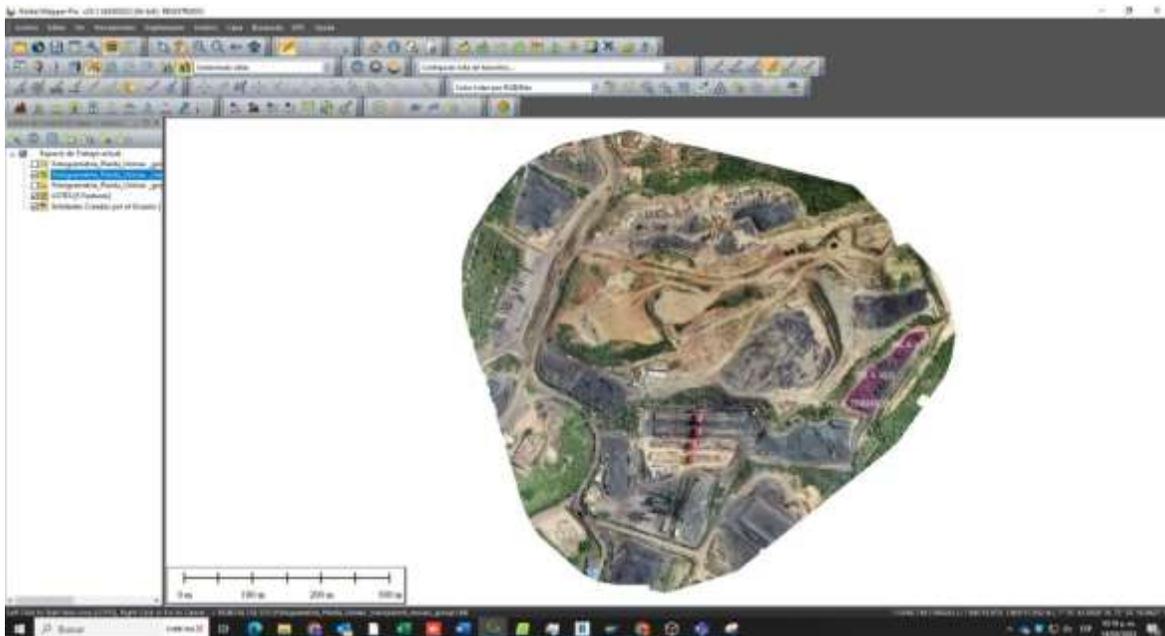
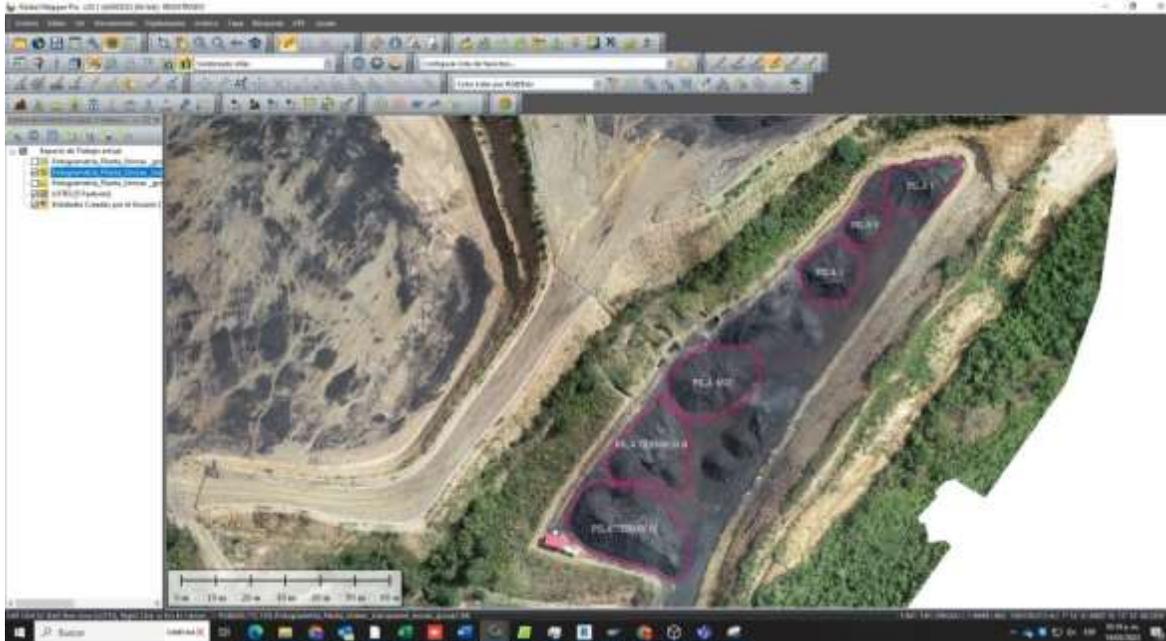


Figura 50. áreas a calcular volumen



Fuente: Los autores

Figura 51. Visual de las áreas a calcular volumen



Fuente: Los autores

Calculados los volúmenes por medio del Global Mapper se reúne la información en una tabla Excel la cual será mostrada en la fase III.

4.3. FASE III

4.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS POR FOTOGRAMETRIA

Con la realización del vuelo y el procesamiento fotogramétrico se obtuvieron la ubicación, la distribución de los lotes en el patio de acopio según la pila y los volúmenes en metros cúbicos, dichos volúmenes se multiplican por la densidad calculada en el muestreo de densidades de cada lote para así pasarla a toneladas.

Tabla 13. Resulta de volúmenes por medio de la fotogrametría

< Name>	<Feature Type>	TOTAL V OLUME	NET VOLUME	CUT VOLUME	CUT AREA	CUT AREA 3D	FILL VOLUME	FILL AREA	FILL AREA 3D	<ÁREA-CERRADA ≥
<u>PILA 1</u>	LOTES	194.50845 cubic meters	192.55888 cubic meters	193.53367 cubic meters	0.000228 6 sq km	0.000259 4 sq km	0.97478493 cubic meters	0.0000327 sq km	0.000033 sq km	0.0002607 sq km
<u>PILA 0</u>	LOTES	74.463668 cubic meters	73.718944 cubic meters	74.091306 cubic meters	0.000110 5 sq km	0.000123 3 sq km	0.37236169 cubic meters	0.0000163 sq km	0.000016 4 sq km	0.0001265 sq km
<u>PILA 3</u>	LOTES	299.38255 cubic meters	297.78586 cubic meters	298.58421 cubic meters	0.000224 1 sq km	0.000263 6 sq km	0.79834218 cubic meters	0.0000286 sq km	0.000028 9 sq km	0.000252 sq km
<u>PILA 4SD</u>	LOTES	633.7373 cubic meters	630.38947 cubic meters	632.06339 cubic meters	0.000391 2 sq km	0.000450 3 sq km	1.6739148 cubic meters	0.0000497 sq km	0.000050 2 sq km	0.0004398 sq km
<u>PILA 2E</u>	LOTES	611.9812 cubic meters	610.65214 cubic meters	611.31667 cubic meters	0.000418 8 sq km	0.000485 5 sq km	0.66452968 cubic meters	0.0000304 sq km	0.000030 7 sq km	0.0004481 sq km
<u>PILA TERMICO</u>	LOTES	1461.4111 cubic meters	1460.8747 cubic meters	1461.1429 cubic meters	0.000656 sq km	0.000806 sq km	0.26823125 cubic meters	0.0000248 sq km	0.000024 8 sq km	0.000679 sq km

Total Volume	3265.98 cubic meters
Total Enclosed Area	0.002207 sq km
Total Length/Perimeter	424.82 m

Fuente: Los autores.

4.3.2. INVENTARIOS ESTADISTICOS VS INVENTARIOS FOTOGRAMETRICOS

Para el cálculo del peso se utilizaron los volúmenes dados por fotogrametría, de la siguiente manera:

- En cada peso de las pilas dado en Kg y la tara que es el peso del cajón que es la constante 14.35 en Kg, se realiza una resta entre ella para obtener el peso en m³ total del carbón.
- Con el resultado anterior se calcula los m³/ Ton, tenemos el resultado de m³ lo multiplicamos por las constantes de 35.245240791 que está dada en toneladas.
- Se calcula la densidad que es (m³/1)/1000 y nos da el resultado de cada densidad de cada muestra.
- Se promedia las densidades obtenidas anteriormente.
- Se agrega el resultado de volúmenes que se obtuvo por el procesamiento de la fotogrametría.
- Para calcular las toneladas de multiplica el promedio de las densidades por los volúmenes de la fotogrametría.
- Se agrega los inventarios estándares que son los inventarios internos de la empresa.
- Se realiza una diferencia entre los volúmenes de la fotogrametría y los inventarios internos y nos arroja un margen de error entre ellos.

Tabla 14. Diferencia de inventario estadístico vs inventario fotogramétrico

<u>PLANTA</u>	<u>URIMAX -NOVIEMBRE</u>											
	N° Muestra	Material	Peso kg	Tara kg	0.028372625/m3	m3/ton	Densidad	Promedio-Densidad	Vol-m3	Ton	Inv-Estd	Diferencia
1	PILA 0	40,20	14,35		25,85	911,09	0,91	0,92	74,09	68,33	66,73	1,60
	PILA 0	40,90	14,35		26,55	935,76	0,94					
	PILA 0	40,45	14,35		26,10	919,90	0,92					
2	PILA 1	40,40	14,35		26,05	918,14	0,92	0,92	193,53	177,69	178,95	-1,26
	PILA 1	40,45	14,35		26,10	919,90	0,92					
	PILA 1	40,35	14,35		26,00	916,38	0,92					
3	PILA 2E	39,45	14,35		25,10	884,66	0,88	0,87	611,31	532,90	564,75	-31,85
	PILA 2E	38,70	14,35		24,35	858,22	0,86					
	PILA 2E	39,10	14,35		24,75	872,32	0,87					
4	PILA 3	40,35	14,35		26,00	916,38	0,92	0,92	298,58	274,84	261,81	13,03
	PILA 3	40,55	14,35		26,20	923,43	0,92					
	PILA 3	40,50	14,35		26,15	921,66	0,92					
5	PILA 4SD	41,90	14,35		27,55	971,01	0,97	0,97	632,06	613,36	633,81	-20,45
	PILA 4SD	41,65	14,35		27,30	962,20	0,96					
	PILA 4SD	42,10	14,35		27,75	978,06	0,98					
6	PILA TERMICO	41,50	14,35		27,15	956,91	0,96	0,96	1461,14	1408,48	1442,32	-33,84
	PILA TERMICO	41,90	14,35		27,55	971,01	0,97					
	PILA TERMICO	41,70	14,35		27,35	963,96	0,96					

Fuente: Los autores

4.3.3. ANALISIS DE RESULTADOS

Tabla 15. Resultado de inventarios internos y fotogrametría

RESULTADOS INVENTARIOS PLANTA URIMAX					
ALMACEN	MATERIAL	INV - ESTAD	INV - FOTOGRAMETRIA	≠	%
5	PILA 0	66,73	68,330	-1,60	-2,4%
	PILA 1	178,95	177,69	1,26	0,7%
	PILA 2E	564,75	532,90	31,85	5,6%
	PILA 3	261,81	274,84	-13,03	-5,0%
	PILA 4SD	633,81	613,36	20,45	3,2%
	PILA TERMICO	1.442,32	1.408,48	33,84	2,3%
TOTAL		3.148,37 ton	3.075,59 ton	72,78 ton	0,05%

Fuente: Los autores

El análisis se hizo comparando los resultados de los inventarios estadísticos vs el inventario fotogramétrico, en este caso se realizó el estudio en el almacén 5, en el cual entraron 6 materiales al patio conformando cada uno de ellos 6 pilas, el inventario estadístico nos arroja una valor de 3.148,37 ton de material y el inventario fotogramétrico 3.075,59 ton de material , la resta entre los dos inventarios reflejan una diferencia de 72.78 ton equivalente a un 0.05% para el inventario del mes de noviembre.

Además, podemos observar que se están teniendo sobrantes en las pilas 0 y 3, con un total de 14,63 ton, equivalentes a un 7,4 % para el inventario del mes de noviembre y diferencias en las pilas 1, 2E, 4SD y Pila Térmico con un total de 87,40 ton, equivalentes a un 11,9% para el inventario del mes de noviembre.

En la siguiente figura podemos observar de manera grafica la diferencias y sobrantes que se evidenciaron en el análisis:

Figura 52. Diagrama de los inventarios internos y por fotogrametría



Fuente: Los autores

5. RESULTADOS

- Por medio de la identificación del proceso que se lleva a cabo actualmente en la empresa se pudieron identificar falencias tales como la trazabilidad que tiene el material desde su recepción hasta su despacho, dado a que se pueden presentar errores en la toma de datos, que este caso sería el peso en balanza, errores humanos cometidos por el personal e incluso fallas en el sistema que se maneja, la metodología que se propone nos permitió utilizar tecnología más avanzada y softwares robustos que nos permitieron ahorrar tiempo y costos para dichos inventarios, además que nos ofrecen una efectividad del 98% en los resultados, de esta manera podemos ofrecer a las empresas comercializadoras de materiales confianza, que las causas de las diferencias puedan ser detectadas rápidamente y no representen un gran costo.
- Dentro la identificación del proceso actual de inventarios estadísticos se puede evidenciar que el proceso es más general en cuanto al ingreso del material a almacén 5 con solo el carro pasar por la báscula se obtiene el inventario general de la planta, en cambio por el inventario por fotogrametría es más individual ya que se está trabajando el volumen en cada pila, obteniendo datos más exactos y proponiendo más eficiencia en el cálculo.
- En la metodología por fotogrametría se puede evidenciar que los datos obtenidos para el inventario de carbón son tiempo real con la mejor tecnología y softwares, muchas empresas se ahorrarían mucho tiempo y dinero en el proceso de la actualización de inventarios garantizando más exactitud en la toma de datos y resultados.

- Comparando las dos metodologías se evidencia que en los inventarios estadísticos se puede deducir que se obtuvo 3.148,37 ton y por el inventario fotogramétrico se obtuvo 3.075,59 ton, arrojando una diferencia de 72.78 ton con un porcentaje de diferencia del 0.05%, como resultado por pila se puede evidenciar que para para la pila 0 y 3 se presenta inventario mayor por fotogrametría y menor por los estadísticos con una diferencia de 7.4%, en cambio para las pilas 1,2E,4SD y térmico se evidencia que los inventarios fotogramétricos son menores a los inventarios estadísticos con una diferencia de 11.8%, se puede concluir que se obtuvieron una diferencias mínimas pero la fotogrametría se obtiene datos más reales con los volúmenes presentados por cada pila a lo contrario de los estadísticos.

6. CONCLUSIONES

- Se identificaron los procesos actuales de seguimiento de inventarios de carbón y en él se evidenció que en el área de inventarios se hace una revisión general de los resultados del proceso para obtener los consolidados de las muestras del carbón, dicho proceso no se presenta un acompañamiento continuo, de esta manera actualmente no se tiene un equipo necesario para cubrir todos los requerimientos de los centros de acopio; por otra parte, el área de inventarios está trabajando con información tomada de una base de datos del Excel, la cual se corre el riesgo de cometer errores humanos en los informes, por esta razón se debe contar con tecnología y un software robusto que permita garantizar que el movimiento de material sea más cercano a la realidad.
- Se aplicó la metodología para calcular inventarios de carbón por métodos fotogramétricos y en este proceso se pudo observar que el uso de la fotogrametría es la mejor alternativa para el cálculo de volúmenes, permitiendo esto llevar un control en tiempo real con más eficiencia y menos error en la toma de datos, reduciendo costos para aquellos empresarios que deseen implementarla en sus empresas comercializadoras de materiales.
- Se analizaron los resultados de la metodología propuesta para el cálculo de inventarios de carbón vs los inventarios estadísticos existentes, con esta información se pudo concluir que es necesario validar los inventarios de pilas de carbón por medio de la fotogrametría para compararlo con los inventarios que se tienen como control interno con el fin de ajustar las diferencias encontradas y así crear estrategias inventariables, de tal manera encontrar un equilibrio que garantice buenos resultados y no representen un quebranto económico para las empresas.

7. RECOMENDACIONES

Con el desarrollo del presente trabajo de proyecto de grado se pueden sugerir las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar herramientas fotogrametrías y un personal adecuado que realicen los procesos de control e inspección en el área de inventarios y así garantizar menos desviaciones en los inventarios estadísticos.
- Se recomienda utilizar el software de uso libre para la reducción de costos a los softwares comerciales para la generación de la ortofoto y garantizar la exactitud de las imágenes todas con el Dron.
- Se recomienda implementar inspecciones mensuales en los centros de acopio para validar los inventarios estadísticos e iniciar el mes con cero diferencias en los inventarios.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acostado, S., & Agudelo, P. (2016). *PROYECTO DE MEJORAMIENTO PARA LA REDUCCIÓN DE LAS DIFERENCIAS EN LOS INVENTARIOS: EMPRESA DIVERFOOD S.A.* Obtenido de <https://repositorio.esumer.edu.co/handle/esumer/1179>
- Acostado, s., & Agudelo, P. (2016). *PROYECTO DE MEJORAMIENTO PARA LA REDUCCION DE LAS DIFERENCIAS EN LOS INVENTARIOS: EMPRESA DIVERFOODS S.A.* Obtenido de <https://repositorio.esumer.edu.co/handle/esumer/1179>
- Aeronáutica, c. (2023). *RAC*. Obtenido de <https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/rac>
- Alvarado, Y., Ayarquispe, D., Capcha, S., & Ramírez, S. (2017). *Estimación de recursos minerales por el método de secciones*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/484139602/3-G1-Estimacion-de-Recursos-Minerales-por-el-Metodo-de-Secciones#>
- ArcGeek. (2018). *Diferencias entre DSM,DEM Y DTM*. Obtenido de <https://acolita.com/diferencias-dsm-dem-dtm/>
- ASTM, I. (2023). *ASTM INTERNATIONAL Helping our world work better*. Obtenido de <https://la.astm.org/es/standards/>
- Brunini, C., Makern, V., Noguera, G., Cornaglia, L., & Mangiaterra, A. (2019). *Georreferenciación*. Obtenido de https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/cursos/Georreferenciacion_2019.pdf
- Calderon, E., & Rodriguez, L. (2022). *TOMA DE MUESTRAS BRUTA DE CARBÓN Y SU PREPARACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE DENSIDADES*.
- Capital, L. (2021). *LA CAPITAL*. Obtenido de <https://www.lacapital.com.ar/que-son-las-normas-iso-y-cual-es-su-finalidad-n2644416.html>
- Coello, A., & Ballesteros, G. (2015). *Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica*. Obtenido de <https://oa.upm.es/34699/>
- Collazo, J. (2018). *EVALUACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17948>
- Danysoft, H. v. (2023). *EL PODER DEL PROCESAMIENTO DE DATOS SIG*. Obtenido de <https://www.danysoft.com/global-mapper/>
- DJI, T. (2021). *Ortomosaico con drones*. Obtenido de <https://djiarsmadrid.com/es/blog/dji-news/realizacion-de-ortomosaicos-con-drones-todo-lo-que-necesita-saber>
- ELEVACIÓN, M. D. (2023). *Que es un modelo digital de elevacion*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf#:~:text=Un%20modelo%20digital%20de%20elevaci%C3%B3n%20es%20una%20representaci%C3%B3n,los%20elementos%20u%20objetos%20presentes%20en%20el%20mismo.>
- Esri, C. (2023). *¿Qué son los SIG?* Obtenido de <https://www.esri.co/es-co/nosotros/sobre-esri/que-son-los-sig>
- Ferreira, M., & Aira, V. (2017). *APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DE LOS DRONES*. Obtenido de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASHac69.dir/doc.pdf>

- Física. (2023). *Densidad*. Obtenido de <https://www.significados.com/densidad/>
- Gomez, T. (2018). *Análisis de riesgos e impactos de la minería del carbón y producción de coque en zona de Cundinamarca, Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/39042>
- Guitierrez , L. (2015). *INTRODUCCION BASICA A A TECNOLOGÍA DRONES EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS*. Obtenido de https://www.academia.edu/es/37266967/_INTRODUCCION_BASICA_A_LA_TECNOLOG%C3%8DA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOGR%C3%81FICOS
- Hassanalian, M., & Abdelkefi, A. (2017). *Klasifikasi, Aplikasi, dan Tantangan Desain Drone: Ulasan*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/364346951_Terjemahan_Classifications_Applications_and_Design_Challenges_of_Drones_A_Review
- IGAC, I. G. (2008). *Resolución 068 de 2005*. Obtenido de <https://igac.gov.co/es/contenido/resolucion-068-de-2005>
- Lárraga, H., Piedad, A., Hernández, D., & Guerrero, E. (s.f.). *MODELO DE CLASIFICACIÓN ESPACIAL DE TEXTURA*.
- Mueve, I. (2023). *Sistematizamos las operaciones internas de su empresa*.
- Nájera, A., Vázquez, R., Ramos, R., Sánchez, G., & Liborio, A. (2019). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GENERACIÓN DE ORTOFOTOS Y MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN A TRAVÉS DE VUELOS CON DRONES NO-FOTOGRAFÉTRICOS*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/331222864_PROPUESTA_METODOLOGICA_PARA_LA_GENERACION_DE_ORTOFOTOS_Y_MODELOS_DIGITALES_DE_ELEVACION_DE_ALTA_RESOLUCION_A_TRAVES_DE_VUELOS_CON_DRONES_NO-FOTOGRAFOMETRICOS
- Portafoli. (14 de marzo de 2022). *Carbón metalúrgico: siete empresas lideran el negocio. Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/carbon-metalurgico-siete-empresas-lideran-el-negocio-562933>
- Ross, C., & García, J. (2022). *CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE EXPLANACIONES CON EL USO DE DRONES*. Obtenido de <http://www.editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/234>
- Ruiz, N. (2021). *Metodología de balance de masa y predicción de indicadores metalúrgicos en plantas de lavado de carbones*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81230>
- Teledetección, C. (2023). *Modelo digital de elevacion* . Obtenido de <https://www.cursosteledeteccion.com/fuentes-gratuitas-para-descargar-dem-modelo-de-elevacion-digital/>
- UAV, L. a. (2023). *Pix4D: ¿Qué es y para qué sirve?*
- Vasquez, A. (2022). *Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con dron comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estación total*. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4747>
- Xenital. (2023). *Modelo digital de superficie* . Obtenido de <https://xenital.com/modelo-digital-de-superficie-mds->

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0