LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DIBUJO ARQUITECTONICO Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA CON DRON DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE ZIPAQUIRA

JHON ALEXANDER OTALORA MORALES

OSCAR JULIAN MUÑOZ CABRERA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA

FUSAGASUGÁ

2019

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DIBUJO ARQUITECTONICO Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA CON DRON DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE ZIPAQUIRA

JHON ALEXANDER OTALORA MORALES

OSCAR JULIAN MUÑOZ CABRERA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA

DIRECTOR DE PROYECTO

SOCRATES CARDONA GIRALDO

INGENIERO TOPOGRÁFICO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA

FUSAGASUGÁ

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

SÓCRATES CARDONA GIRALDO

Director de proyecto

_____

CARLOS MORANTES

Jurado

_____

GELBERTH AMARILLO

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios quien nos permitió llegar a este punto de la carrera con la satisfacción de culminar con el desarrollo de nuestro proyecto.

A nuestros padres que nos dieron apoyo, comprensión y estuvieron muy pendientes en todo el transcurso de nuestra carrera

A nuestro director de tesis, el profesor Sócrates Cardona Giraldo porque gracias a su experiencia, exigencia y enseñanza hoy nos sentimos orgullosos de haber culminado nuestro proyecto.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A nuestros hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

RESUMEN

Este proyecto se realizó con el fin de tener la información geoespacial de la universidad de Cundinamarca sede Zipaquirá, generando la topografía de la sede mediante un levantamiento topográfico con estación total, cumpliendo con los parámetros técnicos exigidos por el IGAC, en la resolución conjunta 643, incrustando dos placas en zona dura que fueron georreferenciadas con equipos receptores de GPS de una frecuencia pertenecientes a la Universidad de Cundinamarca, asignándoles el sistema de coordenadas oficial para Colombia MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional), complementándolo con el dibujo arquitectónico de las fachadas de dicha sede con cada uno de sus bloques y un sobrevuelo con VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) recolectando la información de las superficies para obtener un ortofotomosaico y un modelo digital de superficie de la sede.

Palabras claves: Topografía, Georreferenciación, Ortofotomosaico, Planimetría, Coordenadas, Cartografia.

ABSTRACT

This project was carried out in order to have the geospatial information of the University of Cundinamarca, Zipaquirá headquarters, generating the topography of the headquarters through a topographic survey with a total station, complying with the technical parameters required by the IGAC, in joint resolution 643, incrustando two plates in hard zone that were georeferenced with GPS receiver equipment of a frequency belonging to the University of Cundinamarca, assigning them the official coordinate system for Colombia MAGNA-SIRGAS (National Geocentric Framework), complementing it with the architectural drawing of the facades of said headquarters with each of its blocks and an overflight with UAV (Unmanned Aerial Vehicle) collecting the information of the surfaces to obtain an orthophotomose and a digital model of the headquarters' surface

Keywords: Topography, Georeferencing, Orthophotomosaic. Altimetric, Coordinates, Cartography.

TABLA DE CONTENIDO

NOTA DE ACEPTACIÓN 10

AGRADECIMIENTOS 11

DEDICATORIA 12

RESUMEN 13

1. INTRODUCCIÓN 21

2. JUSTIFICACIÓN 22

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 23

4. OBJETIVOS 24

4.1 OBJETIVO GENERAL 24

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24

5. MARCO REFERENCIAL 25

5.1 Marco Geográfico 25

Sistema de referencia 26

5.2 Levantamientos topográficos en terreno 27

5.3 Diseño arquitectónico 28

5.4 Fotogrametría 28

5.5 VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados) 29

6. MARCO LEGAL 31

6.5 Resolución 643 de 2018 33

7. RECURSOS 34

7.1 Recursos humanos 34

7.2 Recursos institucionales 34

8. METODOLOGIA 35

8.1 Selección de área de estudio 35

8.3 Red geodésica magna-sirgas 38

8.4 Calculo de tiempo de rastreo 39

8.5 Levantamiento topográfico 40

8.6 POST PROCESO TOPCON TOOLS 41

8.7 Post proceso topcon link 48

8.8 CALCULO DE LA POLIGONAL 49

8.9 Sobre vuelo con drone y generación de fotografía aérea 59

8.9.1 GENERACIÓN DE ORTOFOTO 63

9. SALIDAS GRAFICAS Y RESULTADOS 68

10. CONCLUSIONES 80

11. BIBLIOGRAFIA 81

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1 - Ubicación General UDEC Zipaquirá - Elaboración Propia 25
Imagen 2 - Universidad de Cundinamarca Sede Zipaquirá 35
Imagen 3 – Detalles2 - Elaboración propia 36
Imagen 4 – Detalles1 - Elaboración propia 36
Imagen 5 – Detalles4 - Elaboración propia 36
Imagen 6 – Detalles3 - Elaboración propia 36
Imagen 7 – Detalles6 - Elaboración propia 36
Imagen 8 – Detalles5 - Elaboración propia 36
Imagen 9 - Placa de GPS1 UDEC Zipaquirá- Elaboración propia 37
Imagen 10 - Placa de GPS2 UDEC Zipaquirá - Elaboración propia 37
Imagen 11 - Red Geodésica MAGNA-SIRGAS 38
Imagen 12 - Medición de distancia entre BOGA y UDEC Zipaquirá - Google Maps 39
Imagen 13 - Equipo receptor de señal satelital GPS 40
Imagen 15 - Levantamiento topográfico1 - Elaboración Propia 41
Imagen 14 - Levantamiento topográfico2 - Elaboración Propia 41

Imagen 16 - Descarga de archivos rinex IGAC 42
Imagen 17- Vectores de posición BOGA-GPS1-GPS2.....43
Imagen 18 - Correlación de Datos BOGA-GPS1-GPS2 44
Imagen 19 - Tiempo de rastreo GPS2.....44
Imagen 20 - Tiempo de rastreo GPS1.....44
Imagen 21 - Visualización en Google Earth de BOGA-GPS1-GPS2 45
Imagen 22- Visualización en Google Earth de GPS1-GPS2 45
Imagen 23- Visualización en Google Earth de BOGA.....45
Imagen 24 - Topcon Link asignación de Backside y Frontside 48
Imagen 25 - Topcon Link asignación de Coordenadas 48
Imagen 26 - Dron.....59
Imagen 27 - Plan de vuelo 60
Imagen 28 - Punto de referencia 2 Dron.....60
Imagen 29 - Punto de referencia 1 Dron.....60
Imagen 30 - Traslape de imágenes 61
Imagen 31 - Error en toma de fotografías.....62
Imagen 32 - Error en la toma de fotografias 62
Imagen 33 - Importar Fotografías 63
Imagen 34 - Calibración de Cámara 64
Imagen 35 - Configuracion 64
Imagen 36 - Orientación de Imagenes 65
Imagen 37 - Orientación de imágenes 2 65
Imagen 38 - Exportar Ortófoto.....66
Imagen 39 - UDEC Zipaquirá Ortofotomosaico 66
Imagen 40 - Tipo de Formato.....67
Imagen 41 - Exportar Modelo 3D 67
Imagen 42 - Modelo 3D.....67
Imagen 43 - Plano Poligonal 68
Imagen 44 - Plano planimetrico 68

Imagen 45 - Plano general 68
Imagen 46 - Plano Planimetrico 69
Imagen 47 - Plano General.....70
Imagen 48- Salones vista de planta general 71
Imagen 49 - Salones vista de planta, parte izquierda 71
Imagen 50 - Salones vista de planta, parte derecha.....71
Imagen 51 - Salones vista de frente.....72
Imagen 52 - Salones vista de frente, parte izquierda.....72
Imagen 53 - Salones vista de frente, Parte derecha 72
Imagen 54 - Biblioteca vista de planta 73
Imagen 55 - Biblioteca vista de frente.....73
Imagen 56 - Fachada principal, vista de planta.....74
Imagen 57 - Fachada principal vista de planta, centro 74
Imagen 58 - Fachada principal vista de planta, parte izquierda.....75
Imagen 59 - Fachada principal vista de planta, parte derecha 75
Imagen 60 - Fachada principal vista de frente 76
Imagen 61 - Fachada principal vista de frente, centro.....76
Imagen 62 - Fachada principal vista de frente, parte izquierda 77
Imagen 63 - Fachada principal vista de frente, parte derecha.....77
Imagen 64 - Salida grafica ortofotomosaico 78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Coordenadas Estación activa BOGA 42
Tabla 2 - Coordenadas Planas Geocéntricas 46
Tabla 3 - Coordenadas Geograficas 46
Tabla 4 - Coordenadas Planas Gauss Kruger 47
Tabla 5 - Control de Calidad 47
Tabla 6 - Sumatoria de ángulos 50
Tabla 7 - Corrección de ángulos 51
Tabla 8 - Calculo de Azimuts 53
Tabla 9 - Perímetro Poligonal 54
Tabla 10 - Calculo de proyecciones 54
Tabla 11 - Corrección de proyecciones 55
Tabla 12 - Calculo de Coordenadas 56
Tabla 13 - Cartera Poligonal 57
Tabla 14 - Cuadro de Áreas 79

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad de Cundinamarca siendo una institución pública debe contar con información espacial de cada una de sus instalaciones, que están distribuidas por el departamento en los municipios de Fusagasugá, Girardot, Soacha, Facatativá, Chía, Zipaquirá, Ubaté y Chocontá.

De acuerdo a esto se escogió la sede Zipaquirá para realizar un levantamiento topográfico georreferenciado, implementando métodos cartográficos para generar el plano general de dicha sede, donde se identificó la infraestructura y cada uno de sus espacios físicos.

Se realizó una georreferenciación de dos placas incrustadas en zona dura, usando equipos receptores de señal satelital GPS, teniendo como base la estación activa del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) llamada BOGA ubicada en la ciudad de Bogotá que hace parte de la red geodésica MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional) ECO (estaciones continuas) la cual nos ayuda a realizar la triangulación y así obtener las coordenadas de dichas placas.

El levantamiento topográfico se llevó a cabo realizando una poligonal cerrada partiendo de los puntos materializados y georreferenciados en campo como consta en el presente informe, con un total de cinco puntos auxiliares llamados (Delta1, Delta2, Delta3, Delta4 y Delta5), en los cuales se logró visualizar cada uno de los detalles, elementos y espacios físicos de la Universidad de Cundinamarca Sede Zipaquirá; se vio la necesidad de complementar este trabajo debido a que dicha sede es muy pequeña a comparación de las otras, con un dibujo arquitectónico de la fachada principal y los dos bloques con que cuenta. Además, se contará con una imagen general de la sede georreferenciada y generada con Dron.

Como producto final, la comunidad UDECINA tiene el levantamiento topográfico, el dibujo arquitectónico de la sede, adicionalmente la fotografía aérea realizada con Dron y el modelo digital de superficies; información necesaria para el desplazamiento e identificación de los elementos físicos de la misma, que permitirá la toma de decisiones para nuevos proyectos estructurales.

2. JUSTIFICACIÓN

La Universidad de Cundinamarca junto con la facultad de Ciencias Agropecuarias plantea la necesidad de tener información cartográfica de cada una de sus sedes mediante planos topográficos, ya que son una fuente de información indispensable para la planificación y ejecución de toda clase de proyectos y un requisito jurídico y legal esencial al momento de la realización de un trámite ante una unidad gubernamental; debido a la falta de esta información, este proyecto se realizó con el fin de dar a conocer la importancia de la cartografía y topografía para describir e identificar cada uno de los espacios geográficos.

Debido a que dicha sede no presenta un amplio terreno ya que solo cuenta con una carrera que es “MUSICA”; este proyecto ayuda al momento de realizar futuras propuestas estructurales como ampliación, modificación o construcción de más lugares, así mismo servirá para la prevención de riesgos analizando la distribución de los espacios.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La universidad de Cundinamarca no cuenta con representaciones del espacio geográfico ni la localización de algunas sedes, teniendo en cuenta esta falencia se ve la necesidad y la importancia para saber la distribución de los elementos físicos y ubicación de las mismas el cual será de gran ayuda al momento en que la comunidad Udecina requiera de esta información, además las modificaciones en la parte estructural o para que tanto estudiantes como visitantes se enteren de los espacios con los cuales pueden contar en la sede Zipaquirá, además la parte administrativa puede contar con este insumo para realizar los planes de evacuación los cuales son necesarios para el SG-SST (Sistema de Gestión- Seguridad y Salud en el Trabajo).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el levantamiento topográfico, el dibujo arquitectónico y la toma de fotografías aéreas con Dron en la Universidad de Cundinamarca sede Zipaquirá

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar dos puntos con coordenadas, mediante la georreferenciación de placas materializadas y ligadas a la red geodésica MAGNA-ECO.
- Realizar el levantamiento topográfico planímetro ubicando los elementos físicos de la Universidad de Cundinamarca Sede Zipaquirá.
- Dar a conocer la estructura y cada uno de los elementos físicos de la Universidad de Cundinamarca sede Zipaquirá, como insumo institucional mediante un plano topográfico, una imagen tomada con Dron y un dibujo arquitectónico.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Marco Geográfico

Zipaquirá es un municipio del departamento de Cundinamarca, que se encuentra ubicado a 42 km de Bogotá, tiene una población de 126.409 habitantes según estadísticas del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística).

Es reconocida como la ciudad de la sal debido a que es uno de los centros más importantes de Explotación de sal; a nivel internacional es reconocida por su Catedral de Sal, su casco urbano fue declarado patrimonio histórico y cultural de Colombia; cuanta cuna ubicación geográfica en Coordenadas 5°01′29″N 74°00′05″ W.(Alcaldía de Zipaquirá).

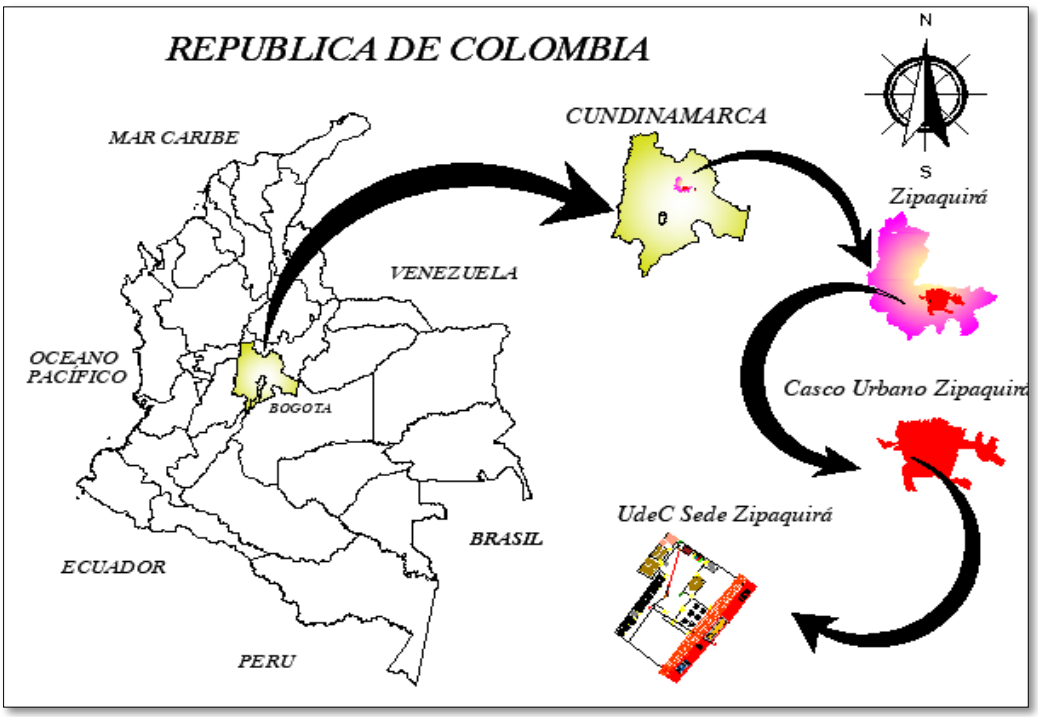


Imagen 1 - Ubicación General UDEC Zipaquirá - Elaboración Propia

Sistema de referencia

En Colombia el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) está encargado de determinar los sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético a partir de las estaciones SIRGAS la determinación de la Red Básica GPS, denominada MAGNA. (IGAC)

Los equipos GPS son muy importantes para la utilización de las aplicaciones topográficas y geodésicas, ya que cada uno de ellos constan de una antena, un receptor y un terminal, así como trípodes, cables especiales, equipo de control meteorológico y diverso material auxiliar. La antena es el elemento al que se refiere el posicionamiento, está conectado a través de un preamplificador al receptor, directamente o mediante cable; el principal objetivo de la antena es convertir la energía electromagnética recibida por los satélites, en corriente eléctrica. (Farjas, 2009)

Los sistemas de posicionamiento global por satélite o GPS, se basan en la medición de distancias a partir de señales transmitidas por un grupo de satélites artificiales cuya órbita se conoce con precisión y que serán captadas y decodificadas por receptores ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar, donde se miden al menos tres distancias, entre tres satélites diferentes y un punto sobre la tierra, es posible determinar la posición de dicho punto por trilateración; La trilateración es un procedimiento similar a la triangulación pero basado en las medidas de los lados de un triángulo. (Casanova M., 2012)

La georreferenciación es un método de aplicación en campo que tiene como objetivo determinar la superficie o área de terreno, ubicación georreferenciada y definición de linderos, mediante la obtención de coordenadas de los vértices, empleando equipos de posicionamiento global satelital, cuyo resultado es una representación gráfica, principalmente planimétrica de la superficie del terreno. La georreferenciación debe estar ligada o amarrada a coordenadas de la red de densificación MAGNA-SIRGAS. Los puntos materializados deben ser georreferenciados mediante el posicionamiento con equipos GNSS - Sistema Global de Navegación Satelital - L1 o L1/L2, aplicando el método estático diferencial. (IGAC, 2015)

Una red de amarre ayuda con la exactitud en los procesos de georreferenciación que se obtendrá a través del amarre de las coordenadas tomadas a la red de vértices geodésicos del IGAC o a puntos de amarre determinados con una precisión mínimo de tercer orden topográfico. En caso de

cumplirse estándares de calidad mayores como puntos geodésicos de segundo o primer orden, debe dejarse constancia en el metadato asociado al punto (IGAC, 2015).

Independientemente del método empleado para el levantamiento predial, éste debe estar referido al dátum MAGNA-SIRGAS - Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas -, según lo adoptado para Colombia en la Resolución 068 de 2005-IGAC, en la época de referencia vigente, establecida por el IGAC. (IGAC, 2015)

Las coordenadas de las estaciones MAGNA- SIRGAS están definidas sobre el ITRF94, época 1995.4. Su precisión está en el orden de (± 2 mm… ±7mm), su exactitud horizontal en ±2 cm y la vertical en ±cm (Tremel et al. 2001, Sánchez et al.1999).

5.2 Levantamientos topográficos en terreno

La topografía es una ciencia que estudia los diferentes métodos para medir, procesar y Transmitir datos del terreno; ha venido tomando fuerza a través de la historia como una herramienta en el desarrollo del hombre en la elaboración de planos, mapas, linderos (limite superficial de un predio) y otras operaciones de construcción (Reyes, 2017).

Se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio. Hasta la década de los 90, los procedimientos topográficos se realizaban con teodolitos y miras verticales. Con la introducción en el mercado de las estaciones totales electrónicas, de tamaño reducido, costos accesibles, funciones pre-programadas y programas de aplicación incluidos, la aplicación de la taquimetría tradicional con teodolito y mira ha venido siendo desplazada por el uso de estas estaciones. (Casanova Matera, TOPOGRAFIA PLANA., 2012).

Una de las grandes ventajas de levantamientos con estación total es que la toma y el registro de datos es automático, eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y calculo; ya que con estas estaciones la toma de datos es automática (en forma digital) y los cálculos de coordenadas

se realizan por medio de programas de computación incorporados a dichas estaciones (Casanova, 2012)

La realidad de hoy es que la Estación total y el GPS (McCormac, 2008) se utilizan juntos, este último, para el posicionamiento de puntos de control y la Estación para la obtención de la información topográfica de los puntos de interés.

5.3 Diseño arquitectónico

Un diseño arquitectónico tiene como objetivo generar ideas para la creación y realización de espacios físicos, también realizar el diseño geométrico de elementos físicos ya existentes para proveer formas decorativas, jardinería, diseño lumínico, futuras construcciones, etc. (López y Sánchez, 1982).

Para diseñar un diseño arquitectónico existen unas consideraciones que deben ser contempladas, como lo son la situación del terreno, las dimensiones, características topográficas, orientación cardinal, los servicios (energía eléctrica, agua, drenajes, la vista), ya una vez solucionado los aspectos anteriores se valoran las necedades edilicias (construcciones): superficie construida, altura de pisos o plantas, relaciones entre los espacios, los usos, etc. (esto es el programa arquitectónico). Otro elemento a tener en cuenta es el presupuesto disponible para la construcción, es determinante para el diseño arquitectónico. (ARQUIGRAFICO)

5.4 Fotogrametría

Según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS), Fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esta manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado. (Pacheco A. & Pozzobon B., 2006)

Tipos de fotogrametría

Existen diversos tipos de fotogrametría:

- Fotogrametría analógica: Son los modelos matemáticos utilizados. Evidentemente, fue la primera parte de la fotogrametría en desarrollarse.
- Fotogrametría analítica: Se encarga de aplicar los modelos matemáticos a objetos físicos. Fue la segunda parte en desarrollarse.
- Fotogrametría digital: Con la aparición de los ordenadores, se sustituye la imagen analógica por la imagen digital, del mismo modo que se empiezan a utilizar programas informáticos. En la actualidad la fotogrametría digital convive con la analítica.
- Fotogrametría Aérea: Es en donde las estaciones se encuentran en el Aire, esta se aplica para la elaboración de planos y/o mapas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería.
- fotogrametría Terrestre: En este caso las estaciones se encuentran a nivel del suelo.

Es el conjunto de cálculos previos a la realización de un vuelo fotogramétrico mediante los cuales se organiza las operaciones que permite conseguir el fin propuesto bajo unas condiciones establecidas previamente. El objetivo del vuelo es el de cubrir una zona determinada con imágenes que cumplen con los porcentajes de recubrimiento longitudinal y transversal especificados, sobrevolando la zona a una altitud determinada en función de la escala deseada y de la distancia principal de la cámara.. Para conseguirlo el avión deberá volar a una altura constante, siguiendo una ruta predeterminada, y a velocidad constante que permita realizar disparos a intervalos regulares que se correspondan con recorridos iguales. (Instituto Geográfico Nacional - Gobierno de España, 2008).

5.5 VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados)

VANT, sigla de Vehículos Aéreos No Tripulados en español, o su traducción en inglés Unmanned Aereal Vehicle (UAV), o su definición más conocidos en la sociedad como Dron o Drones, son equipos compuestos de sistemas electrónicos y mecánicos que vuelan sin tripulación a bordo y equipados con cámaras fotográficas digitales, donde realizan una identificación del

terreno que se quiere estudiar en cuestión de minutos, con niveles de precisión óptimos. Además, si hay zonas poco accesibles o poco seguras para las personas es un elemento perfecto para llegar a ellas sin problemas; estas imágenes captadas por las cámaras del dron son procesadas mediante programas y herramientas específicas y se obtienen nubes de millones de puntos que son un fiel reflejo de la realidad. Estas imágenes se pueden georreferenciar y escalar, además de extraer coordenadas, distancias, volúmenes, perfiles… y a partir de ello realizar modelos 3D y ortofotos, por ejemplo. Con ello ya se puede empezar a trabajar en el proyecto, ya sean obras civiles, como intervenciones arqueológicas, intervenciones en minería o para gestionar cultivos, entre otras posibilidades (Global Mediterranea Geomatica, 2018).

Gracias a los avances en Tecnologías de Información Geográfica, el levantamiento topográfico a partir de los vehículos aéreos no tripulados (UAVs, del inglés Unmanned Aerial Vehicle) es uno de los métodos más utilizados y las características que resaltan en estos vehículos son las capacidades superiores de maniobrabilidad y estabilidad que poseen frente a los aviones y helicópteros, son idóneos para aplicaciones donde sea necesario el censado de parámetros y adquisición de datos, especialmente en lugares de difícil acceso y sin poner en peligro ninguna vida humana. (Perez et al., 2017).

Uno de los resultados de un sobrevuelo de un Vehículo Aéreo no Tripulado es el "Ortofotomosaico", al cual se refiere, al producto obtenido luego de procesar las fotos tomadas del mismo, mediante un resultado de la unión de las áreas de cada fotografía, donde la distorsión por lejanía al eje focal de la cámara, es cercano a cero, es decir es el mosaico de las áreas de cada foto donde el plano horizontal con el eje focal son ortogonales, de ahí el nombre de "Orto-foto-mosaico", esta selección de áreas sin distorsión, hace posible la generación de una imagen más grande compuesta (ortofotomosaico), donde podemos realizar mediciones planimétricas tales como; áreas, perímetros y longitudes, utilizando para ello programas de CAD o SIG. Utilizado para la de elaboración de: Cartografía, Catastro, estudios Geológicos, etc. Y permite la visualización del terreno A Vista de Drone, aportando una perspectiva nueva al análisis del área del proyecto. (ICGEO, 2018).

6. MARCO LEGAL

6.1 La ley 70 de 1979, el decreto 690 de 1981 y la sentencia c-606 de 1992

Conforman el Estatuto de la Profesión de Topógrafo y se encarga de regular los siguientes aspectos básicos: definición de la PROFESIÓN, reglamentación de la licencia profesional, funciones del Topógrafo y áreas de actividad.

6.2 Ley 7/1986, de 24 de enero

- Es cartografía básica, cualquiera que sea la escala de su levantamiento, aquella que se realiza de acuerdo con una norma cartográfica establecida por la Administración del Estado, y se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre.
- Es competencia de la Administración del Estado A través del Instituto Geográfico Nacional el establecimiento y mantenimiento de las redes nacionales geodésica y de nivelaciones y la formación y conservación de las series cartográficas a escala 1/25.000 y 1/50.000 que constituyen el mapa topográfico nacional.

6.3 Sentencia c-606 de diciembre de 1992

Solo podrán obtener la Licencia a que se refiere el artículo 1º de esta Ley, ejercer la profesión de Topógrafo y usar el título respectivo en el territorio de la República.

6.4 Resolución 715 de 2018

"Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: Magna-Sirgas".

CONSIDERANDO:

Que, al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, le corresponde: (i) Determinar, mantener y actualizar las redes geodésicas del país, como marco de referencia para la representación espacial

de la geografía oficial. (ii) Producir, investigar, reglamentar, disponer y divulgar la información geográfica, cartográfica, agrológica, catastral, geodésica y de tecnologías geoespaciales para su aplicación en los procesos de gestión del conocimiento, planificación y desarrollo integral del país;

Que el Marco Internacional de Referencia Terrestre (International Terrestrial Reference Frame (ITRF)) se encuentra en la última materialización ITRF2014, según las disposiciones establecidas por el IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) y la Asociación Internacional de Geodesia (IAG);

Que el cambio entre marcos de referencia (ITRF) se sustenta en investigaciones y parámetros definidos a nivel regional por la organización SIRGAS y en el contexto global por la (IAG), la International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) y del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH);

Que según la Resolución de la Organización de las Naciones Unidas (A/RES/69/266) aprobada el 26 de febrero de 2015 se establece el Marco de Referencia Geodésico Mundial (Global Geodetic Reference Frame - GGRF), donde se insiste en el compromiso de mejorar y mantener la infraestructura geodésica nacional como medio esencial para el desarrollo sostenible, la cooperación internacional y objetivos económicos, sociales, ambientales y científicos;

Que el IGAC, adoptó en el año 2005 el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, acoplado a la materialización ITRF94 con época de referencia 1995.4, a la cual se ha asociado toda la información geodésica y cartográfica producida por la entidad;

Que la nueva época de referencia se determina como instante en el tiempo actualizado y conforme a las necesidades actuales a nivel de información posicional de calidad, según las indicaciones sobre sistemas de referencia emanadas de las Asambleas del Proyecto SIRGAS, de la IAG, de la IUGG y del IPGH.

6.5 Resolución 643 de 2018

"Por la cual se adoptan las especificaciones técnicas de levantamiento planimétrico para las actividades de barrido predial masivo y las especificaciones técnicas del levantamiento topográfico planimétrico para casos puntuales".

CONSIDERANDO:

Que el artículo 104 de la Ley 1753 de 2015, Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, "Todos por un nuevo país", dispone la implementación de un catastro nacional con enfoque multipropósito, para contribuir con la seguridad jurídica del derecho de propiedad inmueble, el fortalecimiento de los fiscos locales, el ordenamiento territorial y la planeación social y económica. Un catastro que debe lograr la plena coherencia con el registro público de la propiedad, cuya información, junto con la del ordenamiento territorial, será la base del sistema nacional de gestión de tierras (SNGT);

Que se hace necesario considerar que el IGAC y la SNR expidieron la Resolución Conjunta 1732 (SNR) y 221 (IGAC) del 21 de febrero de 2018, con vigencia desde el 1º de mayo, "por la cual se establecen lineamientos y procedimientos para la corrección o aclaración, actualización, rectificación de linderos y área, modificación física e inclusión de área de bienes inmuebles", que en términos de implementación remite a las especificaciones técnicas definidas por la máxima autoridad catastral, para los levantamientos planimétricos o topográficos de los predios a los que alude esa regulación;

Que, para la ejecución de los levantamientos planimétricos dentro de las actividades del barrido predial masivo o los levantamientos topográficos o planimétricos en casos puntuales, deberá tenerse en cuenta la información contenida en el registro de instrumentos públicos como realidad jurídica del derecho de propiedad inmueble

7. RECURSOS

7.1 Recursos humanos

Jhon Alexander Otálora Morales
Estudiante de Tecnología en Cartografía

Oscar Julián Muñoz Cabrera
Estudiante de Tecnología en Cartografía

Sócrates Cardona Giraldo
Docente-Director del proyecto

7.2 Recursos institucionales

La universidad de Cundinamarca presta los instrumentos necesarios como son (GPS, Estación Total, Trípodes, Bastones, Prismas, Cinta métrica, Equipos de cómputo, Software de AutoCAD, ArcGis, Topcon Tools, Topcon Link).

IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi suministro los archivos rinex necesarios para asignarle coordenadas a las placas.

8. METODOLOGIA

8.1 Selección de área de estudio

Se seleccionó el área de estudio teniendo en cuenta las diferentes sedes que tiene la Universidad de Cundinamarca consultando cuales eran las sedes que hacían falta por realizar el levantamiento topográfico, en este caso se escogió la sede de Zipaquirá.

Imagen 2 - Universidad de Cundinamarca Sede Zipaquirá

Se realizó una identificación de toda la sede para tener idea de los detalles y la infraestructura con la que cuenta para así proceder a realizar el levantamiento topográfico.

Imagen 4 – Detalles1 - Elaboración propia

Imagen 3 – Detalles2 - Elaboración propia

Imagen 6 – Detalles3 - Elaboración propia

Imagen 5 – Detalles4 - Elaboración propia

Imagen 8 – Detalles5 - Elaboración propia

Imagen 7 – Detalles6 - Elaboración propia

8.2. **Materialización de placas**

Se procede a ubicar un espacio visible donde se puedan poner las placas para georreferenciarlas con los GPS Topcon, que son de gran importancia al momento de realizar el levantamiento ya que estas son las que dan coordenadas y exactitud a el levantamiento y a el sobrevuelo con Dron; en este caso no se realizaron mojones como se hace normalmente debido a que dicha sede no cuenta con Zonas verdes, las dos placas fueron incrustadas en concreto.

Imagen 9 - Placa de GPS1 UDEC Zipaquirá- Elaboración propia

Imagen 10 - Placa de GPS2 UDEC Zipaquirá - Elaboración propia

8.3 Red geodésica magna-sirgas

Luego de monumentar las placas se procedió a realizar el cálculo del tiempo en el que se debían tener trabajando los equipos, haciendo una consulta en la página oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, para saber cuál es el punto geodésico activo de la red MAGNA-SIRGAS más cercano al lugar de trabajo, que correspondió a la base llamada BOGA ubicada en la ciudad de Bogotá.

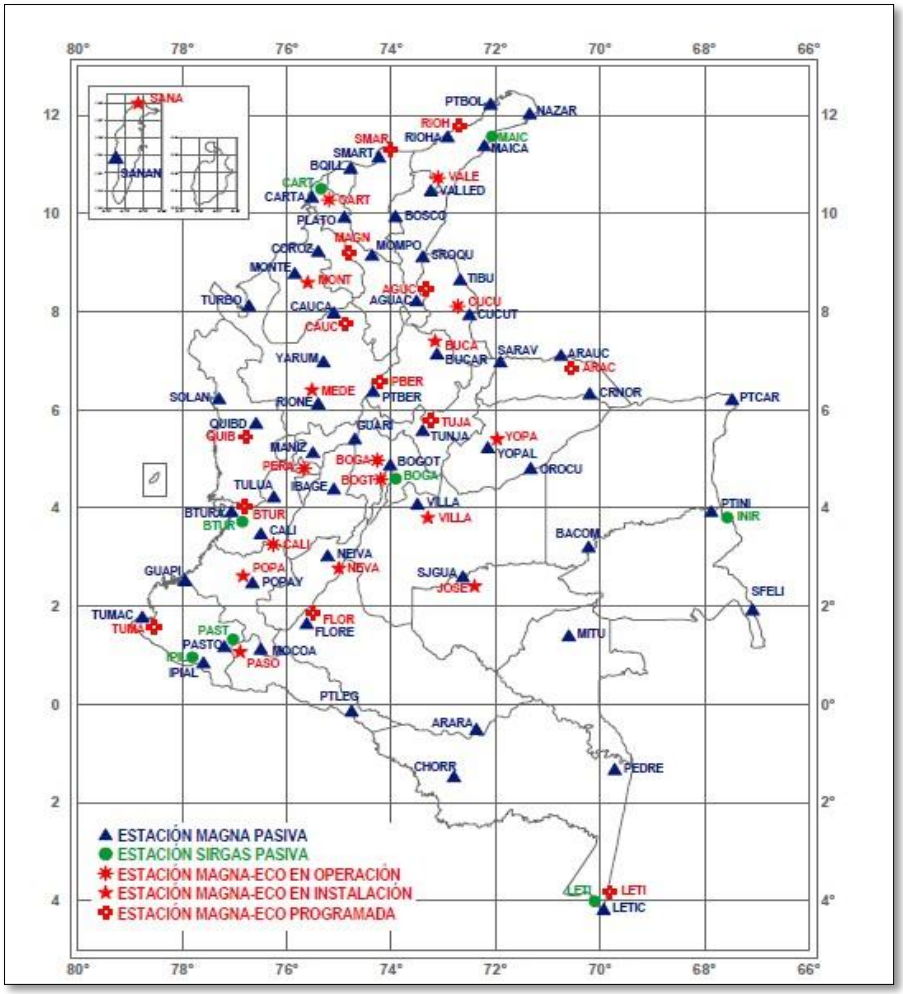


Imagen 11 - Red Geodésica MAGNA-SIRGAS

8.4 Calculo de tiempo de rastreo

Sabiendo que punto base íbamos a tomar de referencia se realizó la medida de distancia entre BOGA y La Universidad de Cundinamarca Sede Zipaquirá en Google Maps.

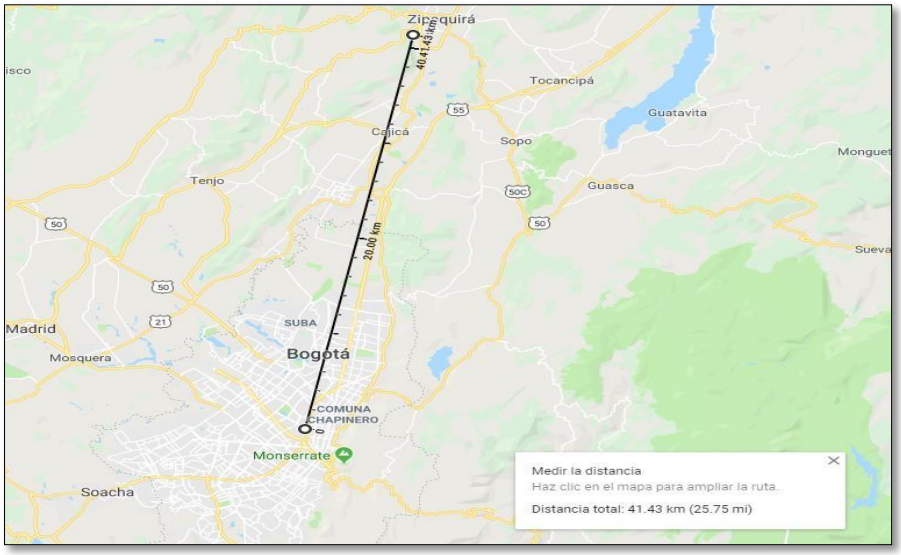


Imagen 12 - Medición de distancia entre BOGA y UDEC Zipaquirá - Google Maps

Sabiendo cual es la distancia, se realizó el cálculo del tiempo de rastreo con la siguiente formula: (resolución conjunta SNR-IGAC 643 del 30 de mayo de 2018)

Tiempo de rastreo = 65 + (3 min x (Distancia en Km – 10)) / 60

= 65 + (3 x 41.43 – 10) / 60

= 65 + (114.29) / 60

= 179.29 / 60

= 2.988 horas-equivalente a tres horas

Se determinó que el tiempo que debían estar recepcionando los equipos GPS era de 3 horas; para este rastreo de coordenadas se utilizaron equipos marca Topcon los cuales reciben señales de los satélites GPS y GLONASS.

Imagen 13 - Equipo receptor de señal satelital GPS

8.5 Levantamiento topográfico

Una vez tiendo las placas georreferenciadas se procedió a realizar el levantamiento topográfico con estación total, identificando cada uno de los espacios y elementos físicos, creando y configurando la estación total con los siguientes elementos: GPS, DELTA, CONSTRUCCION, PUERTAS, ESCALERA, VIA, ANDEN, POSTES, CAJA DE DESAGUE, TANQUE, PARQUEADERO.

Se realizo una poligonal cerrada en la cual se contó con 5 puntos auxiliares visualizando toda la sede solamente con 3 Deltas, partiendo de los puntos materializados y georreferenciados en campo como consta en el presente informe, inicialmente se armó el equipo en GPS1 tomando ceros a GPS2, colocando un punto auxiliar denominado DELTA1 para tomar los datos de cada uno de los detalles que tenían visual con estos puntos; posteriormente armado en GPS2 se colocó un DELTA2 para continuar capturando la información de interés y de este se colocó otro punto auxiliar llamado DELTA3 para terminar de adquirir la información necesaria y realizar el dibujo, posteriormente los 2 puntos auxiliares sobrantes fueron necesarios para realizar el cierre adecuado de dicha poligonal.

Imagen 15 - Levantamiento topográfico1 - Elaboración Propia

Imagen 14 - Levantamiento topográfico2 - Elaboración Propia

8.6 POST PROCESO TOPCON TOOLS

Después de haber terminado todo el trabajo de campo se procedió a realizar el trabajo de oficina haciendo el post proceso de los datos.

En el software Topcon Tools se cargaron los datos obtenidos en el rastreo de los GPS junto con los archivos Rinex descargados de la Página del IGAC evidenciando la correcta correlación de los datos para su ajuste y asignación de coordenadas a las placas.

En la página oficial del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), se ingresa al Geo portal, después en Datos Abiertos, posteriormente se abre la opción Geodesia y se procede a hacer la

Archivos Rinex

Título	Descripción	Shapefile	FTP	Documentos
Archivos En Formato Rinex Estaciones Red Magna Eco	Archivos En Formato Rinex De Las Estaciones Red Magna Eco Correspondientes a Los Ultimos 60 Dias Calendario		FTP	
Red Magna Eco - Localización General	Esta información refleja la localización general de las estaciones Red MAGNA ECO, las coordenadas precisas pueden ser descargadas de la página SIRGAS			

Imagen 16 - Descarga de archivos rinex IGAC

descarga de los Archivos Rinex teniendo en cuenta la fecha en que fue realizado el rastreo con el receptor de señal satelital GPS; el cual es un formato que nos incluye tres observables GPS fundamentales: tiempo, fase y distancia, que nos facilita el uso de datos desde cualquier receptor GPS y un software de post-procesamiento, en este caso un receptor marca Topcon y el software Topcon Tools V 8.2.

En la siguiente tabla se evidencia el rastreo de las coordenadas de la estación BOGA el día 12 de Octubre de 2018, dichos datos se descargaron de la página oficial de SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).

Tabla 1 - Coordenadas Estación activa BOGA

COORDENADAS GEOCENTRICAS DE LA ESTACION ACTIVA BOGA				
ESTACION	**NOMBRE**	**X (M)**	**Y (M)**	**Z(M)**
BOGA	41901M002	1744517,16390	-6116051,03260	512581,11166

Con la información anteriormente mostrada junto con la descarga de Archivos Rinex y los datos obtenidos de los equipos receptores de señal satelital GPS, se procede a procesar dichos datos en el software Topcon Tools.

Como primer paso se insertan los datos en el Software Topcon Tools, se configuran parámetros como el sistema de coordenadas (Proyección Gauss Krüger y Datum Bogotá), la Zona horaria (UTC-5:00) Bogotá, Lima y Quito y se verifica que el programa este calculando en metros.

Posteriormente se procede a cargar los archivos Rinex y los datos descargados de los equipos receptores de señal satelital GPS, se configura el tipo de antenas y se pone la altura a la que fueron tomados dichos datos, además se cambian las coordenadas del archivo Rinex por las coordenadas mostradas en la tabla1, se ajusta y realiza el post-proceso para verificar si se cumple las precisiones o configuración dada anteriormente; con esto se presentan las coordenadas ajustadas de los puntos de interés.

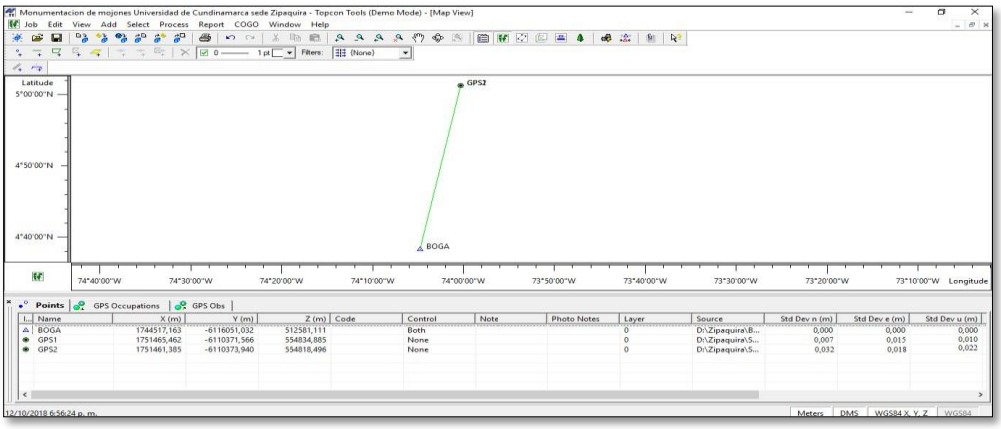


Imagen 17- Vectores de posición BOGA-GPS1-GPS2

En el siguiente grafico se evidencia la correlación de tiempo que existe entre la estación base BOGA y las placas monumentadas y georreferenciadas en campo llamadas (GPS1 y GPS2).

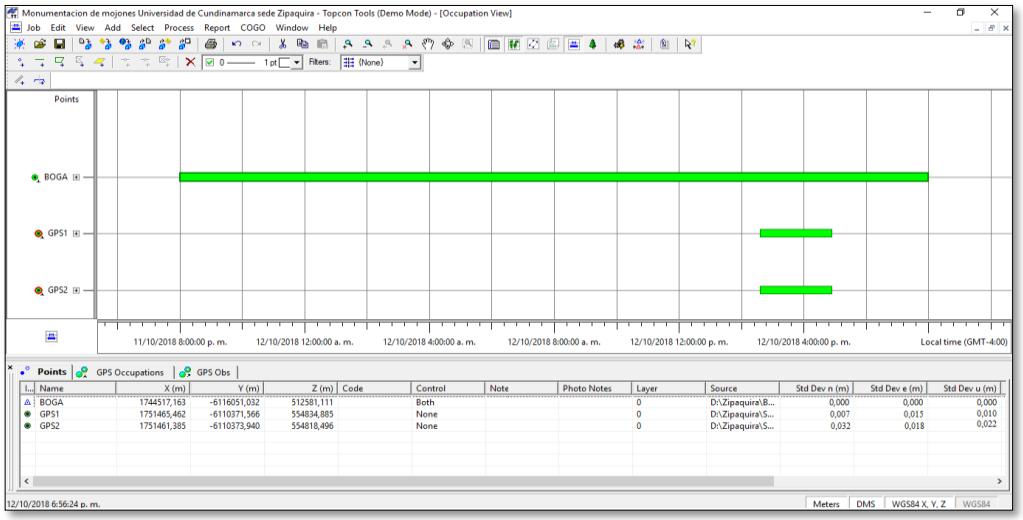


Imagen 18 - Correlación de Datos BOGA-GPS1-GPS2

A continuación, se muestra que los equipos receptores de señal satelital GPS cumplen el tiempo de rastreo anteriormente calculado en la imagen12.

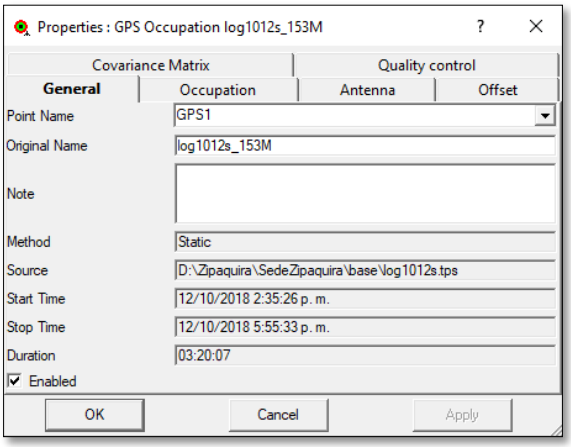


Imagen 20 - Tiempo de rastreo GPS1

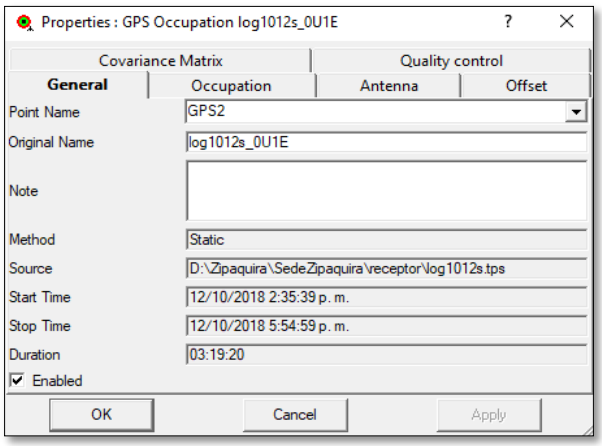


Imagen 19 - Tiempo de rastreo GPS2

Una vez realizado el procesamiento de datos en el software Topcon Tools, mediante el visor de Google Earth que nos brinda el software podemos evidenciar el sitio donde están los datos trabajados para así tener la seguridad de que los datos quedaron bien tomados ya que aparecen en el sitio correcto.

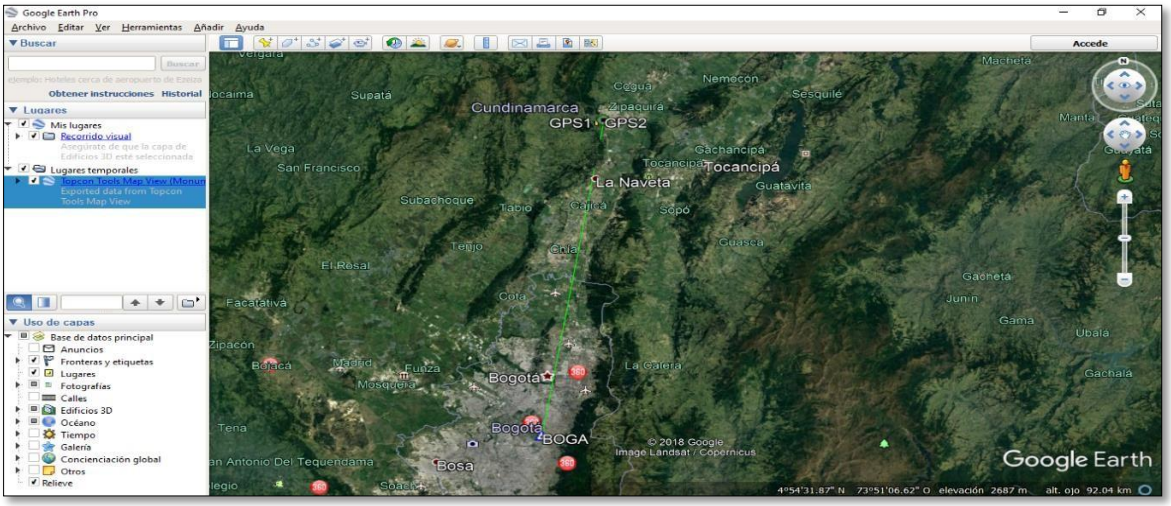


Imagen 21 - Visualización en Google Earth de BOGA-GPS1-GPS2

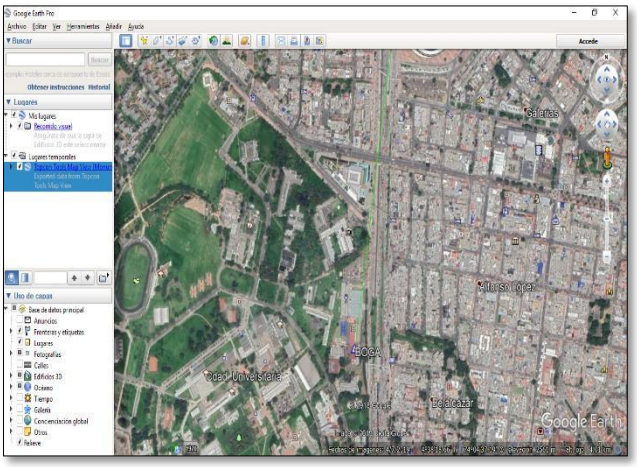


Imagen 23- Visualización en Google Earth de BOGA

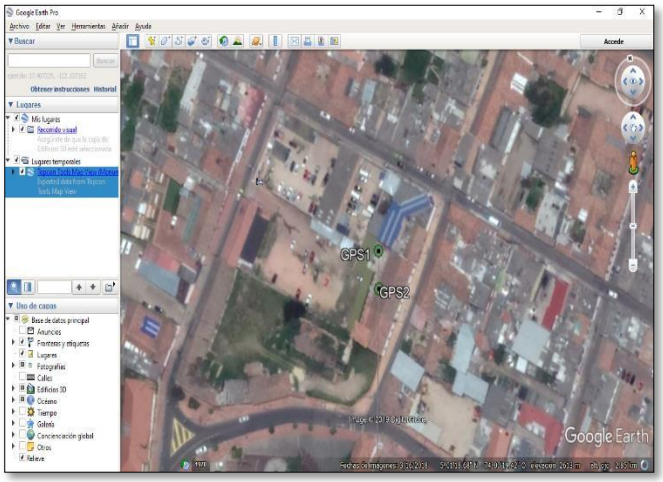


Imagen 22- Visualización en Google Earth de GPS1-GPS2

Al procesar la información, en el software topcon tools se obtienen varios reportes que determinan los ajustes, la asignación de coordenadas a los nuevos vértices georreferenciados, donde se evidencian las coordenadas Geocéntricas, Geográficas y Planas Gauss Krüger.

Reporte de coordenadas

Project Summary

Project name: **Monumentación de dos placas Universidad de Cundinamarca sede Zipaquira.ttp**
Surveyor: **Jhon Alexander Otálora Morales, Oscar Julián Muñoz Cabrera**
Comment: **Postproceso de la monumentación de dos placas en la Universidad de Cundinamarca sede Zipaquirá para realizar un levantamiento topográfico**
Linear unit: **Meters**
Projection: **Colombia-Gauss Bogotá**

Coordenadas Planas Geocéntricas

Tabla 2 - Coordenadas Planas Geocéntricas

Points			
Name	**X (m)**	**Y (m)**	**Z (m)**
BOGA	1744517,163	-6116051,032	512581,111
GPS1	1751479,183	-6110419,447	554834,885
GPS2	1751458,916	-6110365,322	554818,496

Coordenadas Geográficas

Tabla 3 - Coordenadas Geograficas

Points			
Name	**Latitude**	**Longitude**	**Elevation (Datum) (m)**
BOGA	4°38'29,50193"N	74°05'00,09680"W	2592,584
GPS1	5° 1'18.91"N	74° 0'20.49"W	2616,399
GPS2	5° 1'18.40"N	74° 0'20.63"W	2616,118

Coordenadas Planas Gauss Kruger

Tabla 4 - Coordenadas Planas Gauss Kruger

Points			
Name	**Grid Northing (m)**	**Grid Easting (m)**	**Elevation (m)**
BOGA	1004697,675	999728,860	2592,584
GPS1	1047083,484	1007965,082	2616,399
GPS2	1047067,063	1007960,513	2616,118

Project Summary

Project name: **Monumentación de dos placas Universidad de Cundinamarca sede Zipaquira.ttp**
Surveyor: **Jhon Alexander Otálora Morales, Oscar Julián Muñoz Cabrera**
Comment: : **Postproceso de la monumentación de dos placas en la Universidad de Cundinamarca sede Zipaquirá para realizar un levantamiento topográfico**
Linear unit: **Meters**

Tabla 5 - Control de Calidad

GPS Obs Quality					
Name	**dN (m)**	**dE (m)**	**dHt (m)**	**Horz RMS (m)**	**Vert RMS (m)**
BOGA-GPS1	-42385,809	-8236,222	-23.815	0.032	0.017
BOGA-GPS2	-42369.388	-8231.653	-23.534	0,024	0,015
GPS1-GPS2	16.421	4.569	0.281	0.002	0.001

En la anterior tabla se evidencia el control de calidad de información de los GPS1, GPS2 y BOGA, se puede analizar las diferencias de Nortes, Estés y Alturas en metros, entre BOGA-GPS1, BOGA-GPS2 y GPS1-GPS2.

Según la correlación de los datos entre BOGA y GPS1 hay un error estándar horizontal de 32 Milímetros y un error estándar vertical de 17 Milímetros, a su vez entre BOGA y GPS2 existe un error estándar horizontal de 24 Milímetros y un error estándar vertical de 15 Milímetros y por último entre GPS1 y GPS2 tienen un error estándar horizontal de 2 Milímetros y un error estándar vertical de 1 Milímetro.

8.7 Post proceso topcon link

En el software Topcon Link se cargan los datos obtenidos por la estación total en el levantamiento topográfico, (un documento de texto llamado “file1”) posteriormente se realiza el procesamiento determinando de los puntos de Backside y Frontside, que nos determinan el punto atrás y el punto adelante de irradiación lo cual permite el ajuste real de los detalles capturados, ingresando las coordenadas Planas Gauss Kruger obtenidas anteriormente en Topcon Tools en los campos de GPS1 y GPS2; así se asignan coordenadas reales a cada uno de los detalles del levantamiento topográfico.

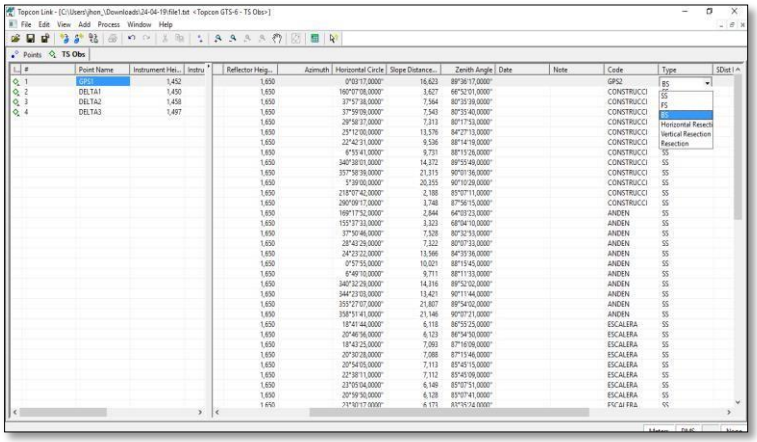


Imagen 24 - Topcon Link asignación de Backside y Frontside

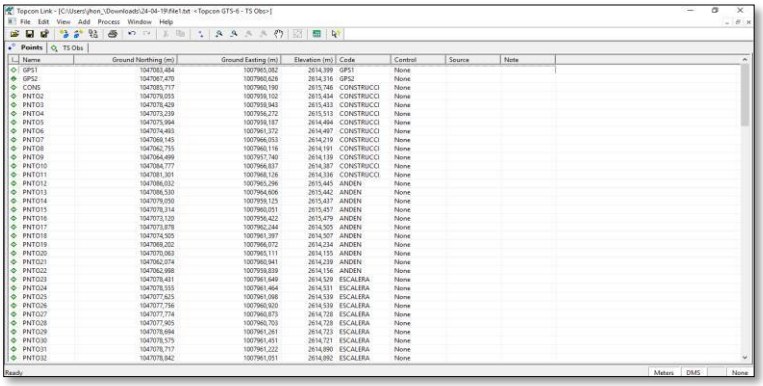


Imagen 25 - Topcon Link asignación de Coordenadas

Posteriormente se realiza un archivo Excel con las coordenadas y los detalles del levantamiento topográfico, concatenando dichos datos, donde primero va la coordenada Este, luego la Norte, después la altura y por último la descripción o el nombre del punto o detalle, estos datos se copian a un bloc de notas donde se guarda con una extensión ".SCR" para que sea un archivo en formato Script y así subir la nube de puntos obtenida a el software AutoCAD, para realizar el dibujo del plano topográfico.

8.8 CALCULO DE LA POLIGONAL

- **Error máximo permitido**

Sabiendo el rango de error que tiene la estación total utilizada en este caso una estación total Topcon, que es de 0°0'5", se multiplica por la raíz cuadrada de los vértices que contiene la poligonal.

$0°0'5" \; x \sqrt{7}$

$0°0'5" \; x \; 2{,}645$

$0°0'13{,}22"$

- **Error angular**

En este proceso se hace la sumatoria de los ángulos internos la cual debe ser igual a el número de vértices menos dos multiplicado por 180°.

Tabla 6 - Sumatoria de ángulos

PUNTO	ANGULO OBSERVADO
GPS2-Δ1	11°27'39"
Δ1-Δ2	215°37'45"
Δ2-Δ3	76°7'34"
Δ3-Δ4	91°52'44"
Δ4-Δ5	27°4'48"
Δ5-GPS1	247°3'42"
GPS1-GPS2	230°46'14"
∑	900°0'26"

180° (número de vertices-2)

180° (7-2)

180° (5)

900°0’0”

Podemos evidenciar que tenemos un error angular de 26”.

- **Corrección de ángulos**

Se divide el error angular entre la cantidad de vértices para saber cuánto se requiere modificar los ángulos observados.

26 / 7 = 3.714”

Tabla 7 - Corrección de ángulos

PUNTO	ANGULO OBSERVADO	CORRECCION	ANGULO OBSERVADO CORREGIDO
GPS2-Δ1	11°27'39"	- 0°0'03"	11°27'36"
Δ1-Δ2	215°37'45"	- 0°0'04"	215°37'41"
Δ2-Δ3	76°7'34"	- 0°0'04"	76°7'30"
Δ3-Δ4	91°52'44"	- 0°0'04"	91°52'40"
Δ4-Δ5	27°4'48"	- 0°0'04"	27°4'44"
Δ5-GPS1	247°3'42"	- 0°0'03"	247°3'39"
GPS1-GPS2	230°46'14"	- 0°0'04"	230°46'10"
∑	900°0'26"	- 0°0'026"	900°00'0"

- **Calculo de azimut**

Calculamos el azimut de GPS1-GPS2, con las coordenadas planas Gauss Krugger y sabiendo el cuadrante en el que se ubica dicho vector con relación a su dirección.

Coordenadas GPS1: 1047083,484 N 1007965,082 E
Coordenadas GPS2: 1047067,063 N 1007960,513 E

Se calculan las diferencias de Nortes y Estés entre GPS2-GPS1.

Diferencias de Nortes 1047067,063 - 1047083,484 = -16,421
Diferencias de Estés 1007960,513 - 1007965,082 = -4,569

Posteriormente se calcula el azimut de GPS1-GPS2

$$\theta = Tan^{-1}(\frac{Diferenciad\ de\ Nortes}{Diferencias\ de\ Estés})$$

$$\theta = Tan^{-1}(\frac{-16{,}421}{-4{,}569})$$

$$\theta = 74°27'4{,}46"$$

Con el ángulo hallado anteriormente se realiza el cálculo del azimut teniendo en cuenta que dicho vector GPS1-GPS2 se encuentra en el tercer cuadrante.

Az = 270° - 74°27′4,46"

Az = 195° 32’ 55,54”

Se procede a realizar los cálculos de los demás azimuts teniendo en cuenta que al azimut ya conocido se le suma el ángulo corregido y si el resultado es menor a 180° se le suma 180° y si el resultado es mayor a 180° se le resta 180°, así determinar dichos azimuts de cada uno de sus vértices.

Tabla 8 - Calculo de Azimuts

PUNTO	ANGULO	CORRECCION	ANGULO CORREGIDO	AZIMUT
GPS2-Δ1	11°27'39"	- 0°0'03"	11°27'36"	27°0'31,54"
Δ1-Δ2	215°37'45"	- 0°0'04"	215°37'41"	62°38'12,54"
Δ2-Δ3	76°7'34"	- 0°0'04"	76°7'30"	318°45'42,54"
Δ3-Δ4	91°52'44"	- 0°0'04"	91°52'40"	230°38'22,54"
Δ4-Δ5	27°4'48"	- 0°0'04"	27°4'44"	77°43'6,54"
Δ5-GPS1	247°3'42"	- 0°0'03"	247°3'39"	144°46'45,54"
GPS1-GPS2	230°46'14"	- 0°0'04"	230°46'10"	195°32'55,54"

- **Calculo de errores en los ejes norte y este**

Para realizar este cálculo se necesita la distancia de cada lado de la poligonal, para hallar el perímetro.

Tabla 9 - Perímetro Poligonal

PUNTO	ANGULO OBSERVADO	CORRECCION	ANGULO OBSERVADO CORREGIDO	AZIMUT	DISTANCIA (M)
GPS2-Δ1	11°27'39"	- 0°0'03"	11°27'36"	27°0'31,54"	17,037
Δ1-Δ2	215°37'45"	- 0°0'04"	215°37'41"	62°38'12,54"	6,391
Δ2-Δ3	76°7'34"	- 0°0'04"	76°7'30"	318°45'42,54"	23,565
Δ3-Δ4	91°52'44"	- 0°0'04"	91°52'40"	230°38'22,54"	15,598
Δ4-Δ5	27°4'48"	- 0°0'04"	27°4'44"	77°43'6,54"	16,96
Δ5-GPS1	247°3'42"	- 0°0'03"	247°3'39"	144°46'45,54"	7,247
GPS1-GPS2	230°46'14"	- 0°0'04"	230°46'10"	195°32'55,54"	24,537
∑	900°0'26"	- 0°0'26"	900°00'0"		111,335

Con el perímetro hallado anteriormente se realiza el cálculo de los ejes Norte y Este, calculando las proyecciones en donde en el eje X se multiplica la distancia de cada lado por el Seno de su Azimut y para las proyecciones en el eje Y se calcula igual modificando el Seno por el Coseno.

Tabla 10 - Calculo de proyecciones

PUNTO	ANGULO OBSERVADO	CORRECCION	ANGULO OBSERVADO CORREGIDO	AZIMUT	DISTANCIA (M)	PROYECCIONES	
						NS	EW
GPS2-Δ1	11°27'39"	- 0°0'03"	11°27'36"	27°0'31,54"	17,037	15,178	7,736
Δ1-Δ2	215°37'45"	- 0°0'04"	215°37'41"	62°38'12,54"	6,391	2,937	5,675
Δ2-Δ3	76°7'34"	- 0°0'04"	76°7'30"	318°45'42,54"	23,565	17,72	-15,533
Δ3-Δ4	91°52'44"	- 0°0'04"	91°52'40"	230°38'22,54"	15,598	-9,892	-12,059
Δ4-Δ5	27°4'48"	- 0°0'04"	27°4'44"	77°43'6,54"	16,96	3,607	16,571
Δ5-GPS1	247°3'42"	- 0°0'03"	247°3'39"	144°46'45,54"	7,247	-5,92	4,179
GPS1-GPS2	230°46'14"	- 0°0'04"	230°46'10"	195°32'55,54"	24,537	-23,639	-6,577
∑	900°0'26"	- 0°0'26"	900°00'0"		P=111,335	EY=-0,009	EX=-0,008

Error de cierre lineal

$$\sqrt{(\ [\![(\boldsymbol{EX})]\!]\ ^{\wedge}\mathbf{2} + \ [\![(\boldsymbol{EY})]\!]\ ^{\wedge}\mathbf{2}\ )}$$

$$\sqrt{(-\mathbf{0,008})^{\mathbf{2}} + (-\mathbf{0,009})^{\mathbf{2}}}$$

0,0120

ERROR RELATIVO

$$\frac{\frac{1}{P}}{ERROR\ DE\ CIERRE\ LINEAL}$$

$$\frac{\frac{1}{111,335}}{0,0120}$$

ERROR EN DISTANCIAS

$$\frac{\mathbf{1}}{9277,916}$$

Se procede a corregir los errores en las proyecciones Nortes y Estés, repartiendo dicho valor en los vértices.

Tabla 11 - Corrección de proyecciones

PROYECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS	
NS	**EW**	**NS**	**EW**
15,178	7,736	15,179	7,738
2,937	5,675	2,938	5,677
17,72	-15,533	17,72	-15,531
-9,892	-12,059	-9,89	-12,059
3,607	16,571	3,609	16,572
-5,92	4,179	-5,92	4,179
-23,639	-6,577	-23,636	-6,576
EY=-0,009	**EX=-0,008**	**EY=0**	**EX=0**

- **Calculo de coordenadas**

Con las coordenadas del punto de inicio de la poligonal el cual es GPS2 se calculan las demás coordenadas de los puntos faltantes sumando en los nortes y las estés las proyecciones corregidas.

Tabla 12 - Calculo de Coordenadas

PUNTO				
	NS	**EW**	N	E
GPS2			1047067,063	1007960,513
Δ1	**15,179**	7,738	1047082,242	1007968,251
Δ2	**2,938**	5,677	1047085,18	1007973,928
Δ3	**17,72**	-15,531	1047102,9	1007958,397
Δ4	**-9,89**	-12,059	1047093,01	1007946,338
Δ5	**3,609**	16,572	10470966,19	1007962,91
GPS1	**-5,92**	4,179	10470906,7	1007967,089
GPS2	**-23,636**	-6,576	1047067,063	1007960,513

Con todos los datos calculados anteriormente con la poligonal se realiza una cartera de campo donde quedan almacenados dichos datos para su mejor comprensión y realización de cálculos.

Tabla 13 - Cartera Poligonal

DELTA	ANGULO OBSERVADO	CORRECCCIÓN	ANGULO OBSERVADO CORREGIDO	DISTANCIA	AZIMUT	PROYECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		COORDENADAS	
						NS	EW	NS	EW	N	E
GPS1	0										
GPS2	0				195°32'55,54"					1047067,063	1007960,513
Δ1	11°27'39"	- 0°0'03"	11°27'36"	17,037	27°0'31,54"	15,178	7,736	15,179	7,738	1047082,242	1007968,251
GPS2	0										
Δ1	0										
Δ2	215°37'45"	- 0°0'04"	215°37'41"	6,391	62°38'12,54"	2,937	5,675	2,938	5,677	1047085,18	1007973,928
Δ1	0										
Δ2	0										
Δ3	76°7'34"	- 0°0'04"	76°7'30"	23,565	318°45'42,54"	17,72	- 15,533	17,72	- 15,531	1047102,9	1007958,397
Δ2	0										
Δ3	0										
Δ4	91°52'44"	- 0°0'04"	91°52'40"	15,598	230°38'22,54"	-9,892	- 12,059	-9,89	- 12,059	1047093,01	1007946,338
Δ3	0										
Δ4	0										
Δ5	27°4'48"	- 0°0'04"	27°4'44"	16,96	77°43'6,54"	3,607	16,571	3,609	16,572	10470966,19	1007962,91
Δ4	0										
Δ5	0										
GPS1	247°3'42"	- 0°0'03"	247°3'39"	7,247	144°46'45,54"	-5,92	4,179	-5,92	4,179	10470906,7	1007967,089

A5	0										
GPS1	0										
GPS2	230°46'14"	- 0°0'04"	230°46'10"	24,537	195°32'55,54"	-23,639	-6,577	-23,636	-6,576	1047067,063	1007960,513
∑	900°0'26"	- 0°0'26"	900°00'0"	111,335		-0,009	-0,008	0	0		

8.9 Sobre vuelo con drone y generación de fotografía aérea

Como complemento se realizó un sobrevuelo con un VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) o drone de marca Phantom 4 como se ilustra en la imagen 26 que cuenta con un sistema incorporado que es compatible con dispositivos Android y Apple. No solo vuela de forma inteligente, sino que además de eso con un solo toque puede crear imágenes de seguimiento fácilmente y además puede esquivar obstáculos de manera autónoma. Su calidad de imagen es buena ya que graba video 4K a 30 f/s, video Full HD 1080P a 120 f/s para obtener imágenes nítidas a cámara lenta y fotos de 12 Megapíxeles en DNG RAW. Otro de las ventajas del Dron es su batería ya que puede durar hasta 28 minutos de vuelo sin el soporte para satélite. Se recurrió a uno de los egresados de la Universidad de Cundinamarca y a su empresa Ingeodrone que fueron los encargados de realizar el sobrevuelo, ya que ningún miembro del grupo tiene los conocimientos técnicos para manejar un equipo de estos y la universidad no cuenta con ningún tipo de Drone, donde fueron los encargados de realizar el sobrevuelo.

Imagen 26 - Dron

En la siguiente imagen se observa el plan de vuelo y la zona abarcada por el dron al momento del sobrevuelo, donde se tuvieron en cuenta cuatro elementos de referencia o puntos de control, como se observa en las imágenes 28, 29, además de las 2 placas monumentadas anteriormente mencionadas; el cual, cada uno de estos elementos debe estar georreferenciado con sus coordenadas precisas y ser visible dentro de los fotogramas mapeados por el dron.

Imagen 27 - Plan de vuelo

Imagen 29 - Punto de referencia 1 Dron

Imagen 28 - Punto de referencia 2 Dron

A continuación, se observa en puntos negros la línea de vuelo que tuvo el dron y el mejor traslape de las imágenes, donde el color azul es el mejor traslape de las imágenes.

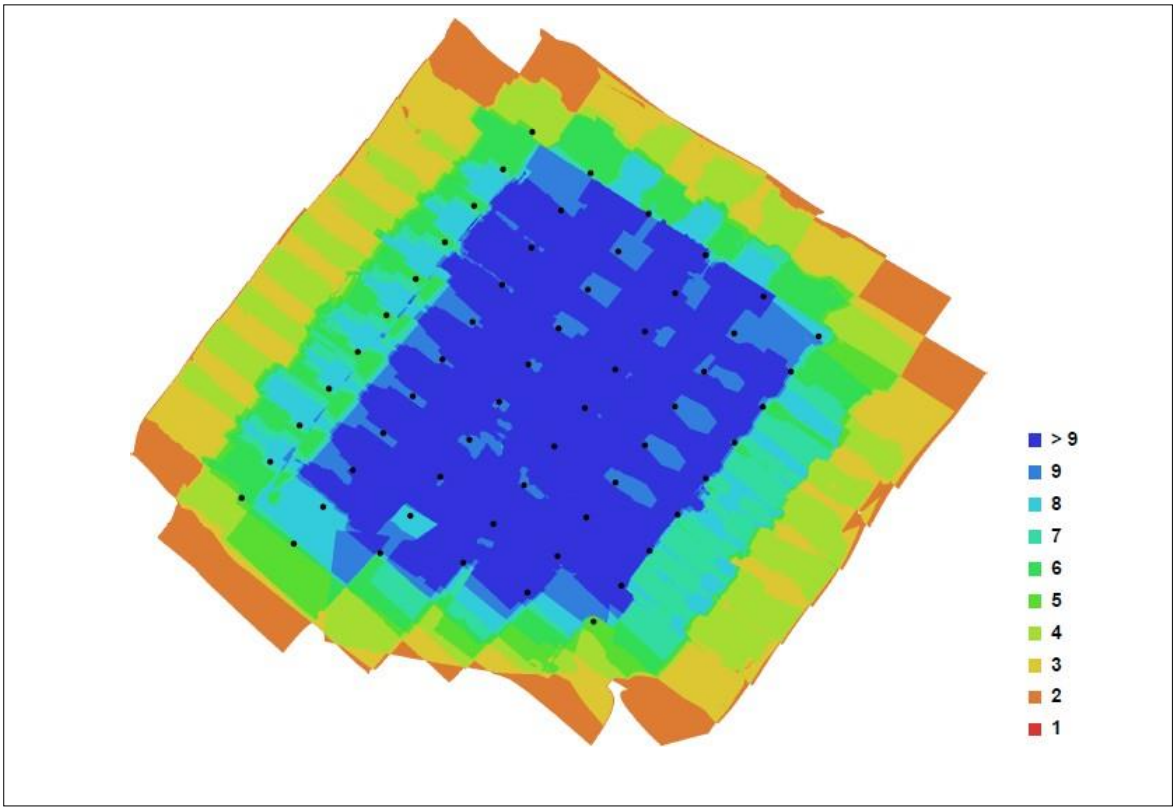


Imagen 30 - Traslape de imágenes

Se tomaron una totalidad de 59 imágenes a una altura de vuelo 58.6371 m en el cual, tiene una resolución del terreno de 0.0139847 m / pixel, de un área 0.0318199 km2 con 67688 puntos de amarre.

El error Z está representado por el color de la elipse. Los errores X, Y están representados por forma de elipse.

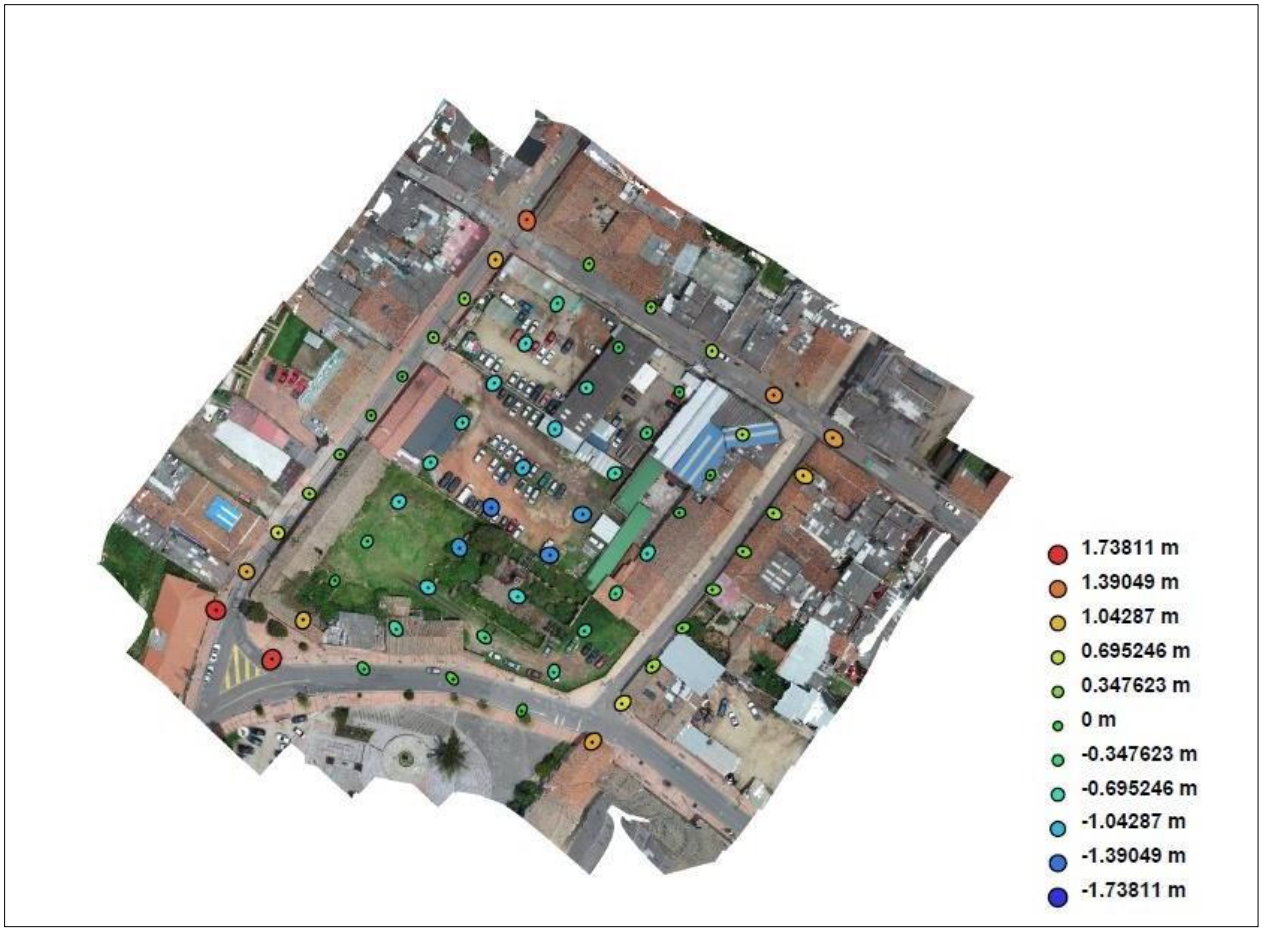


Imagen 31 - Error en toma de fotografías

Se obtuvo un error total de sobrevuelo de 0.88 metros.

Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)	Error Total (m)
0.289872	0.279370	0.793415	0.889708

8.9.1 GENERACIÓN DE ORTOFOTO

Mediante el software Argisoft se hace el proceso de la imagen del dron, ya que es un programa autónomo que permite realizar el proceso fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales en 3D, este proceso realiza una construcción de una nube densa de puntos, modelos digíteles de elevación (MDE), exportación ortomosaico georreferenciado y modelos digitales de superficies (MDS), don en nuestro caso solo se elaboró un modelo digital de superficies debido a que era una zona plana; para la realización de este postproceso se recomienda con grandes capacidades de RAM y CPU ya que es un paso muy complejo, porque genera gran cantidad de tiempo.

Para comenzar con nuestro procesamiento de fotografías obtenidas mediante una aeronave tripulada remotamente Drone, el primer paso a seguir es importar nuestras imágenes, para esto vamos al “workspace” o espacio de trabajo en donde encontraremos un botón llamado “add photos” damos clic izquierdo, y procedemos a seleccionar la carpeta de las imágenes y posteriormente procedemos a cargarlas.

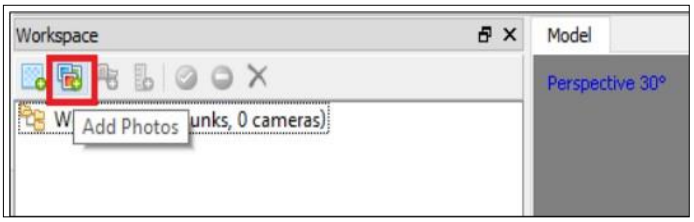


Imagen 33 - Importar Fotografías

El siguiente paso después de cargar nuestras fotografías y antes de realizar el paso de la georreferenciacion se procede a calibrar la cámara en caso tal de que no exista información de la cámara con la que obtuvimos nuestras fotografías, en la mayoría de casos las imágenes se obtienen de cámaras conocidas por el software; esto quiere decir que cuando cargamos nuestras imágenes ellas tienen información implícita de la cámara con la que se obtuvieron las fotografías. Para visualizar la ventana de calibración de cámara nos vamos a “tools” o herramientas y después damos clic en “camera calibration” o calibración de cámara.

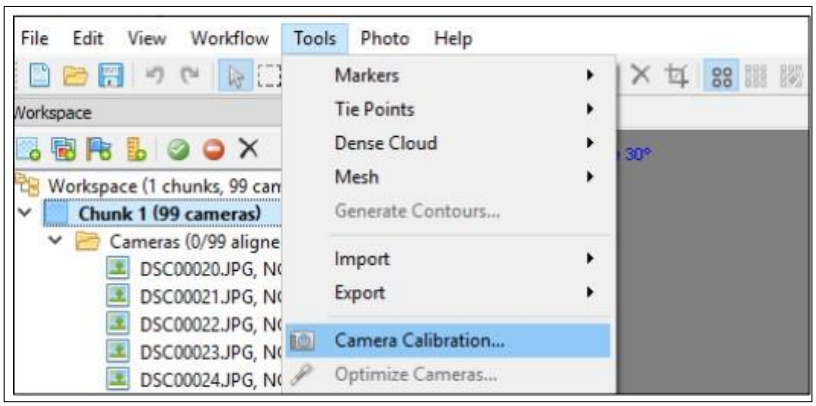


Imagen 34 - Calibración de Cámara

En la calibración de la cámara vamos a encontrar distintas opciones, como tipo de cámara (normal, ojo de pez, panorama esférico, panorama cilindro), tamaño del pixel, distancia focal. Una configuración inicial según el tipo de cámara y por último información de las imágenes como resolución, modelo de cámara con las que fueron obtenidas, distancia focal y fecha y hora de la toma de fotografías.

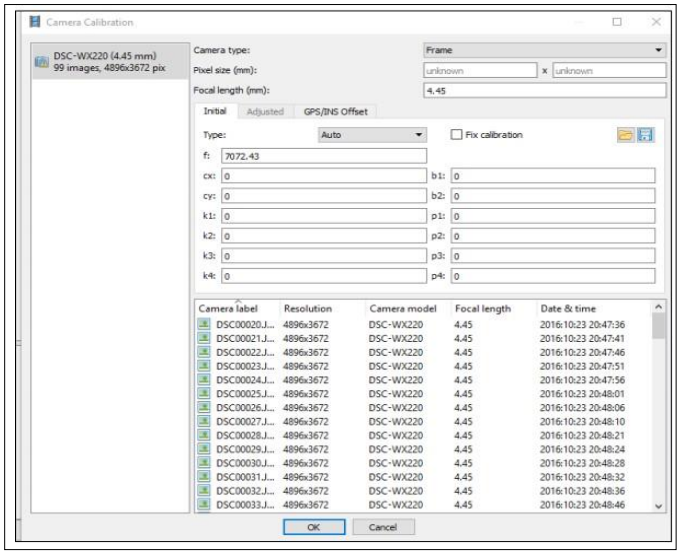


Imagen 35 - Configuracion

Luego de tener las imágenes importadas, la cámara calibrada y las fotos geolocalizadas vamos a comenzar el postproceso orientando las imágenes, para esto vamos a "workfllow" o flujo de trabajo damos clic izquierdo, desplegamos el menú y picamos en orientar fotos. Inmediatamente se abre un cuadro indicado los parámetros con los que deseamos la calidad de nuestros productos.

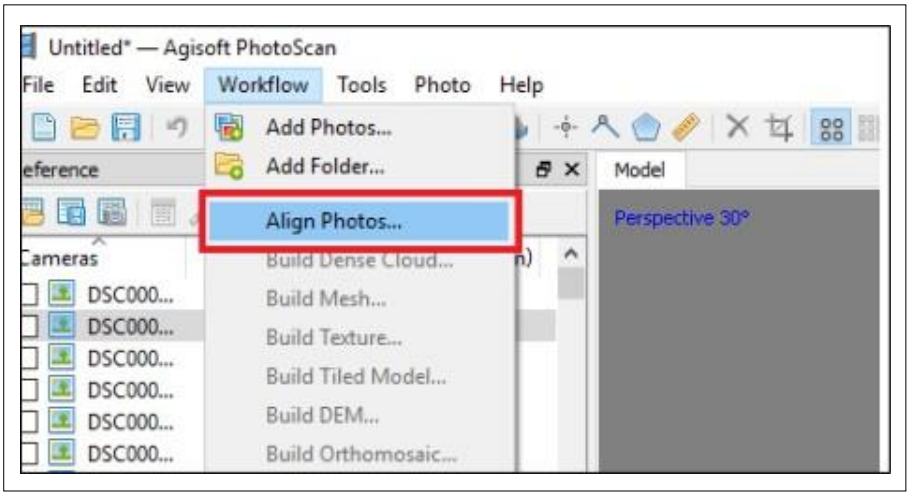


Imagen 36 - Orientación de Imagenes

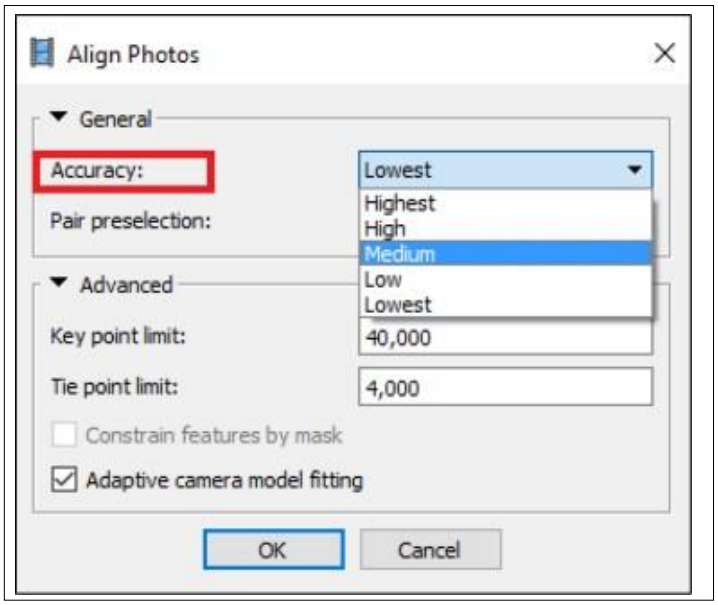


Imagen 37 - Orientación de imágenes 2

Teniendo la nube de puntos anteriormente creada y habiendo configurado la calibración de la cámara, orientado las imágenes y añadiendo los puntos de control, se precede a exportar la ortófoto, la cual se exporto en formato (.TIFF).

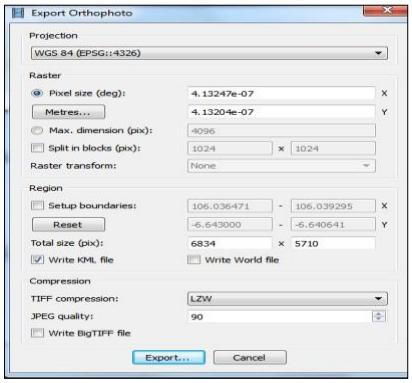


Imagen 38 - Exportar Ortófoto

Imagen 39 - UDEC Zipaquirá Ortofotomosaico

También se exporta el modelo 3d haciendo uso de la opción exportar modelo el cual se exporto en formato (.obj).

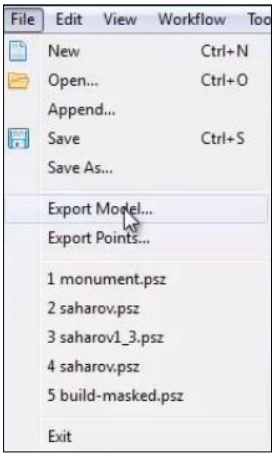


Imagen 41 - Exportar Modelo 3D

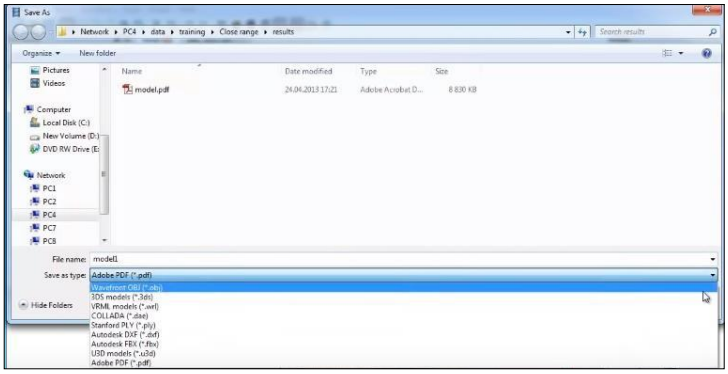


Imagen 40 - Tipo de Formato

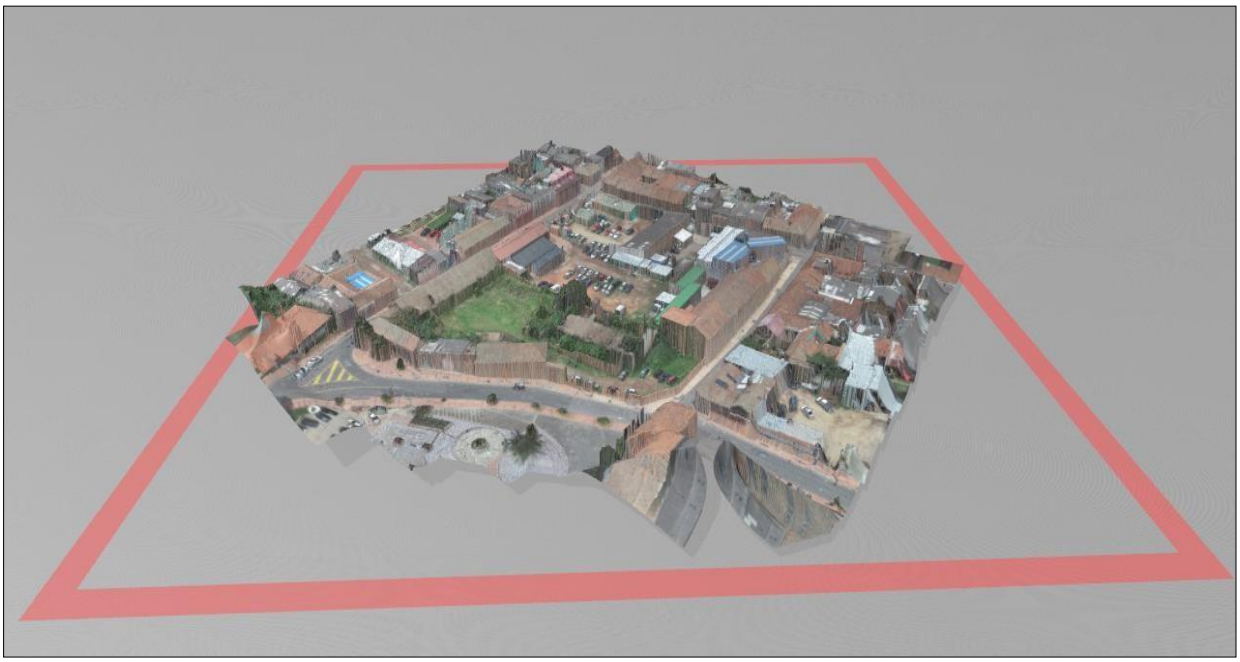
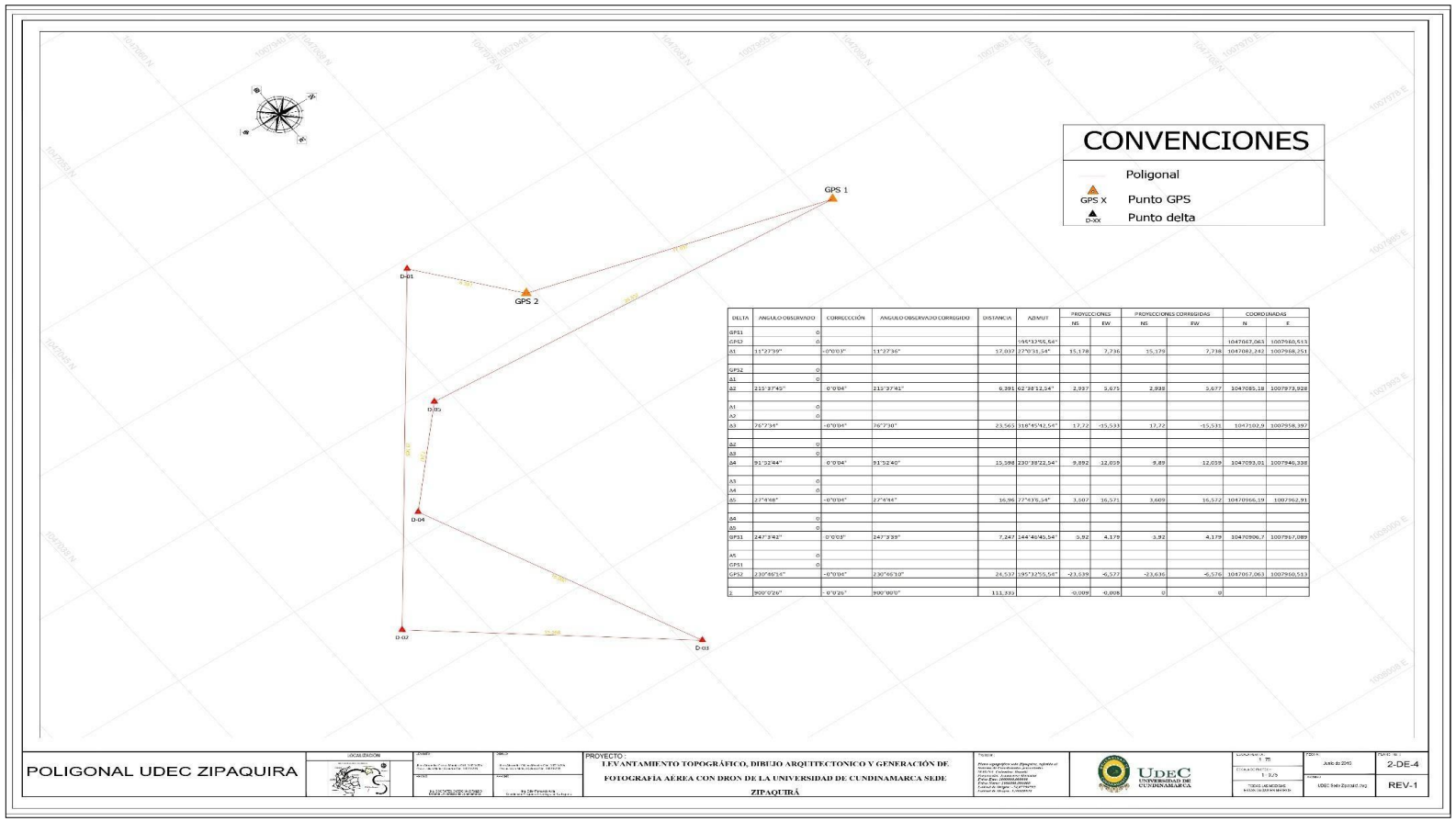


Imagen 42 - Modelo 3D

9. SALIDAS GRAFICAS Y RESULTADOS



DELTA	ANGULO OBSERVADO	CORRECCIÓN	ANGULO OBSERVADO CORREGIDO	DISTANCIA	AZIMUT	PROYECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		COORDINADAS	
						NS	EW	NS	EW	N	E
GPS1	0										
GPS2	0				195°32'55,56"					1047047,063	1007960,533
Δ1	15°27'39"	-0°0'03"	15°27'36"	17,037	279°31,14"	15,178	7,736	15,179	7,736	1047062,242	1007968,251
GPS2	0										
Δ1	0										
Δ2	213°37'45"	0°0'04"	213°37'41"	6,391	62°28'12,54"	2,937	5,675	2,938	5,677	1047085,18	1007973,928
Δ1	0										
Δ2	0										
Δ3	76°7'34"	-0°0'04"	76°7'30"	23,565	318°45'42,54"	17,72	-15,531	17,72	-15,531	1047102,9	1007958,397
Δ2	0										
Δ3	0										
Δ4	91°52'44"	0°0'04"	91°52'40"	15,598	230°38'22,54"	9,892	12,059	9,89	12,059	1047093,01	1007946,338
Δ3	0										
Δ4	0										
Δ5	27°4'48"	-0°0'04"	27°4'44"	16,96	77°6'6,54"	3,607	16,571	3,609	16,572	1047096,19	1007962,91
Δ4	0										
Δ5	0										
GPS1	247°3'42"	0°0'03"	247°3'39"	7,247	144°46'45,54"	3,92	4,179	3,92	4,179	1047096,7	1007967,089
Δ5	0										
GPS1	0										
GPS2	230°46'14"	-0°0'04"	230°46'10"	24,537	195°32'55,56"	-23,639	-6,577	-23,636	-6,576	1047057,063	1007960,533
Σ	900°0'26"	0°0'26"	900°00'0"	111,333		-0,009	-0,008	0	0		

Imagen 43 - Plano Poligonal

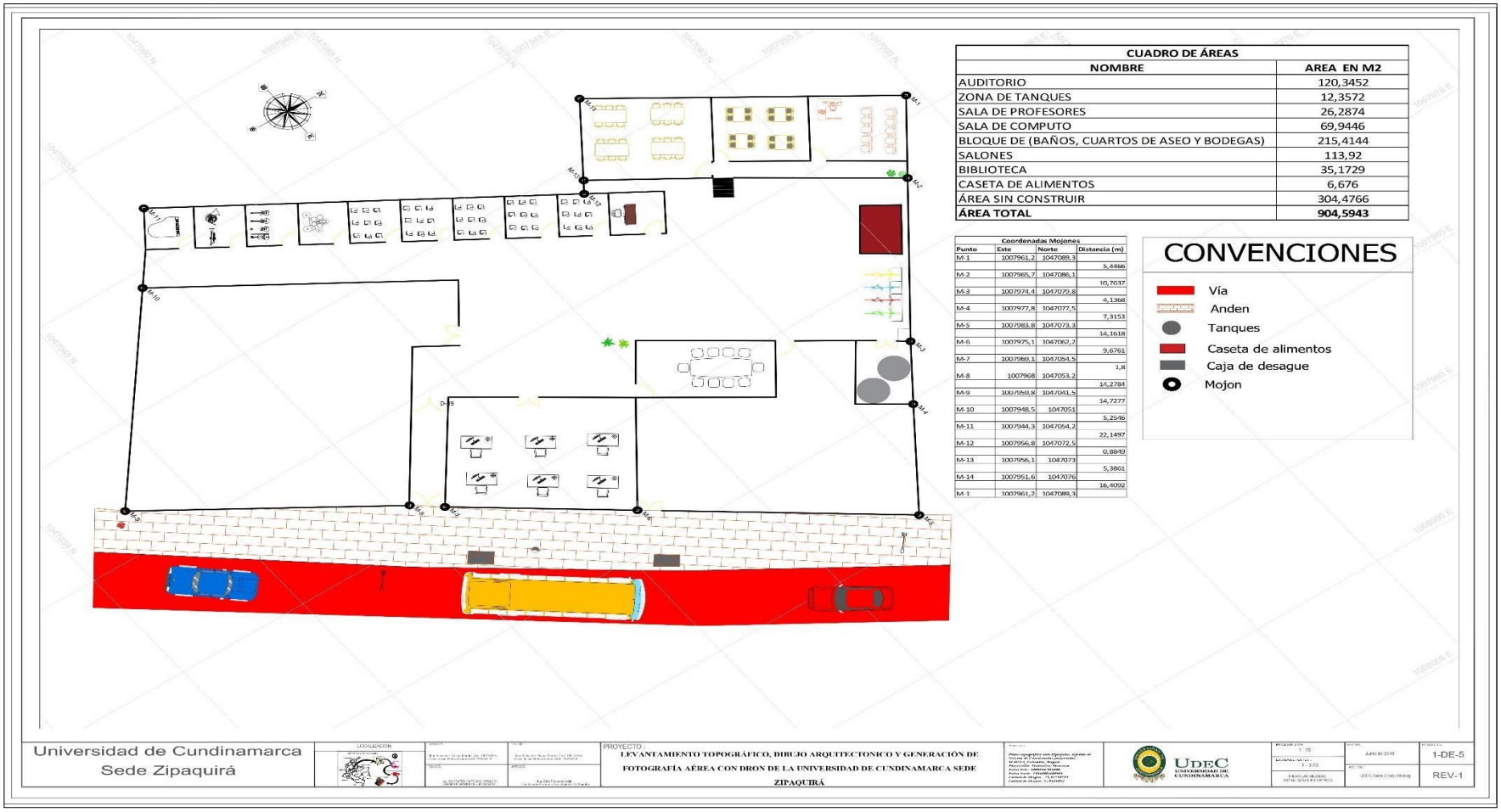
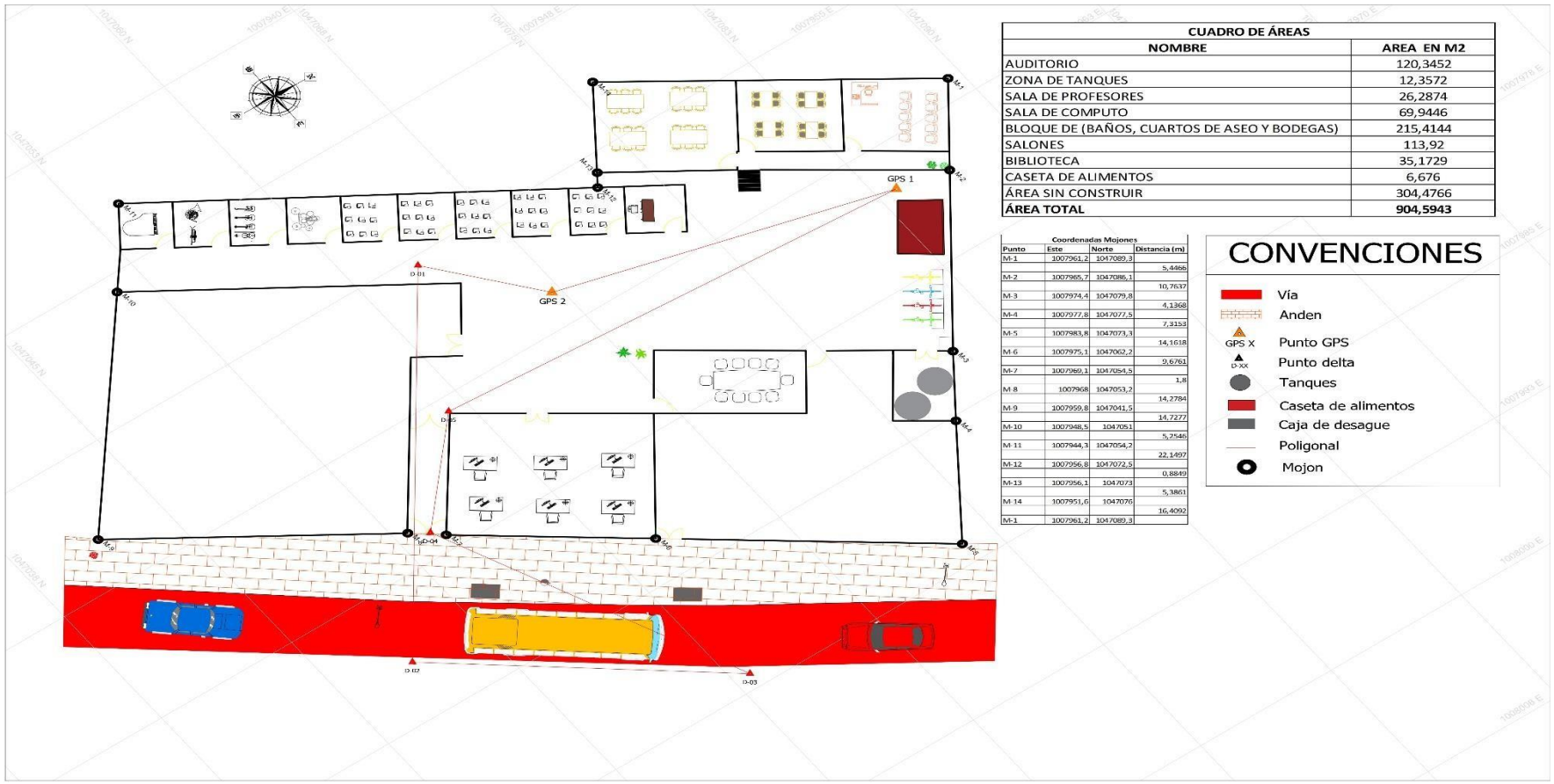


Imagen 46 - Plano Planimetrico



CUADRO DE ÁREAS	
NOMBRE	AREA EN M2
AUDITORIO	120,3452
ZONA DE TANQUES	12,3572
SALA DE PROFESORES	26,2874
SALA DE COMPUTO	69,9446
BLOQUE DE (BAÑOS, CUARTOS DE ASEO Y BODEGAS)	215,4144
SALONES	113,92
BIBLIOTECA	35,1729
CASETA DE ALIMENTOS	6,676
ÁREA SIN CONSTRUIR	304,4766
ÁREA TOTAL	**904,5943**

Coordenadas Mojones			
Punto	Este	Norte	Distancia (m)
M-1	1007961,2	1047089,3	
			5,4466
M-2	1007965,7	1047086,1	
			10,7637
M-3	1007974,4	1047079,8	
			4,1368
M-4	1007977,8	1047077,5	
			7,3153
M-5	1007983,8	1047073,1	
			14,1618
M-6	1007975,1	1047062,2	
			9,6761
M-7	1007969,1	1047054,5	
			1,8
M-8	1007968	1047053,2	
			14,2784
M-9	1007959,8	1047041,5	
			14,7277
M-10	1007948,5	1047051	
			5,2546
M-11	1007944,3	1047054,2	
			22,1497
M-12	1007956,8	1047072,5	
			0,8849
M-13	1007956,1	1047073	
			5,3861
M-14	1007951,6	1047076	
			16,4092
M-1	1007961,2	1047089,3	

Universidad de Cundinamarca
Sede Zipaquirá

LOCALIZACIÓN:

PROYECTO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DIBUJO ARQUITECTONICO Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA CON DRON DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE ZIPAQUIRÁ

UDEC UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

1 : 75
1 : 078
TODAS LAS MEDIDAS LISTAS EN UNIDADES SI

Junio de 2018
UDEC Sede Zipaquirá.dwg

3-DE-5
REV-1

Imagen 47 - Plano General

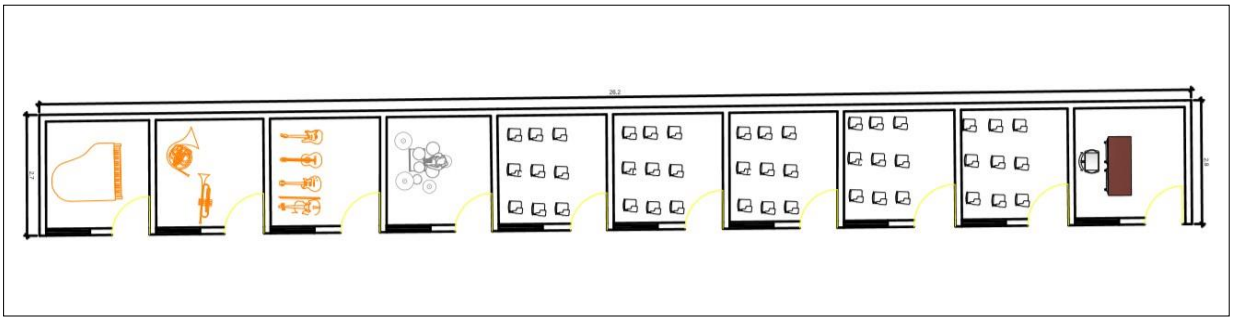


Imagen 48- Salones vista de planta general

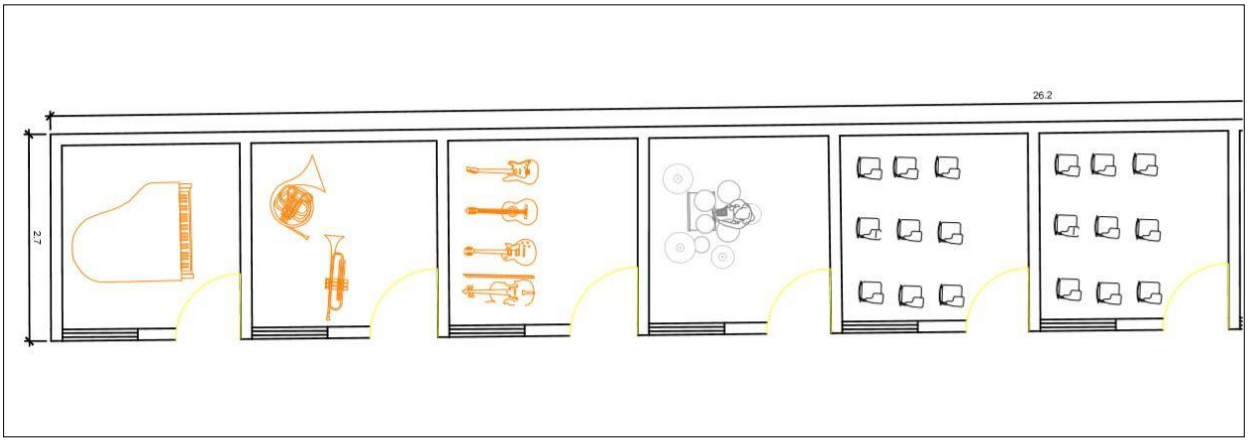


Imagen 49 - Salones vista de planta, parte izquierda

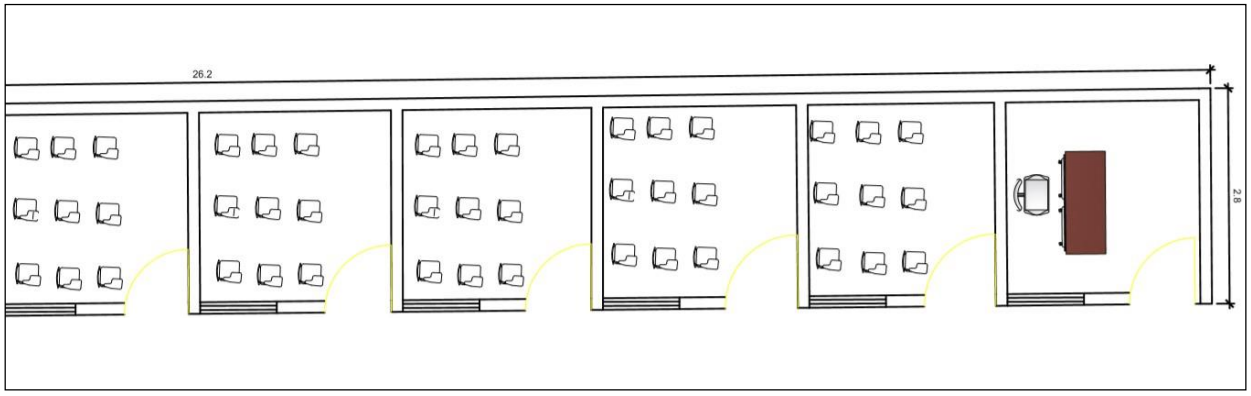


Imagen 50 - Salones vista de planta, parte derecha

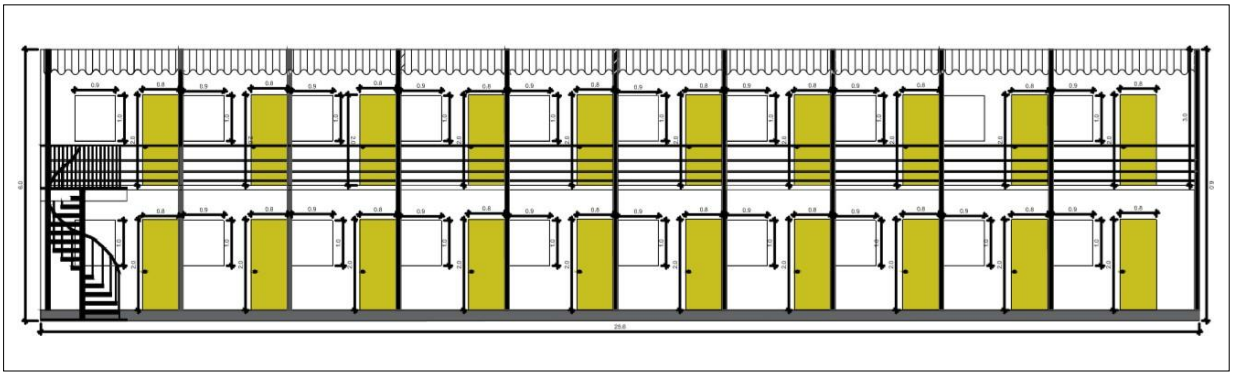


Imagen 51 - Salones vista de frente

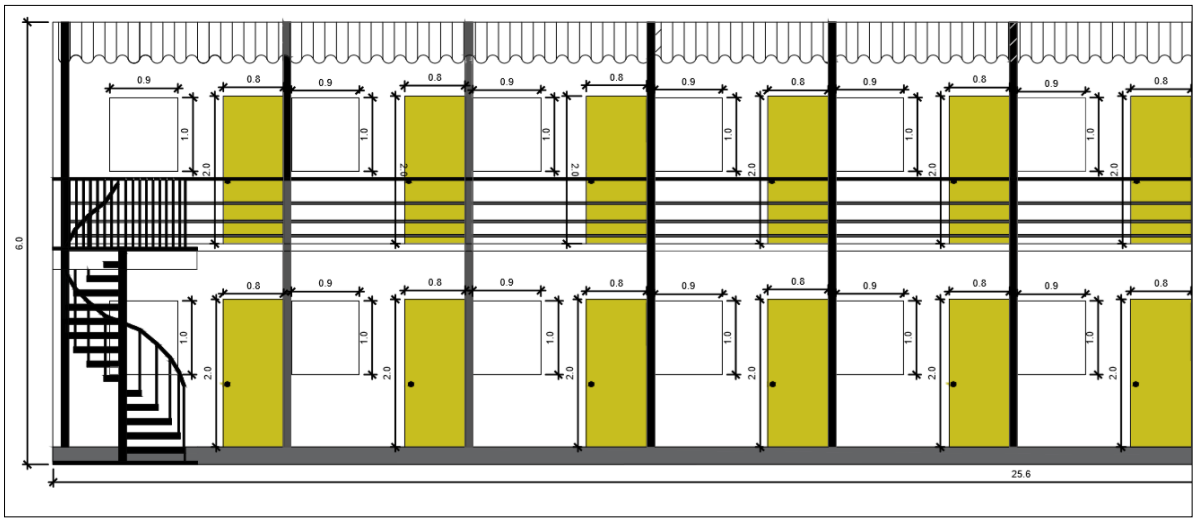


Imagen 52 - Salones vista de frente, parte izquierda

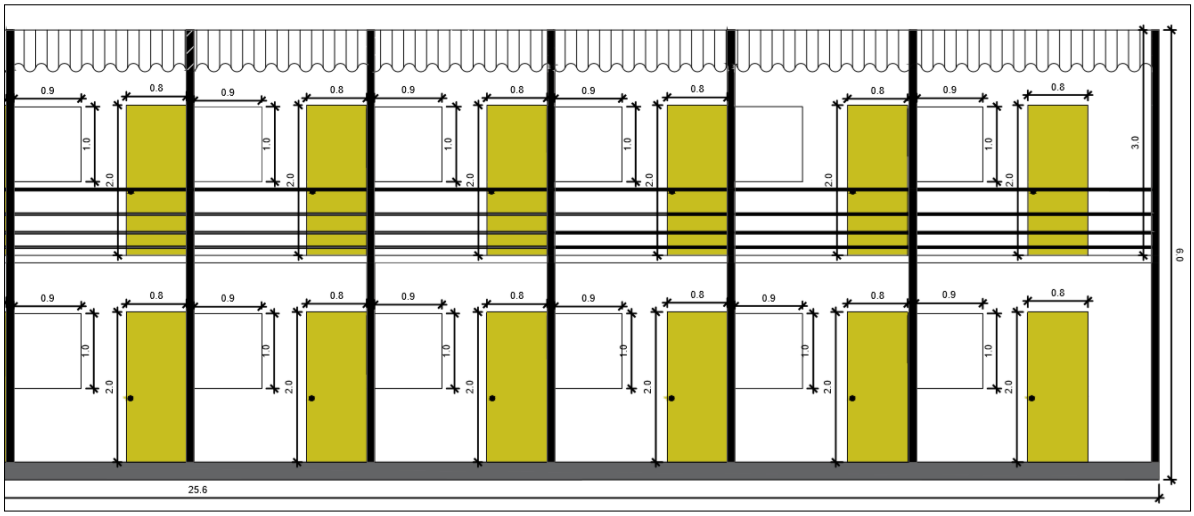


Imagen 53 - Salones vista de frente, Parte derecha

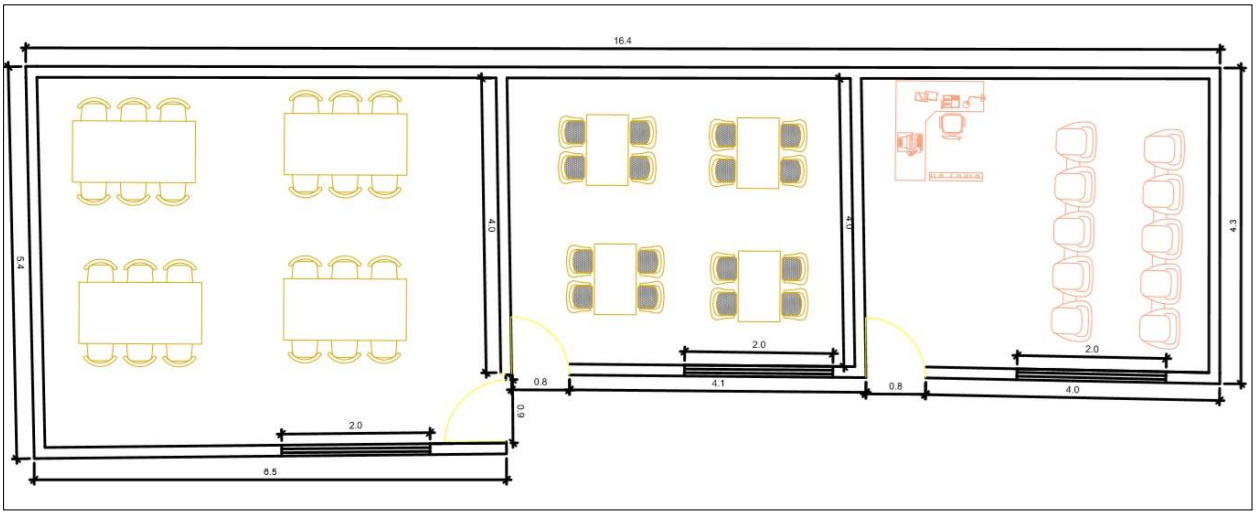


Imagen 54 - Biblioteca vista de planta

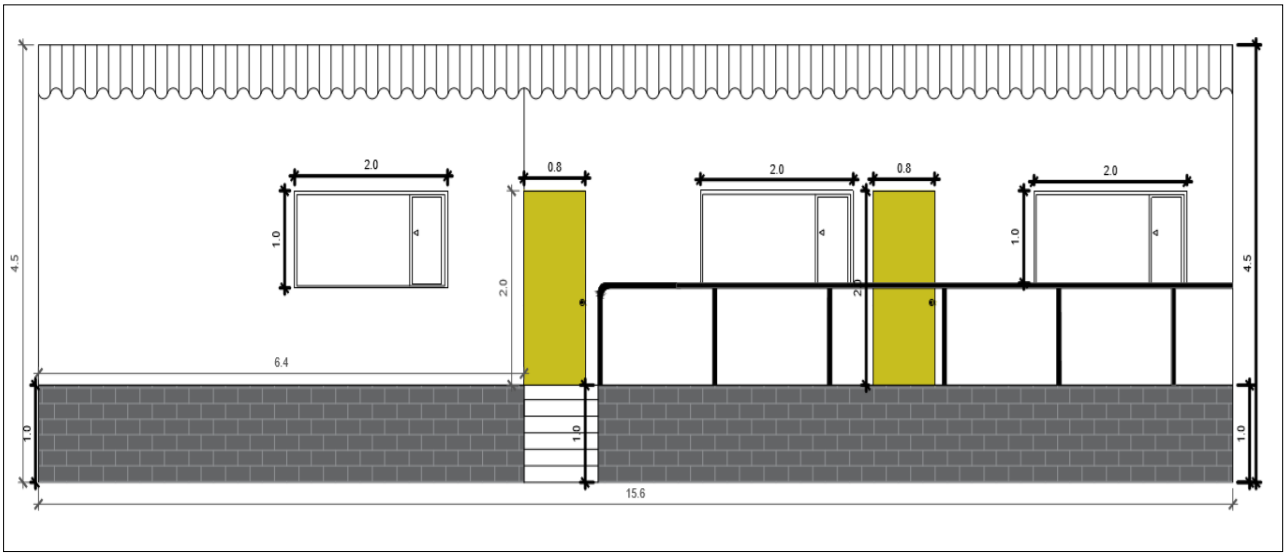


Imagen 55 - Biblioteca vista de frente

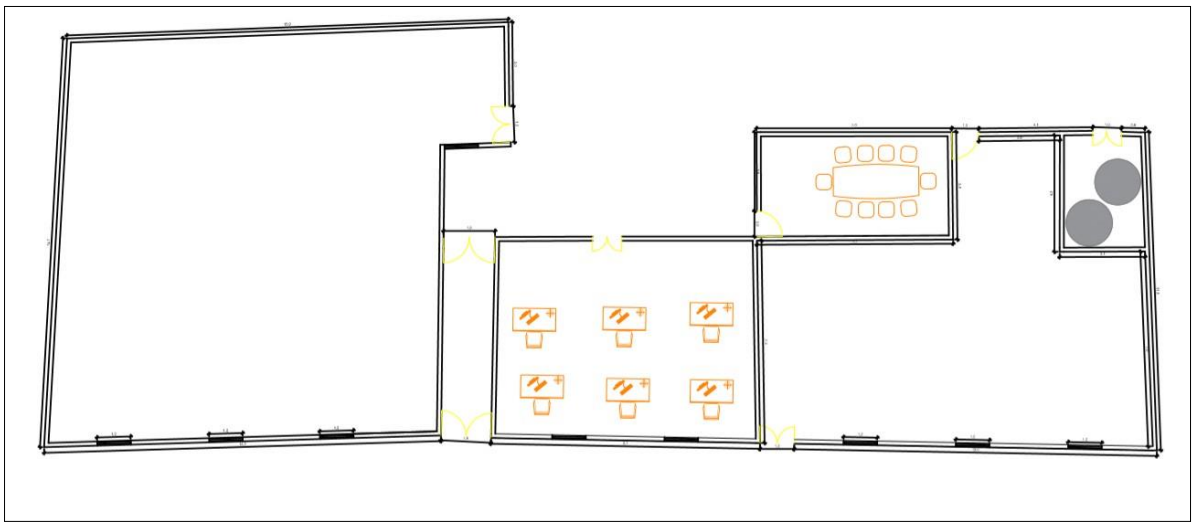


Imagen 56 - Fachada principal, vista de planta

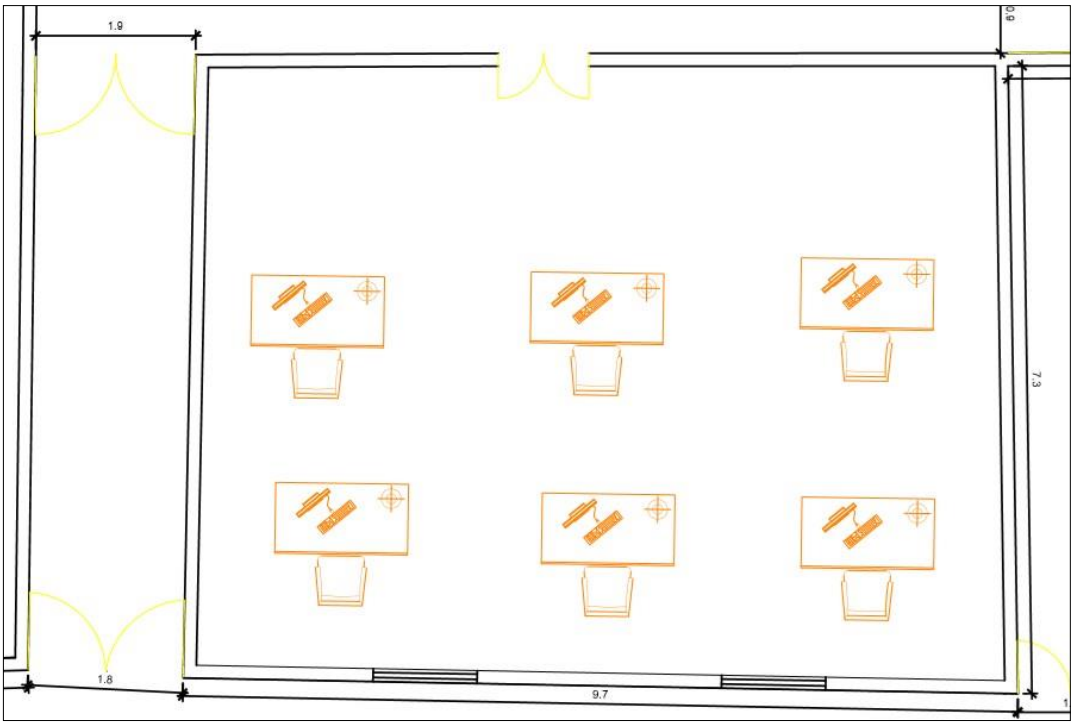


Imagen 57 - Fachada principal vista de planta, centro

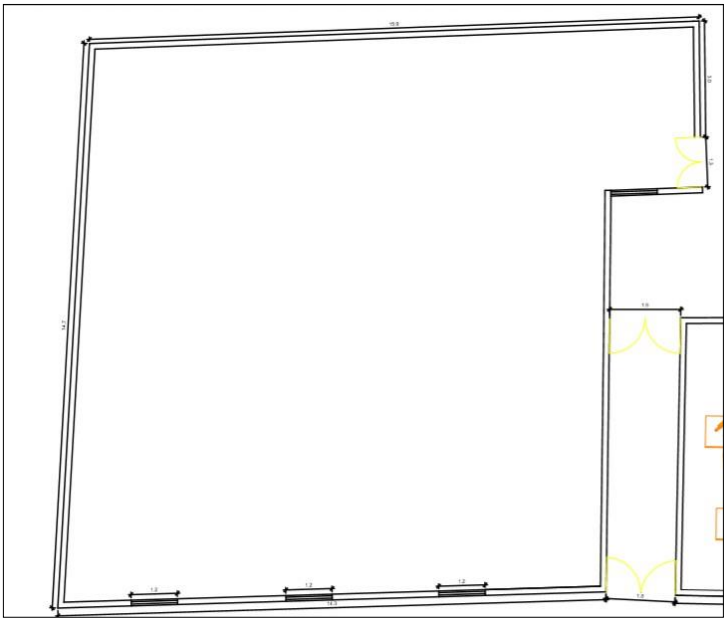


Imagen 58 - Fachada principal vista de planta, parte izquierda

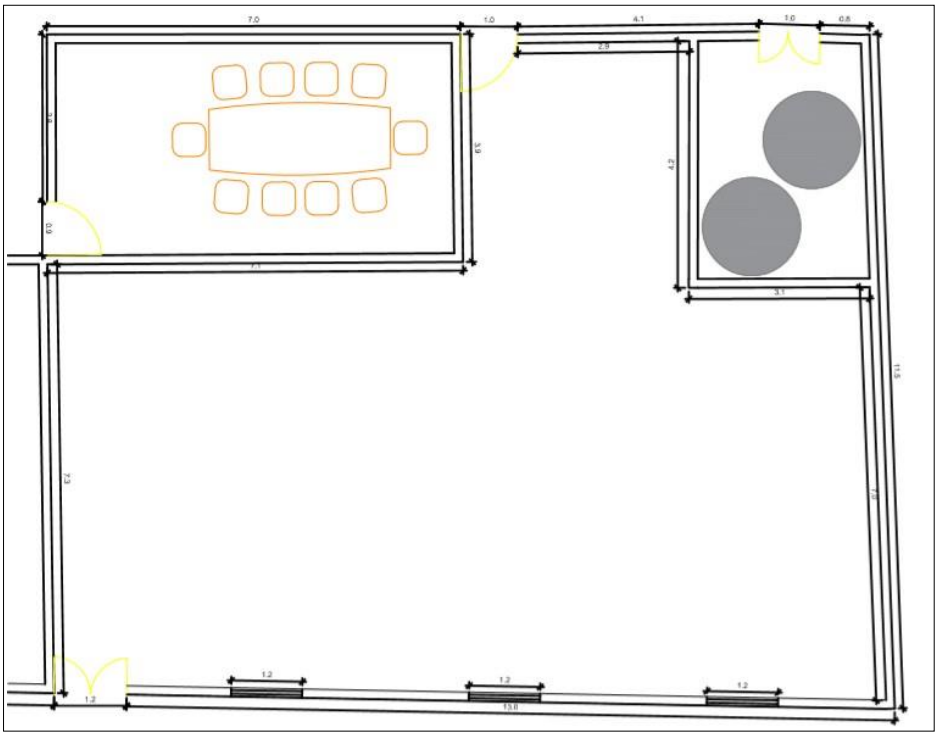


Imagen 59 - Fachada principal vista de planta, parte derecha

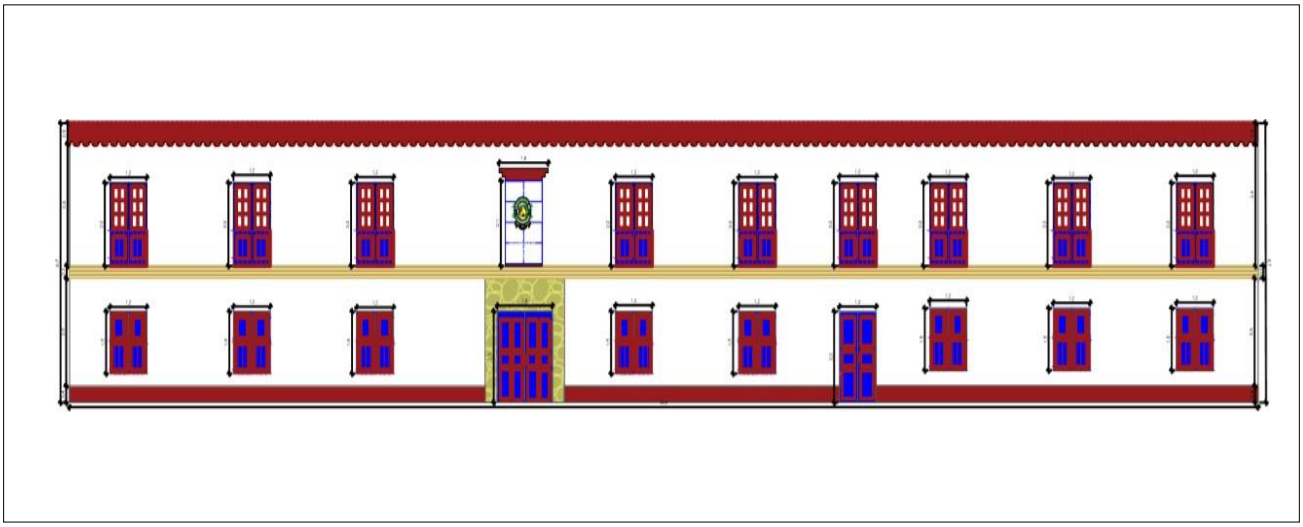


Imagen 60 - Fachada principal vista de frente

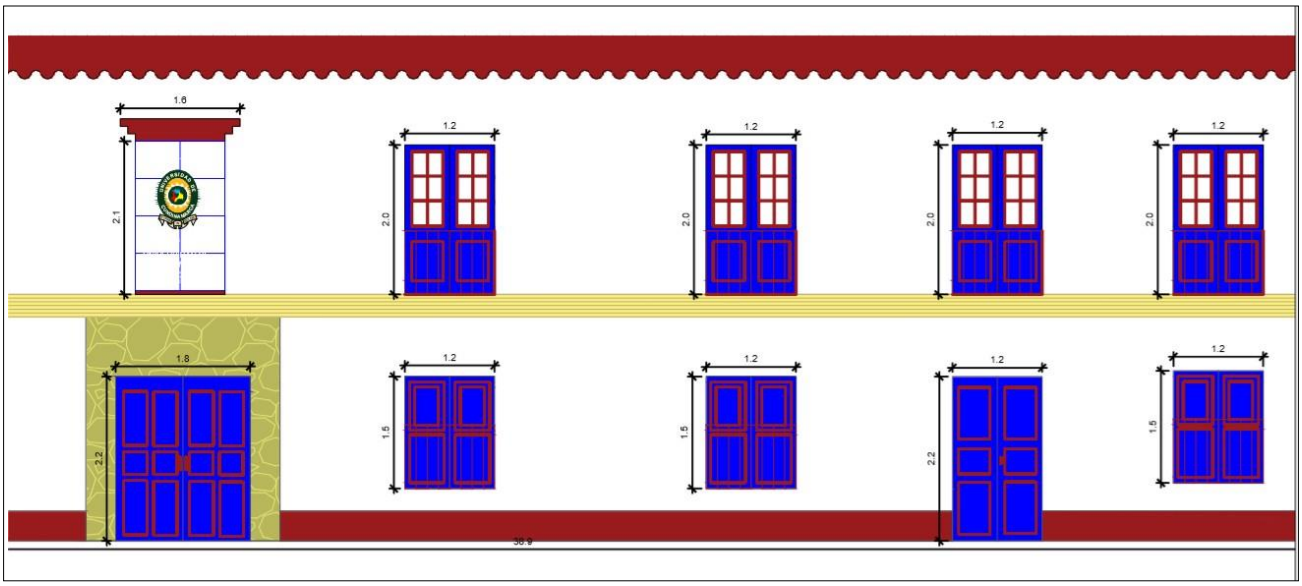


Imagen 61 - Fachada principal vista de frente, centro

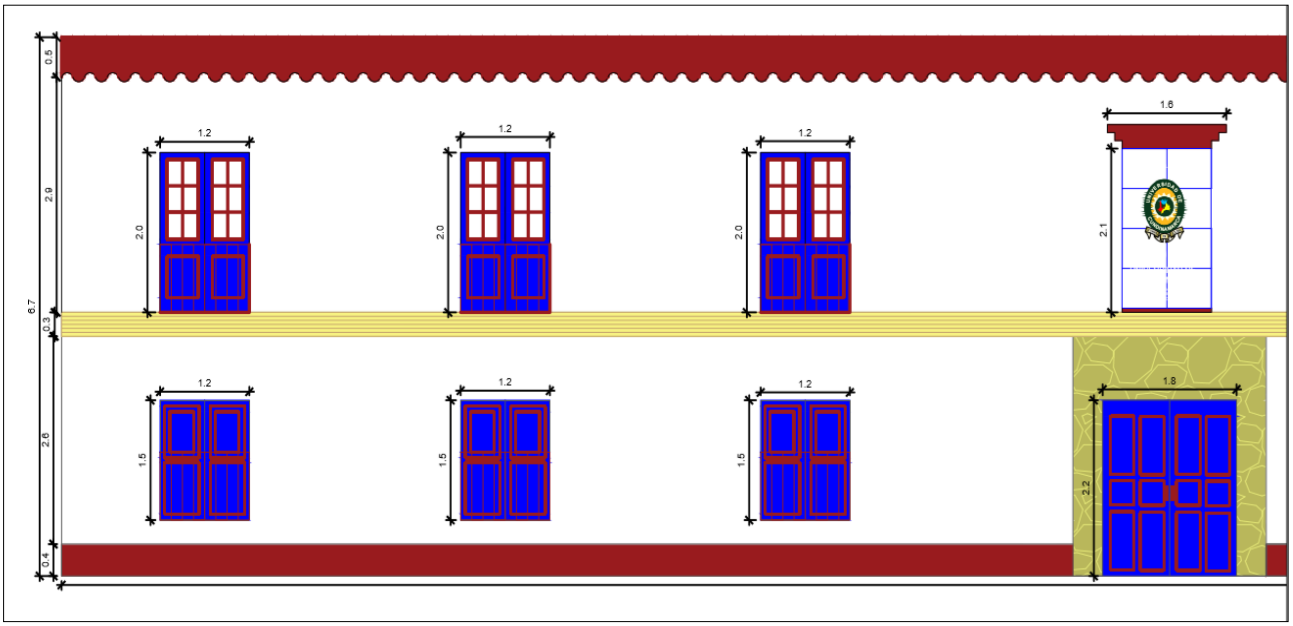


Imagen 62 - Fachada principal vista de frente, parte izquierda

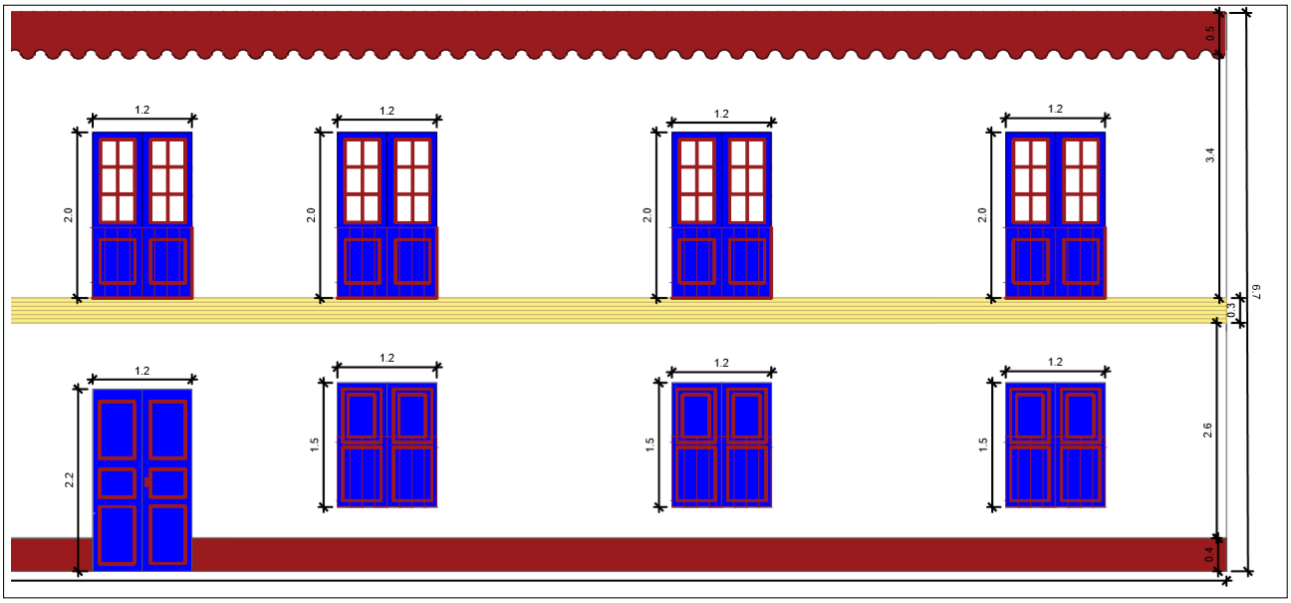


Imagen 63 - Fachada principal vista de frente, parte derecha

Imagen 64 - Salida grafica ortofotomosaico

Tabla 14 - Cuadro de Áreas

CUADRO DE ÁREAS	
NOMBRE	**AREA EN M2**
AUDITORIO	120,3452
ZONA DE TANQUES	12,3572
SALA DE PROFESORES	26,2874
SALA DE COMPUTO	69,9446
BLOQUE DE (BAÑOS, CUARTOS DE ASEO Y BODEGAS)	215,4144
SALONES	113,92
BIBLIOTECA	35,1729
CASETA DE ALIMENTOS	6,676
ÁREA SIN CONSTRUIR	304,4766
ÁREA TOTAL	**904,5943**

10. CONCLUSIONES

Este trabajo nos sirvió para poner en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas de clases, como fue el levantamiento por poligonales, ya que mediante cálculos obtuvimos los resultados esperados y se pudo hallar el perímetro, el área, las distancias, los azimuts de cada punto de la poligonal, por lo que se puede asegurar que el ejercicio se realizó de la mejor manera.

Terminado el levantamiento topográfico de la Universidad de Cundinamarca sede Zipaquirá se concluye que ya la Comunidad Udecina cuenta con una información topográfica detallada de dicha sede la cual les va a servir de ayuda si requieren en algún momento la ampliación, modificación o construcción de sus estructuras.

Cuando hay un terreno con poca área, lo más favorable es la realización de los dibujos arquitectónicos, ya que cuenta con medidas reales y se puede obtener una mejor visualización y una mejor identificación de la estructura.

Se puede concluir además que el cartógrafo con los conocimientos adquiridos durante el periodo de formación, presenta un perfil profesional competitivo en muchos campos de las ciencias de la tierra.

11. BIBLIOGRAFIA

Reyes Agudelo Alexander. 2017. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA BIBLIOTECA Y LA DIRECCIÓN GENERAL ADMINISTRATIVA DEL SENADO. En Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Farjas M. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS. En Topografía II asignatura y contexto.

IGAC (Bogotá 2015). LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS Y ESTÁNDARES PARA LEVANTAMIENTO PREDIAL RURAL. En División de Geodesia de la Subdirección de Geografía y Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Casanova Leonardo. 2017. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS (capitulo 7).

Cardozo Rojas Juan Sebastián, Arenas Acosta Jeniffer Alexandra. 2016. METODOLOGIA PARA LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIMETRICOS DE PREDIOS RURALES. En Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

López Elmer, Sánchez Jesús. 1982. DISEÑO BÁSICO.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2004. ADOPCIÓN DEL MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA MAGNA-SIRGAS COMO DATUM OFICIAL DE COLOMBIA.

Bengt Rystedt. 2008. Suecia. CARTOGRAFIA – INTERNATIONAL MAP YEAR.

Corredor Daza Juan Guillermo. IMPLEMENTACION DE MODELOS DE ELEVACION OBTENIDOS MEDIANTE TOPOGRAFIA CONVENCIONAL Y TOPOGRAFIA CON DRONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE UNA VIA EN REHABILITACION SECTOR TULUA-RIO FRIO. En Universidad Militar Nueva Granada.

Sergio Junior Navarro Hudiel. 2008. MANUAL DE TOPOGRAFÍA – PLANIMETRÍA.