

**ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA  
AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE  
FUSAGASUGÁ**



**CINDY XIMENA ESTRADA ORJUELA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
TECNOLOGIA EN CARTOGRAFÍA  
FUSAGASUGÁ  
2018**

**ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA  
AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE  
FUSAGASUGÁ**

**CINDY XIMENA ESTRADA  
COD: 190209124**

**DIRECTOR  
SOCRATES CARDONA GIRALDO  
Ingeniero Topográfico  
Especialista en Avalúos**

**“Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de  
tecnólogo en cartografía”**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
TECNOLOGIA EN CARTOGRAFÍA  
FUSAGASUGÁ  
2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**SÓCRATES CARDONA GIRALDO**  
**Director de proyecto**

---

**EDIER FERNANDO AVILA**  
**Jurado**

---

**LORENA BECERRA**  
**Jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Le doy gracias a DIOS, por permitir este nuevo logro de igual manera a mi madre y mis abuelitos y al motor de mi vida que es mi hija quienes siempre me apoyaron*

*Al profesor Sócrates Cardona director del proyecto de tesis gracias por su ayuda y comprensión durante este proceso, gran apoyo para la realización de esta tesis*

## **DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto a mi madre y mi abuelita, quienes me apoyaron  
y creyeron en mi*

*.Mi triunfo lo dedico a mi hija, mi familia, a ellos que a pesar de sus  
sacrificios, siempre estuvieron ahí, firmes deseándome lo mejor, a los que  
confiaron en mis actitudes y capacidades también a cada uno de los  
profesores que nos formaron durante estos años, especialmente al director de  
cartografía Edier Fernando Ávila y el director del proyecto Sócrates  
Cardona quien me impulso a terminar este proyecto*





## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	10
LISTA DE IMÁGENES .....	11
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	13
LISTA DE MAPAS .....	14
RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN .....	17
1. OBJETIVOS.....	19
1.1. Objetivo General.....	19
1.2. Objetivos Específicos.....	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. MARCO TEORICO.....	22
4.1. Sistema de Referencia.....	22
4.1.1. Sistema de Referencia Terrestre Geocéntrico .....	23
4.1.2. Sistemas de Referencias Geodésicos.....	23
4.2. Geodesia nacional. ....	24
4.3. Proyecto sirgas .....	24
4.4. TIPOS DE COORDENADAS.....	25
4.4.1. Sistema de referencia tridimensional y datum geodésicos .....	25
4.4.2. Coordenadas elipsoidales:.....	26
4.4.3. Coordenadas planas.....	26
4.5. Proyección cartográfica Gauss- kruger.....	26
4.6. Calculo de Coordenadas .....	28
4.6.1. Calculo de Coordenadas MAGNA SIRGAS .....	28
4.6.2. Calculo de coordenadas GAUSS- KRUGER.....	29
4.7. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.....	29
4.8. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EN TERRENO.....	29
4.9. DEFINICIÓN DE FOTOGRAMETRÍA .....	30



4.9.1.	Tipos de fotogrametría .....	30
4.9.2.	Vuelo fotogramétrico. ....	31
4.9.3.	Planeación. ....	31
4.9.4.	Cámaras utilizadas en los VANT .....	32
4.9.5.	Aplicaciones .....	33
4.10.	VANT (Vehículos Aéreos no Tripulados).....	34
4.10.1.	Definición VANT .....	34
4.10.2.	Clasificación de los VANT.....	34
4.10.3.	Regulaciones de los VANT en Colombia.....	35
5.	MARCO GEOGRÁFICO .....	38
5.1.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.....	38
5.2.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA. ....	39
6.	MARO LEGAL.....	41
7.	DESARROLLO METODOLOGICO .....	43
➤	Universo, población y muestra. ....	45
7.1.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	46
7.2.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	47
7.3.	GEORREFERENCIACIÓN .....	48
7.4.	pos proceso de los datos.....	50
7.4.1.	DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS.....	50
7.4.2.	REPRESENTACIÓN VECTORIAL.....	54
7.5.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	55
7.6.	SALIDAS GRÁFICAS Y PLANOS GENERADOS.....	65
7.7.	RESUMEN DE ÁREAS EXISTENTES.....	68
7.8.	TOMA DE LAS IMÁGENES AÉREAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO.....	70
7.8.1.	Descripción Del Equipo (Vant) Utilizado .....	70
7.8.2.	Especificaciones VANT utilizado Phantom 3 Professional .....	72
7.8.3.	Funciones generales del VANT Phantom 3 Professional .....	72
7.9.	PLANEACIÓN Y VUELO.....	75
7.9.1.	Alistamiento del VANT en oficina .....	75
7.9.2.	Trabajo previo al vuelo en campo.....	76
➤	Localización y Demarcación de Deltas de apoyo .....	76



7.9.3.	Planeación Vuelo.....	78
-	Sincronización, Configuración y Ejecución del Plan De Vuelo.....	78
7.10.	OBTENCIÓN DE RESULTADOS .....	79
7.10.1.	Descarga de la información .....	79
7.10.2.	Imagen de Muestra .....	80
7.10.3.	Procesamiento de las imágenes .....	80
7.10.4.	Importación de imágenes.....	81
7.10.5.	Selección de productos finales .....	81
7.10.6.	Selección de la proyección del sistema de coordenadas.....	82
7.10.7.	Localización de las líneas de vuelo y fotografías tomadas.....	82
7.10.8.	Vista previa Mosaico y MDS .....	83
7.11.	RESULTADOS.....	84
7.11.1.	Nube de puntos .....	84
7.12.	COMPARACIÓN DE DATOS .....	86
7.12.1.	Comparación Curvas de Nivel .....	86
7.12.2.	COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN EL LEVANTAMIENTO DE la universidad	87
8.	GLOSARIO.....	88
	PLANIMETRÍA.....	88
	ALTIMETRÍA. ....	88
	CURVAS DE NIVEL. ....	88
	MODELO DIGITAL DE TERRENO:.....	89
	ESTACIÓN TOTAL LEICA TC 605L.....	89
9.	ANEXOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
10.	CONCLUSIONES .....	92
11.	RECOMENDACIONES .....	93
12.	BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFÍA .....	94



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Orígenes MAGNA –SIRGAS .....	27
Tabla 2 Marco legal .....	41
Tabla 3 construcciones existente4s en la sede .....	45
Tabla 4 Coordenadas GPS 1 y GPS 2 .....	52
Tabla 5 Coordenadas deltas Poligonal 1 .....	59
Tabla 6 Coordenadas deltas Poligonal 2 .....	60
Tabla 7 Resumen de área existentes.....	68
Tabla 8 Cuadro de porcentaje de áreas. ....	69
Tabla 9. Especificaciones aeronave .....	72
Tabla 10. Funciones del VANT .....	73
Tabla 11 Comparación de metodologías.....	87



## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Estaciones usadas en Colombia IGAC. Fuente red+magna+sirgas+colombia 06-12-2017-10:53 .....	22
Imagen 2 Orígenes en Colombia Fuente Magna Sirgas.....	28
Imagen 3 VANT Recuperado de Manual SIRIUS Aerial Image UAS & MAVinci Desktop ..	31
Imagen 4 Cámaras Recuperado de <a href="https://www.sensefly.com/drones/ebee-ag.html">https://www.sensefly.com/drones/ebee-ag.html</a> .....	32
Imagen 5 Mapa de ubicación del municipio de Fusagasugá, elaboración propia. ....	38
Imagen 6 Localización Universidad de Cundinamarca, elaboración propia.....	39
Imagen 7 Universidad de Cundinamarca Fuente: Elaboración Propia .....	40
Imagen 8 Equipos GPS Trimble 5700 utilizados en el rastreo .....	46
Imagen 9 Estación Leica TC 605 L utilizada en campo .....	47
Imagen 10 Especificaciones IGAC, tipo mojón.....	49
Imagen 11 Consulta Base Activa Red Magna Eco. ....	50
Imagen 12 Equipos utilizados en el rastreo GPS 1 y GPS 2.....	51
Imagen 13 Correlación y traslape de tiempo de rastreo.....	52
Imagen 14 Correlación y traslape de tiempo de rastreo GPS 1 y GPS 2 .....	53
Imagen 15 Posición de los vectores (BOGA, GPS1,GPS2).....	54
Imagen 16 Imagen google Earth de los vectores generados. ....	54
Imagen 17 Posición de los vectores, GPS 1 y GPS 2.....	55
Imagen 18 Diagrama Poligonal 1.....	59
Imagen 19 Diagrama Poligonal 2.....	60
Imagen 20 Poligonales resultantes del levantamiento topográfico. ....	61
Imagen 21 Nube de puntos levantados.....	62
Imagen 22 Post proceso de los datos tomados en campo.....	63
Imagen 23 Dibujo correspondiente al auditorio.....	63
Imagen 24 Área aledaña a la cancha de futbol.....	64



Imagen 25 Zona aledaña al edificio administrativo .....	64
Imagen 26 VANT Phantom 3 Professional.....	71
Imagen 27 Puntos de Control (GCP) Referencia: Propia.....	76
Imagen 28 Descarga de las fotografías del VANT. Ver Anexo.....	79
Imagen 29 Importación de fotografías a Pix4D .....	81
Imagen 30 Selección de productos finales .....	81
Imagen 31 Selección del Sistema de Coordenadas de salida.....	82
Imagen 32 Líneas de vuelo y fotografías del VANT .....	83
Imagen 33 Vista previa Ortomosaico.....	83
Imagen 34 Producto nube de puntos - vista superior .....	84
Imagen 35 Producto final vista 3D. Ver Anexo.....	84
Imagen 36 Producto final MDS. Ver Anexo.....	85
Imagen 37 Producto final Ortomosaico. Ver Anexo.....	85
Imagen 38 Imagen Satelital de Google Earth de la Universidad año 2003.....	86
Imagen 39 Imagen Satelital de Google Earth de La Universidad actualizada a 2017 .....	86



## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Levantamiento zona de parqueaderos y auditorio Fuente: Propia.....	56
Fotografía 2 Toma de detalles con estación total. Fuente: Propia .....	57
Fotografía 3 Toma de detalles zona de parqueaderos. Fuente: Propia.....	58
Fotografía 4 Toma de detalles zonas verdes. Fuente: Propia.....	58
Fotografía 5 Demarcación Punto de Control GPS 2 .....	77
Fotografía 6 VANT en el punto de despegue.....	78
Fotografía 7 Despegue y configuración del sobrevuelo.....	78
Fotografía 8 Fotografía tomada desde el VANT.....	80



## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 Mapa de construcciones .....	65
Mapa 2 Curvas de nivel generadas cada 25 cm. ....	66
Mapa 3 Plano final UDEC. ....	67



## RESUMEN

Teniendo en cuenta la metodología adquirida en el área de topografía, se llevó a cabo un levantamiento planimétrico y altimétrico para generar la actualización cartográfica de la universidad de Cundinamarca seccional Fusagasugá, mediante el desarrollo de este proyecto se realizaron los procesos y actividades en campo cumpliendo con las especificaciones técnicas del IGAC (instituto geográfico Agustín codazzi), asignando un sistema de coordenadas establecidas para Colombia MAGNA-SISGAS (Marco Geocéntrico Nacional).

Posterior al reconocimiento en campo de las instalaciones, para determinar los detalles faltantes de la cartografía de la sede, se tomaron dos puntos existentes materializados en las instalaciones por estudiantes de otros semestres, fueron utilizados para el levantamiento topográfico mediante una poligonal cerrada con ceros atrás, tomando y graficando todos los detalles y la morfología del terreno.

Con este levantamiento planimétrico y altimétrico se elaboró el plano topográfico de la universidad de Cundinamarca seccional Fusagasugá, mediante el software AutoCAD de versión educativo.

Concluyendo el trabajo de campo en cuanto a la topografía, se procedió a realizar un vuelo fotogramétrico sobre el área de la universidad, con el fin de entregar un producto fiable a la sede para distintos usos y además hacer un comparativo con la topografía convencional.

**Palabras claves:** Morfología, Planimetría, altimetría, vuelo, fotografía aérea.

## ABSTRACT



Having in it counts the methodology acquired in the area of topography, there was carried out a planimetric and altimetric raising to generate the cartographic update of the university of sectional Cundinamarca Fusagasugá, by means of the development of this project the processes and activities were realized in field expiring with the technical specifications of IGAC.( Geographical institute Agustín codazzi), assigning a system of coordinates established for Colombia MAGNA-SISGAS (Marco Geocéntrico Nacional).

Later to the recognition in field of the facilities, to determine the lacking details of the cartography of the headquarters, there took two existing points materialized in the facilities for students of other semesters, were used for the topographic raising by means of the polygonal one closed with zeros behind, taking and graficando all the details and the morphology of the area.

With this planimetric and altimetric raising there was elaborated the topographic plane of the university of sectional Cundinamarca Fusagasugá, by means of the software educational AutoCAD of versión

Concluding the fieldwork as for the topography, one proceeded to realize a photogrametrical flight on the area of the university, in order to deliver a trustworthy product to the headquarters for different uses and in addition to do a comparative with the conventional topography.

Key words: Morphology, Mapping, altimetry, flight, aerial photography.



## INTRODUCCIÓN

El trabajo se desarrolló teniendo en cuenta una cartografía existente de la sede de Fusagasugá, con el fin de tener la actualización topográfica y cartográfica con un buen nivel de detalles, teniendo en cuenta que en los dos últimos años se ha presentado un desarrollo notable de las estructuras físicas de dicha sede, como lo son el edificio administrativo, el auditorio Emilio Sierra, la zona de parqueaderos y las vías de acceso.

Con dicha información espacial de la sede, los estudiantes y a la comunidad UDECINA en general, tendrán un método de orientación, además de información necesaria para el desplazamiento e identificación de los elementos físicos de la misma, se contara además con una imagen general de la sede, georreferenciada y generada con un DRON, para uso institucional y como insumo de localización para el personal que se encuentra en las instalaciones.

El proyecto es basado en la Topografía, el cual es un conjunto de instrumentos y procesos para representar de forma gráfica la superficie de un terreno con todos sus detalles de manera exacta midiendo distancias y alturas como también, ángulos horizontales y verticales. (Ministerio de Educacion Nacional , 2007-2016)

Haciendo un reconocimiento completo al terreno de la universidad de Cundinamarca seccional Fusagasugá, se determinó la utilización de dos puntos de referencia, los cuales fueron materializados y georreferenciados por estudiantes de semestres anteriores, se utilizaron para el levantamiento topográfico y los cuales hacen parte de la georreferenciación de la ortofoto de la sede.

La topografía es importante para el desarrollo de proyectos de infraestructura general o para el avalúo de un terreno, este se realizó mediante la aplicación de diferentes técnicas, procesos y conocimientos cartográficos como topográficos y de geoposicionamiento.

Este trabajo se amplía durante el post-proceso hecho en oficina gracias al manejo de los programas, Transit programa con el cual se descargan los datos de la estación total, CivilCad se utilizó para el desarrollo del plano altimétrico importando la nube de puntos en un formato DXF,



generando las curvas de nivel y asignando el valor a cada una, AutoCAD en él se desarrolla la unión y parte de diseño de la nube de puntos referenciados del proyecto para el dibujo y análisis de la información geográfica, necesaria para una correcta representación de un plano de detalles físicos naturales y artificiales del área de estudio, sin dejar de considerar los diferentes detalles físicos faltantes.

Para una buena representación se debe tener en cuenta todos los requerimientos necesarios para la ubicación en el terreno con respecto a lo realizado en el plano, bajo un completo uso de las técnicas y herramientas del software en la generación de los planos correspondientes a la actualización de la sede de Fusagasugá; adicional a esto se hará un sobre vuelo en la sede con el fin de tener una imagen georreferenciada que servirá de apoyo visual para estudiantes, directivos y personal en general.

Por último, se puede afirmar que el resultado de este proyecto podrá ser utilizado para la planificación y aprovechamiento de tipo académico, jurídico y legal, en el desarrollo de proyectos tendientes al mejoramiento, la proyección y promoción de los recursos físicos de la Universidad



## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la actualización topográfica detallada y una fotografía aérea del espacio físico de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá con cuyos resultados permitirá planificar, ejecutar y tener un desarrollo integral del terreno.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un levantamiento topográfico de las nuevas construcciones y elementos existentes en las instalaciones, para actualizar el plano topográfico.
- Determinar puntos con coordenadas ligadas al IGAC, para ser utilizadas en la poligonal y puntos de control para el vuelo fotogramétrico.
- Generar una imagen de las instalaciones de la sede de Fusagasugá, como insumo para uso institucional.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A medida que se generan necesidades en la educación, a nivel nacional, no somos ajenos a dicho tema, ya que nos encontramos en una posición importante a nivel departamental como lo es la universidad de Cundinamarca, la cual ofrece sus carreras no solo en la provincia o departamento sino también a nivel nacional.

Por esta razón debemos estar a la vanguardia en tecnologías de punta y en el desarrollo de las unidades físicas, con sus respectivas obras civiles, como vías, edificios, zonas de recreación, aulas, auditorios, entre otras.

- ✓ **Pregunta Problema** ¿Se hace necesaria la actualización cartográfica de la principal sede de la Universidad de Cundinamarca?



### 3. JUSTIFICACIÓN

Las instalaciones de la Universidad de Cundinamarca cuentan con un área total de 68.036,16 M<sup>2</sup>, debido al nivel de detalles faltantes por plasmar en el plano, se utilizaron métodos topográficos para la obtención de la información espacial ya que este permite la medición muy precisa de elementos nuevos como el auditorio, el edificio administrativo, los parqueaderos y vías de acceso.

Esta información topográfica del área física de la Universidad de Cundinamarca, permitirá planificar, ejecutar y tener un desarrollo integral del terreno, por esta razón, se necesitó llevar a cabo la elaboración del plano topográfico, es decir, generar altimetría y planimetría para apreciar o determinar la superficie del terreno. Esto con las bases o conocimientos adquiridos a través de la formación como tecnólogos en cartografía.

Los planos topográficos son 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 entidad gubernamental.

Además del plano topográfico actualizado, se hace necesaria la implementación de una imagen de la sede para la fácil ubicación del personal administrativo, estudiantado y visitantes y teniendo en cuenta el sistema de gestión de calidad, puede ser utilizado para los planos de evacuación en caso de emergencia.



## 4. MARCO TEORICO

### 4.1. SISTEMA DE REFERENCIA

Un sistema de referencia viene dado por un punto de referencia denominado origen y un sistema de coordenadas. El origen de coordenadas es el punto de referencia de un sistema de coordenadas y en él, el valor de todas las coordenadas del sistema es nulo.

En Colombia el IGAC está encargado de la organización encargado de determinar los sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético (Decretos No 2113/1992 y 208/ 2004). Inicio a partir de las estaciones SIRGAS la determinación de la Red Básica GPS, denominada MAGNA.

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

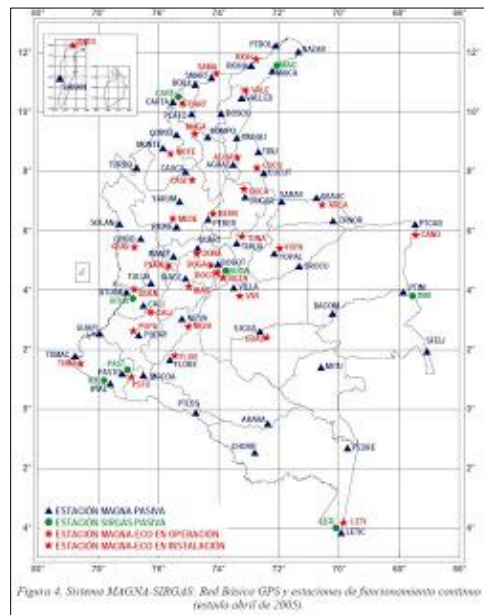


Imagen 1 Estaciones usadas en Colombia IGAC. Fuente red+magna+sirgas+colombia 06-12-2017-10:53



#### **4.1.1. Sistema de Referencia Terrestre Geocéntrico**

El sistema de referencia terrestre geocéntrico es el nombre genérico que se le da a los marcos de referencia que asignan su origen al centro de la masa de la Tierra. Estos están referidos a una época fija determinada y los puntos que los materializan están sobre la corteza terrestre.

(Alicarte, 2016).

#### **4.1.2. Sistemas de Referencias Geodésicos**

Sistemas de referencia geodésicos globales. GRS80 y WGS84

El Datum geodésico se definirá como el conjunto de parámetros que definen la posición de un elipsoide, para poder determinarlo se requiere conocer la geometría del elipsoide, su posición respecto al geo centró ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) y la escala. (Martin Furones, 2011). Cuando la posición del datum corresponde a:  $\Delta X = \Delta Y = \Delta Z = 0$ , se define como Datum Geodésico Global. (Alicarte, 2016).

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi, a través de la subdirección de Geografía y Cartografía – División Geodésica, se ocupa de la determinación la administración y el mantenimiento del Sistema de Referencia Geodésico Nacional, el cual proporciona los puntos de control horizontal y vertical necesarios para la ubicación y representación cartográfica de los diversos rasgos topográficos del territorio colombiano. (Sánchez R, (2004)).

Ha sido una necesidad para el IGAC, verificar la vigencia de los datos obtenidos, quiere decir que el Instituto le es preciso actualizar el sistema geodésico de referencia Datum Bogotá adoptado en 1941, por un sistema moderno compatible a nivel internacional y que soporte las técnicas actuales. ( (Sánchez R, (2004)) De esta manera se puede sostener altas precisiones ofrecidas para la fijación de coordenadas.

Las principales explicaciones que conducen a la adopción del datum geodésico MAGNA SIRGAS, como ahora sistema de referencia oficial son:



## **4.2. GEODESIA NACIONAL.**

Las inconsistencias entre los levantamientos modernos de los usuarios de IGAC y la información geodésica clásica, referida al Datum Bogotá suministrada por el instituto, se ha elevado debido a la obsolescencia del Datum Bogotá frente al posicionamiento GPS. (Sánchez R, (2004)). Esto quiere decir que la calidad se pierde al momento de realizar la transformación de la información al antiguo datum.

## **4.3. PROYECTO SIRGAS**

Organizaciones e institutos han sugerido la adopción de SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) como sistema oficial para el continente americano.

En varios países como en Argentina, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela se encuentran reemplazando los datum locales antiguos por las densificaciones correspondientes de SIRGAS. Lo que ha permitido demarcar fronteras internacionales. (Sánchez R. Laura. (2004)).

Por ello para que Colombia obtenga datos espaciales semejantes necesita desarrollo en materia de georreferenciación deben concordar con los estándares a nivel mundial.

Fuerzas armadas y organismos de seguridad

Las ejecuciones militares han adoptado como plataforma de referencia para sus operaciones el sistema WGS84 (World Geodetic System, 1984) equivalente al ITRF2000 (International Terrestrial Reference Frame, 2000), el cual ha sido densificado en América mediante SIRGAS y, en Colombia, mediante MAGNA-SIRGAS. (Sánchez R. Laura. (2004)). Lo cual facilita al país mayor desarrollo en las operaciones militares

Igualmente, para las organizaciones de aviación y navegación marítima y fluvial también establecen condiciones técnicas y la adopción de un datum geodésico es fundamental para no hallar inconsistencias en la georreferenciación de expediciones.



Según (Sánchez R. Laura. (2004) El IGAC como organización encargado a nivel nacional de determinar y establecer los parámetros y normas para consolidar la información bajo un control de calidad determina establecer los sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético, según el (Decretos No. 2113/1992 Y 208/ 2004) que inicio a partir de las estaciones SIRGAS, la determinación de la red básica GPS, denomina MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia) por estar referida a SIRGAS se denomina convencionalmente MAGNA SIRGAS).

#### **4.4. TIPOS DE COORDENADAS**

Los sistemas de referencia geodésicos basadas en la adopción de convenciones para definir un sistema de referencia geocéntrico tiene un origen de coordenadas en el centro de masas de la tierra.

Estos son:

- Posición del origen del geocentro.
- Ubicación del eje Z: que es el paralelo de eje de rotación de la tierra.
- Ubicación del eje X: que aparece en la intercepción del meridiano de Greenwich y por último el eje Y ubicado en el plano ecuatorial, perpendicular al eje XZ

MAGNA-SIRGAS como sistema de referencia oficial para Colombia es importante hacer un énfasis en algunos aspectos técnicos considerados en la definición de coordenadas, sus tipos y utilización. (Sánchez R, (2004))

##### **4.4.1. Sistema de referencia tridimensional y datum geodésicos**

Un sistema de referencia es un modelo, este es materializado mediante puntos reales que son un (marco de referencia) cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado. (IERS, (2000))



Si el origen de coordenadas del sistema  $[X=0, Y=0, Z=0]$  coincide con el centro de masas terrestre este se define como Sistema Geocéntrico de Referencia o Sistema de Coordenado Geocéntrico mientras que, si dicho origen esta desplazada del geocentro, se conoce como Sistema Geodésico Local. (Vanicek and Steeves 1996).

Estas posiciones se pueden decir que son coordenadas curvilíneas latitud y longitud, las cuales requieren de elipsoide de referencia la orientación y ubicación del elipsoide asociado a un sistema coordenado  $[X, Y, Z]$  se conoce como Datum Geodésico. (Sánchez R. Laura. (2004)).

#### **4.4.2. Coordenadas elipsoidales:**

Conocidas también como geográficas o curvilíneas, que corresponden a latitud y longitud, las cuales se expresan en el sistema sexagesimal de grados minutos y segundos.

La latitud se define como el ángulo entre el plano ecuatorial y la normal al elipsoide que pasa por el punto de interés es positiva hacia el norte de la línea ecuatorial y negativa hacia el sur y la longitud es el ángulo que se encuentra medido sobre el plano ecuatorial, entre el meridiano de referencia (Greenwich) y el meridiano del punto de interés que es positiva al este de Greenwich y negativa hacia el oeste. (Sánchez R. Laura. (2004)).

#### **4.4.3. Coordenadas planas**

Tanto las coordenadas tridimensionales o sistemas elipsoidales tienden a tener un problema en el desarrollo de las aplicaciones, ya que la extensión de un segundo de arco en longitud y en menor medida la de un segundo de latitud, sobre la superficie terrestre varia de una latitud a otra. De manera que la representación de la superficie sobre un plano mediante un sistema bidimensional de coordenadas rectangulares, llamado Sistema de Proyección Cartográfica el cual muestra la correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre. (Sánchez R. Laura. (2004)).

### **4.5.PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA GAUSS- KRUGER.**



En Colombia la proyección oficial es sistema Gauss Kruger que consiste que el formato entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser estas proyectadas sobre el plano.

Los meridianos y los paralelos se interceptan, pero no son líneas rectas, sino curvas complejas con excepción del meridiano centro y el paralelo de referencia. Ello permite representar de manera constante sobre el meridiano central, pero cambia al alejarse de aquel, deformándose en función de longitud. (Sánchez R, (2004)).

El sistema de proyección UTM (Universal Transverse Mercator) corresponde con Gauss Kruger, con la diferencia de un factor de escala equivalente a  $m=0,9996$  para el meridiano central.

Tabla 1 Coordenadas Orígenes MAGNA –SIRGAS.

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá-MAGNA	4° 35' 46,3215"	74° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central - MAGNA	4° 35' 46,3215"	71° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este - MAGNA	4° 35' 46,3215"	68° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	77° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	80° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0

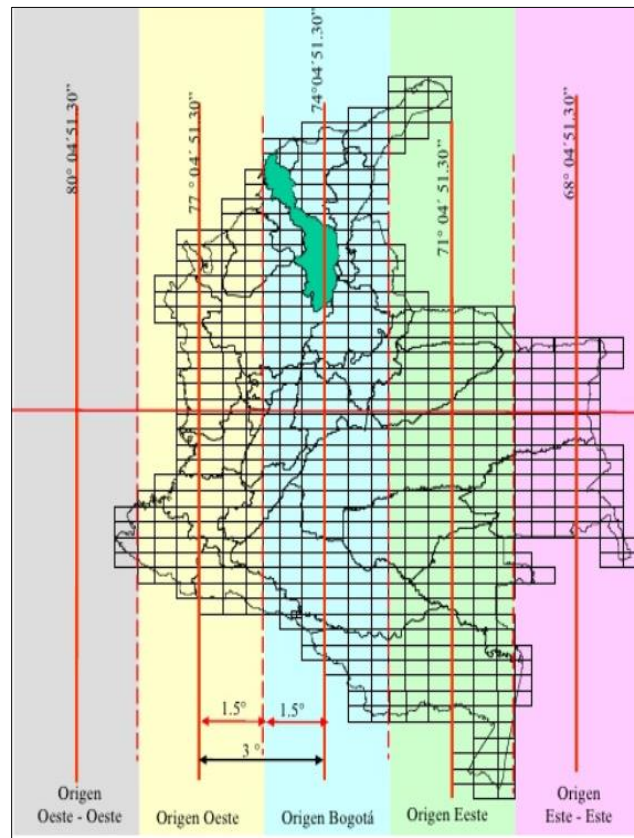


Imagen 2 Orígenes en Colombia Fuente Magna Sirgas

## 4.6. CALCULO DE COORDENADAS

### 4.6.1. Calculo de Coordenadas MAGNA SIRGAS

Verificar que la se encuentre referida al sistema de referencia oficial para Colombia MAGNA-SIRGAS, coincide con SIRGAS Y WGS84, antes de realizar el cálculo de las coordenadas.

Los resultados se encuentran en grados decimales de latitud y longitud. Pero la longitud esta con el signo negativo (-) lo que indica que la longitud esta medida al oeste del meridiano cero, si se encuentra el punto en el extremos sur, pueda que tenga el signo negativo (-) en la latitud por estar debajo del paralelo de origen.



#### **4.6.2. Cálculo de coordenadas GAUSS- KRUGER**

Para la verificación se calculan las coordenadas planas para el punto, con herramienta el aplicativo para la conversión y transformación de las coordenadas MAGNA SIRGAS PRO, con este insumo podemos rectificar el origen si es correspondiente a la posición exacta del punto de interés.

#### **4.7. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.**

Los sistemas de posicionamiento global o GPS, se basan en la medición de distancias a partir de señales de radio transmitidas por un grupo de satélites artificiales cuya órbita se conoce con precisión, captadas y decodificadas por receptores ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar. Si se miden las distancias de al menos tres diferentes satélites a 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 Matera, TOPOGRAFIA PLANA., 2012).

#### **4.8. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EN TERRENO.**

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).



Con una estación total electrónica se pueden obtener y medir distancias, ángulos verticales y horizontales; e internamente, con el micro procesador programado, se puede calcular las coordenadas topográficas (norte, este, elevación) de todos los puntos visados. Estas herramientas poseen también tarjetas magnéticas para almacenar datos, los cuales pueden ser cargados en el computador y utilizados con el programa de aplicación seleccionado. (Cordoba M., 2014)

Las coordenadas de los puntos son procesadas directamente por la estación total y archivados en formato digital, para luego ser leídas por diferentes programas de cartografía, diseño geométrico y edición gráfica y finalmente ser impresa por el programa de aplicación utilizado. (Casanova Matera, TOPOGRAFIA PLANA., 2012).

#### **4.9. DEFINICIÓN DE 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)

##### **4.9.1. Tipos de fotogrametría**

Existen varias formas de hacer 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 cuando las estaciones se encuentran en el aire. 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. (Wikipedia, 2015)

#### 4.9.2. Vuelo fotogramétrico.

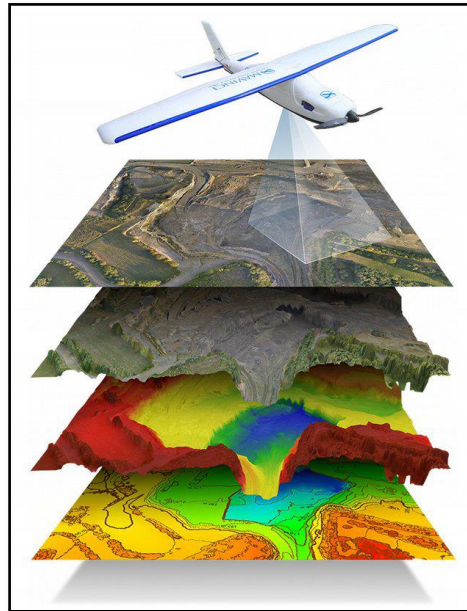


Imagen 3VANT Recuperado de Manual SIRIUS Aerial Image UAS & MAVinci Desktop

#### 4.9.3. Planeación.

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).

#### 4.9.4. Cámaras utilizadas en los VANT

Las cámaras fotográficas a bordo de los VANT son uno de los principales componentes de sistema fotogramétrico. A continuación se menciona algunas referencias de cámaras (Figura 11) disponibles para la toma de fotografías.



Imagen 4 Cámaras Recuperado de <https://www.sensefly.com/drones/ebee-ag.html>

- S110 NIR: adquiere datos de imagen en la banda del infrarrojo cercano, la región donde se produce una elevada reflexión de la planta. Aplicaciones: indicación de la biomasa, la vigilancia del crecimiento, la discriminación de los cultivos, el área foliar de indexación.
- S110 RE: adquiere datos en la banda de borde rojo, la región donde los cambios de reflectancia de una planta de bajo a alto. Aplicaciones: estrés de las plantas y de evaluación de la sequía, la indicación de la clorofila, de análisis de la senescencia.
- S110 RGB: adquiere datos de imagen regulares en el espectro visible. Aplicaciones: color verdadero 2D y 3D de representación visual, indicación de la clorofila, la evaluación de drenaje.
- Multispec 4C: Esta unidad de sensor de última generación, desarrollado por especialistas en agronomía Airinov, adquiere datos a través de cuatro bandas de alta precisión.



Aplicaciones: indicación de la biomasa, la indexación de área foliar, la recomendación de nitrógeno, fenología y muchos más.

- thermoMAP: Con thermoMAP que, literalmente, puede tomar la temperatura de su cosecha, captura de vídeo térmica y / o imágenes fijas para crear mapas térmicos completos de sus campos. Aplicaciones: gestión de distribución de agua, corrientes de riego, método alternativo de análisis de estrés de la planta.
- En desarrollo Sequoia: es el más pequeño, más ligero sensor multiespectral se han publicado. Captura imágenes a través de cuatro bandas espectrales definidas, visibles y no visibles, además de las imágenes RGB, en un solo vuelo. (Sensefly, 2016)

#### **4.9.5. Aplicaciones**

Dentro de las aplicaciones topográficas, además de la generación de los modelos digitales del terreno y de superficie, actualmente se está desarrollando otros productos como:

- Cálculo de volúmenes de minas a cielo abierto, diseño y planificación de comunicaciones. Cartografía de vías de comunicación, autopistas, carreteras etc.
- Cartografía de daños ejecutada de forma rápida después de un desastre natural, terremotos, inundaciones, huracanes etc.
- Estudio y planeamiento forestal: adecuados para el inventario forestal, gestión y monitorización de bosques, planificación y mejora de infraestructuras, planeamiento de sistemas de drenaje y fertilización, análisis y estudio del potencial de erosión. Obtención de parámetros forestales como altura de árboles de la diferencia entre el MDS y MDT, diámetros de árboles, densidad y biomasa, determinación de zonas forestales, análisis de riesgos de incendio
- Modelización de cuencas hidrográficas, definición de zonas inundables, perfiles longitudinales y transversales, modelos hidráulicos, definición del límite de dominio público hidráulico. Gestión y monitorización de costas, estudios de evolución de estuarios



y deltas, evaluación de daños, estudios de cambios y erosión costera, desplazamiento de dunas, delimitación del dominio público marítimo-terrestre.

- Cartografía y gestión de líneas eléctricas, vectorización e inventario de estas líneas, posicionamiento de pilares, visualización 3D análisis de riesgos de incendio a partir de la generación de un modelo de los cables de las líneas eléctricas. (Instituto Geográfico Nacional - Gobierno de España, 2008)
- Entre otras.

## 4.10. VANT (VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS)

### 4.10.1. Definición VANT

VANT, sigla de Vehículos Aéreos No Tripulados en español, o su traducción en inglés Unmanned Aerial Vehicle (UAV), o su definición más conocidos en la sociedad como Dron, son equipos compuestos de sistemas electrónicos y mecánicos que vuelan sin tripulación a bordo, pero que pueden ser controlados mediante una computadora o un mando a distancia cuyo peso en el despegue es inferior a 25 kg.

Actualmente hay una gran variedad de marca, modelos y tamaños de VANT con múltiples aplicaciones tanto de uso militar como civil.

### 4.10.2. Clasificación de los VANT

Los VANT se pueden clasificar de acuerdo a su diseño y sus aplicaciones. Independientemente del modelo, marca, diseño o aplicación todos deben contar con sistema de posicionamiento GPS facilitando la operación y programación.

**Diseño:** Los VANT pueden clasificarse en vehículos aéreos multi-rotor o de ala fija.

**Multi-rotor:** Se define como aquel vehículo aéreo que utiliza mínimo 4 motores y hélices para su desplazamiento, girando de manera sincronizada permitiendo su desplazamiento en todas las



direcciones. Estos vehículos aéreos pueden ser piloteados mediante un control remoto o una computadora permitiendo seguimiento de una ruta o localización específica, siempre asistidos por el sistema de posicionamiento GPS.

**Ala Fija:** Este tipo de vehículos aéreos son diseñados generalmente basados en aviones convencionales, con un motor ubicado en la parte frontal o posterior y controlando sus movimientos o desplazamientos en el aire por medio del movimiento de parte de sus alas. Por la sencilla razón de que la cantidad de motores se reduce a 1, la autonomía del tiempo de vuelo se incrementa en cierto porcentaje.

Dependiendo del objetivo para el cual va a ser utilizado, es recomendable seleccionar el modelo que mejor se adapte y cumpla con su fin.

**Aplicaciones:** Los VANT también se pueden clasificar de acuerdo a su uso.

- Militar
- Cartográfico
- Exploración
- Entretenimiento
- Prevención
- Búsqueda y Rescate
- Monitoreo y control

#### **4.10.3. Regulaciones de los VANT en Colombia**

Actualmente por inconvenientes con VANT a los cuales no se les ha dado el uso correcto, la Autoridad Aeronáutica Civil de Colombia como autoridad en la materia, publicó en gaceta oficial el 3 de septiembre de 2015 la circular reglamentaria No. 002 “REQUISITOS GENERALES DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIONES PARA RPAS (Numeral 4.25.8.2)” donde se



regula la operación de las **Aeronaves Pilotadas a Distancia RPAS** con uso diferente a la recreación y el deporte.

En dicha regulación se establecen los parámetros y condiciones mínimas para la “aeronavegabilidad” u operación de este tipo de vehículos aéreos en Colombia. A continuación se citan las restricciones que son emitidas para preservar la seguridad e integridad de las personas y el entorno en el cual se opera los VANT en Colombia.

Su operación se autorizará exclusivamente en horario diurno y en Condiciones meteorológicas de vuelo visual.

(a) Sus hélices o rotores no podrán ser metálicas.

(b) Deben estar equipados con al menos:

1. Sistema de Piloto automático (No para vuelo autónomo, sino para asistir al operador, facilitar la estabilización o efectuar la recuperación del aparato en caso de ser necesario)
2. Sistema GPS.
3. Sistema de lanzamiento y recuperación en condiciones normales de operación (ej. tren de aterrizaje, airbag, paracaídas, red, etc.)
4. Sistemas para la Seguridad en vuelo (ej. Recuperación con capacidad de programación de operación autónoma - Return to Home en caso de emergencia, falla del motor o la hélice - Fail-safe function, etc).

(c) Su estación de pilotaje a distancia, permite el control (vía radio) del aparato en todas sus fases de vuelo y provee información sobre sus condiciones de operación (Altitud, rumbo, velocidad, actitud de vuelo, distancia al operador, capacidad de Seguimiento del vuelo, monitoreo de batería y estado del enlace etc.). Se deberá tener un radio receptor para escucha de frecuencias aeronáuticas de comunicaciones. ( Para aeronaves pequeñas entiéndase la Estación como la maleta, consola o sistema de control de radio de la RPA)



(d) Sus sistemas de radio control, de transmisión y recepción de datos o imagen no deberán causar ningún tipo de interferencia a otros tipos de sistemas o actividades aeronáuticas o no aeronáuticas.

(e) Su sistema moto propulsor no debe generar ruido excesivo o contaminación.

(f) Contar con instructivos o manuales técnicos y de operación.

(g) Los colores exteriores de la RPA la hacen claramente visible y detectable a distancia. Adicionalmente es importante que la aeronave tenga adherido un placard con el nombre del Explotador de la RPA y datos de contacto para identificar la aeronave y el responsable en caso de accidente, incidente o violación a la norma.” (Autoridad Aeronautica Civil , 2015)

## 5. MARCO GEOGRÁFICO

### 5.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.

El municipio de Fusagasugá se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la cordillera oriental de los andes colombianos, al sur–occidente del departamento de Cundinamarca, con coordenadas geográficas: 4° 20´ 00" de latitud Norte y 74° 21´ 00" de longitud Oeste. Cuenta con una extensión total de 204 kilómetros cuadrados, de los cuales 191 kilómetros cuadrados conforman su área rural y 13 kilómetros cuadrados su casco urbano. Limita al norte con los municipios de Silvania y Sibate, al oriente con Pasca y Sibate, al sur con Arbeláez e Icononzo (Tolima) y por ultimo al occidente con Icononzo (Tolima), Tibacuy y Silvania.



Imagen 5 Mapa de ubicación del municipio de Fusagasugá, elaboración propia.

El territorio Fusagasugueño, en su mayoría es una extensión de meseta de Chinauta, la cual está conformada por zonas de terrazas aluviales formadas por los ríos Cocho al occidente y Cuja al sur-oriente, su inclinación es ascendente hacia el nor-oriente del municipio en donde se encuentra el cerro del Fusacatán, el sistema montañoso más importante para los Fusagasugueños ya que en él nacen gran cantidad de afluentes, además de influir significativamente en el clima del área urbana del municipio la cual se encuentra ubicada en su base.



El territorio Fusagasugueño presenta alturas que van desde los 550 a los 3.050 metros sobre el nivel del mar, el perímetro urbano se encuentra en una altura promedio de 1.726 msnm con una temperatura promedio de 18° a 20 °C, la humedad relativa media es de 85%, con máximos mensuales de 93% y mínimos mensuales de 74%, con una precipitación superior a los 1.250 mm. (Camara de Comercio de Bogota, 2009)

## 5.2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.

La Universidad de Cundinamarca, se encuentra ubicada en la comuna occidental del casco urbano municipio de Fusagasugá, en las coordenadas 4° 20' 07" de latitud norte y 74° 22' 13" de longitud oeste, unido al Centro de Alto Rendimiento de la Universidad de Cundinamarca, tiene una altura promedio de 1.684 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 21 °C; al norte colinda con terrenos particulares, y con los barrios Santa Anita, Piedra grande, en este sector se encuentra una entrada principal sobre la carrera 17 con calle 17ª, al sur limita con predios del hospital y al occidente con la vía que conduce al monumento el Indio, sobre la transversal 12.

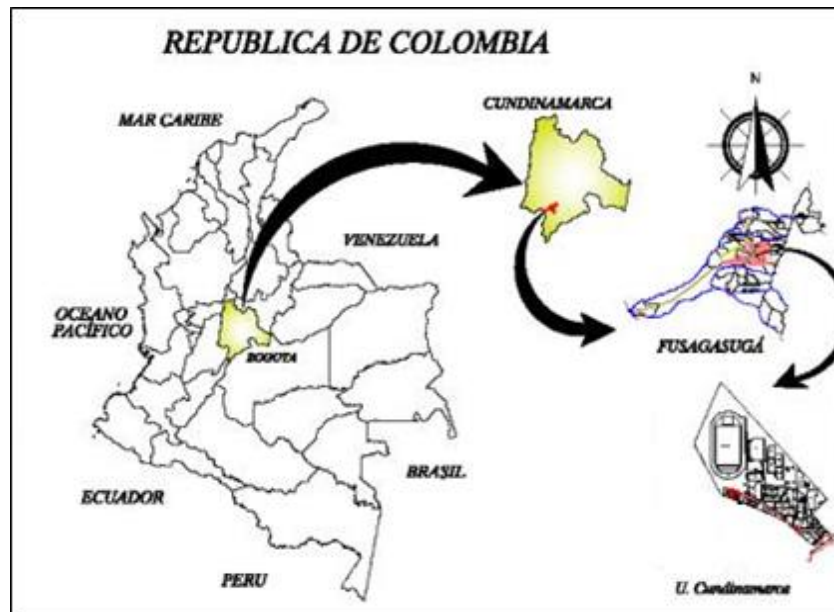


Imagen 6 Localización Universidad de Cundinamarca, elaboración propia



ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ

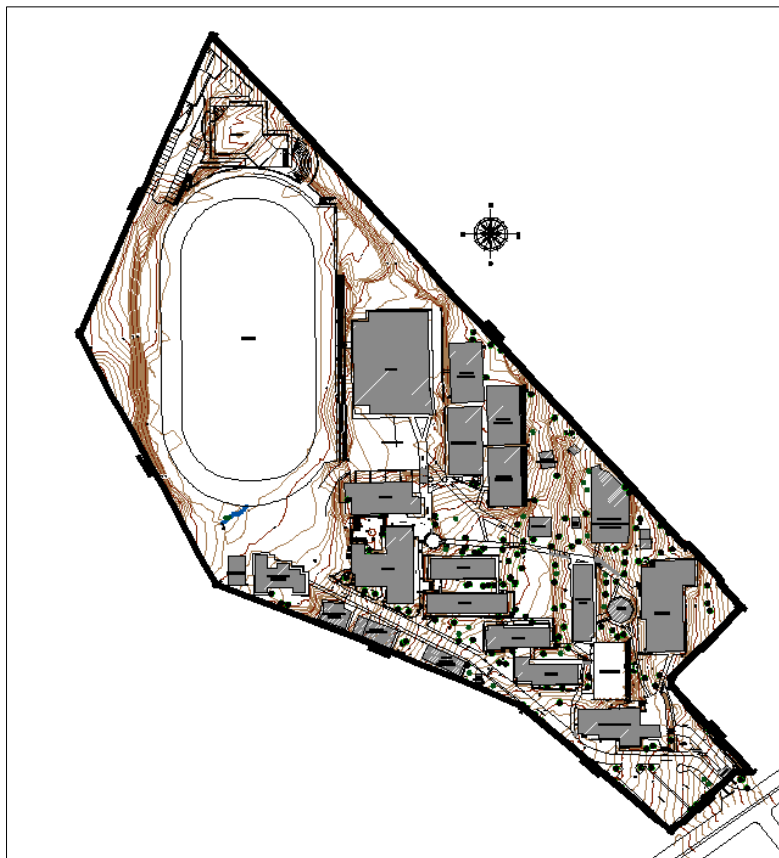


Imagen 7 Universidad de Cundinamarca Fuente: Elaboración Propia



## 6. MARO LEGAL

Tabla 2 Marco legal

LEYES	DESCRIPCIÓN
<p><b>Decreto 690 de 1981 por el cual se reglamenta la Ley Profesional Nacional de Topografía la Ley 70 de 1979</b></p>	<p><b>ARTICULO 1:</b> Agrimensura.- Corresponde todo levantamiento y localización, altimétrico y planimétrico, de terrenos urbanos o rurales, así como el dibujo de planos, cálculo de áreas y particulares.</p>
	<p>Urbanismo.- Corresponde todo levantamiento y localización altimétrico y planimétrico, de terrenos de cualquier extensión, para proyectos urbanísticos, así como el dibujo de planos y cálculo de áreas.</p>
	<p><b>ARTICULO. 3</b> 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.</p>
<p><b>Ley 7 del 24 de enero de 1986</b></p>	<p>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.</p>
	<p>La norma cartográfica correspondiente a cada serie cartográfica especificará necesariamente el datum de referencia de las redes geodésica y de nivelación, el sistema de proyección cartográfica y el sistema de referencia de hojas, para la cartografía terrestre y, además, por lo que respecta a la náutica, el datum hidrográfico al que estén referidas las sondas.</p>
	<p>Además de lo establecido en el apartado anterior, la norma cartográfica contendrá cuantas especificaciones técnicas sobre el proceso de formación del mapa sean necesarias para garantizar que éste refleje la configuración de la superficie terrestre con la máxima fidelidad posible según los conocimientos científicos y técnicos de cada momento.</p>
	<p><b>ARTICULO 6</b> Es competencia de la Administración del Estado A través del Instituto Geográfico Nacional: 1. El establecimiento y mantenimiento de las redes nacionales geodésica y de nivelaciones. 2. La formación y conservación de las series cartográficas a escala 1/25.000 y 1/50.000 que constituyen el mapa topográfico nacional.</p>
<p><b>Artículo 4 del Decreto 327 de 2004</b></p>	<p><b>ARTICULO 4</b> "Parágrafo: Como requisito para solicitar la licencia de urbanismo, todo proyecto deberá contar con el plano topográfico actualizado, vial y cartográficamente, incorporado en la cartografía oficial."</p>
	<p>Por lo cual se asegura que el plano con la altimetría y planimetría elaborado en este trabajo servirá ante las entidades oficiales, para realizar trámites donde sean requisito. Según acuerdo 180 del 30 de septiembre de 2009 expedido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- INCODER, en su artículo 3 define el Amarre al Sistema Nacional de Coordenadas:</p>

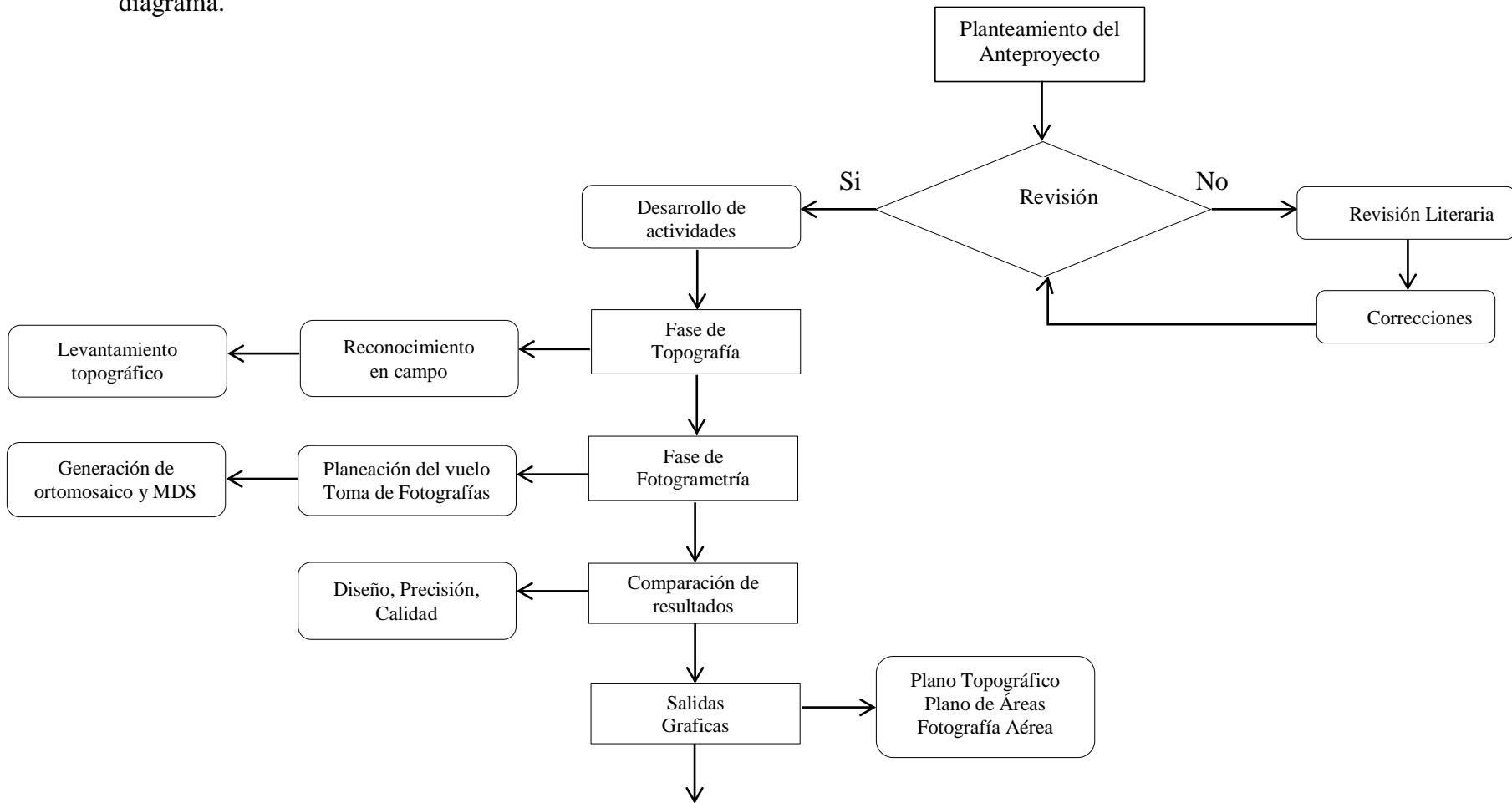


LEYES	DESCRIPCIÓN
<p><b>Decreto 690 de 1981 por el cual se reglamenta la Ley Profesional Nacional de Topografía la Ley 70 de 1979</b></p>	<p>Con el objeto de unificar un marco geográfico de referencia, todos los trabajos de georreferenciación estarán referidos al Datum oficial de Colombia MAGNA-SIRGAS, especificando el origen definido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).</p> <p><b>ARTÍCULO 1.</b> Para definir las áreas correspondientes a los trabajos topográficos, se hace la siguiente clasificación:</p> <p>a) Agrimensura. Corresponde todo levantamiento y localización, altimétrico y planimétrico, de terrenos urbanos o rurales, así como el dibujo de planos, cálculos de áreas y particulares.</p> <p>b) Urbanismo. Corresponde todo levantamiento y localización, altimétricos y planimétricos, de terrenos de cualquier extensión, para proyectos urbanísticos, así como el dibujo de planos y cálculos de áreas.</p>
<p><b>DECRETO 178 DE 2010</b></p>	<p>Por medio del cual se asigna una función y se dictan disposiciones referentes al trámite de incorporación cartográfica de levantamientos topográficos.</p> <p><b>ARTÍCULO 4.</b> Modifíquese el parágrafo del artículo 4 del Decreto 327 de 2004, el cual quedará así: Parágrafo: Como requisito para solicitar la licencia de urbanismo, todo proyecto deberá contar con el plano topográfico actualizado, vial y cartográficamente, incorporado en la cartografía oficial.</p>
<p><b>ACUERDO 180 DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2009.</b></p>	<p>Por el cual el instituto colombiano de desarrollo rural, establece normas técnicas para los trabajos de topografía y cartografía.</p> <p><b>ARTÍCULO 2. ACTIVIDADES PRELIMINARES.</b> Para realizar la identificación predial y el establecimiento de puntos de control, se deben adelantar las siguientes actividades:</p> <p>a.) Se determinará la ubicación de la zona de trabajo, buscando cartografía base y toda fuente de información que pueda complementar el levantamiento predial a realizar, tales como los antecedentes, escrituras, planos, resoluciones y demás documentación que sirva de soporte para la identificación predial o para el proyecto u obra de infraestructura.</p> <p>b.) Se identificarán los puntos de control establecidos existentes y certificados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que sirvan para efectuar los controles horizontales y verticales.</p> <p>c.) Se determinará el origen geográfico al cual pertenece la zona de trabajo.</p> <p>d.) Dependiendo del tipo de trabajo y área, se determinará cual método o combinación de ellos es el más adecuado, de acuerdo a la topografía y/o alcance del proyecto.</p> <p><b>ARTÍCULO 3. AMARRE AL SISTEMA NACIONAL DE COORDENADAS.</b> Con el objeto de unificar un marco geográfico de referencia, todos los trabajos de georreferenciación estarán referidos al Datum oficial de Colombia (MAGNA-SIRGAS), especificando el origen definido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).</p>



### 7. DESARROLLO METODOLOGICO

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se desarrolló una metodología de trabajo la cual se explicara en el siguiente diagrama.





ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ

Análisis de  
Resultados



La universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá cuenta con diferentes estructuras físicas, muchas de estas se encuentran recién construidas y otras en obra como la biblioteca, por esta razón se hace necesario el planteamiento de este proyecto, con el fin de actualizar el plano topográfico y las instalaciones de la sede, dentro de estas construcciones se puede contar con:

Tabla 3 construcciones existentes en la sede

CONSTRUCCIONES EXISTENTES		
ITEM	CANTIDAD	ELEMENTO
1	1	BLOQUE ADMINISTRATIVO
2	1	POLIDEPORTIVO
3	1	BIBLIOTECA
4	1	BLOQUE DE FISICA
5	6	BLOQUES DE AULAS
6	1	BLOQUE DE BIENESTAR UNIVERSITARIO
7	1	BLOQUE DE MANTENIMIENTO
8	1	LABORATORIO DE ANATOMÍA
9	1	LABORATORIO DE AGRONOMÍA
10	1	INVERNADERO
11	1	CANCHA DE FUTBOL
12	1	AUDITORIO
13	1	COLISEO CUBIERTO
14	3	ZONAS DE PARQUEADERO
15	2	CANCHAS DE MICROFUTBOL
16	1	CANCHA DE TENNIS
17	1	CANCHA DE BALONCESTO
18	1	ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA
19	1	CAFETERIA
20	1	CANCHA MULTIPLE
21	1	CANCHA DE SQUASH
22	1	KIOSKO
23	1	VÍA DE ACCESO

Además de un sin número de zonas verdes, zonas duras, graderías y elementos sin mayor relevancia.

➤ **Universo, población y muestra.**

El *universo* se refiere al área total de la Universidad de Cundinamarca y a la totalidad de la información espacial implícita o explícita contenida en ella.

La **población** hace mención a la morfología del terreno, ya fuera de carácter natural o artificial, las capas vegetales, los escenarios deportivos y demás construcciones dentro de la Universidad de Cundinamarca.

Por ultimo como **muestra**, se entiende a la cartera de puntos resultados del levantamiento topográfico, en la cual se tuvo información como: *nombre o código del punto, altura del punto y coordenadas del punto.*

## 7.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

La principal técnica de recolección de datos fue el método topográfico utilizando una estación total LEICA TC 605L y dos prismas marca Pentax, el rastreo de los dos puntos monumentados, se realizó por medio de dos receptores satelitales de doble frecuencia Trimble 5700, se llevó un registro fotográfico y se tomaron apuntes en una cartera de campo a mano de la poligonal.



Imagen 8 Equipos GPS Trimble 5700 utilizados en el rastreo



Imagen 9 Estación Leica TC 605 L utilizada en campo

## 7.2. MÉTODO DE ANÁLISIS.

La expresión topográfica de un terreno nos muestra diferentes características físicas de los materiales que lo constituyen como la estructura geológica, la erosión y otros elementos. Se presenta el relieve, la forma de la superficie, las pendientes, las elevaciones relativas como es lógico, la expresión topográfica de una formación no tiene carácter localizado, sino que se extiende en una zona más o menos extensa. Así pues, se puede examinar cada uno de los elementos topográficos mencionados tanto individualmente como en conjunto.



### 7.3. GEORREFERENCIACIÓN

Teniendo en cuenta que en el programa de cartografía, se tiene el núcleo temático de Geoposicionamiento, los estudiantes de semestres anteriores realizaron prácticas en esta materia, materializando así dos mojones en concreto con placa en bronce según normas técnicas implementadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, por lo tanto se utilizaron las coordenadas arrojadas en el postproceso de los datos de los GPS utilizados en el rastreo.

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), por medio de la resolución 0132 del 28 de enero de 2014,

#### **ARTÍCULO 2.**

1. Un mojón estándar se debe construir en concreto, en forma de tronco de pirámide y se empotrara a suficiente profundidad para garantizar su durabilidad y estabilidad. En la parte superior del mojón se incrustará una placa del material adecuado con la información del mismo. En estructuras existentes, estables y definitivas bastara con incrustar la placa utilizada en el mojón estándar. En zonas donde las condiciones del terreno; la cultura, usos y costumbres de las comunidades; condiciones ambientales; acceso a los puntos o restricciones de alguna naturaleza lo determine podrán construirse señales permanentes de diferentes materiales y dimensiones.

#### ***Proceso General***

Según información del ingeniero Socrates Cardona, los mojones, se materializaron en concreto, realizando una excavación de 40 x 40 cm de ancho, con una profundidad de 80 Cm y se realizó una base en forma de pata de elefante de 18 Cm de profundo por 47 Cm de ancho.

Se incrusto la placa de bronce, la cual quedo centrada en el concreto, de la superficie del encofrado, luego se rellenó la formaleta con la mezcla hasta que quedara a ras de este. Una vez se finalizó el vaciado del concreto, la superficie se nivelo para darle un acabado parejo.

### *Dimensiones*

- Excavación (0,80 cm de profundidad con una base de pata de elefante 0,20 cm)
- Ancho (40 x 40 cm).
- Sobresale 10 cm de concreto.
- Placa de bronce de 2 pulgadas de diámetro.

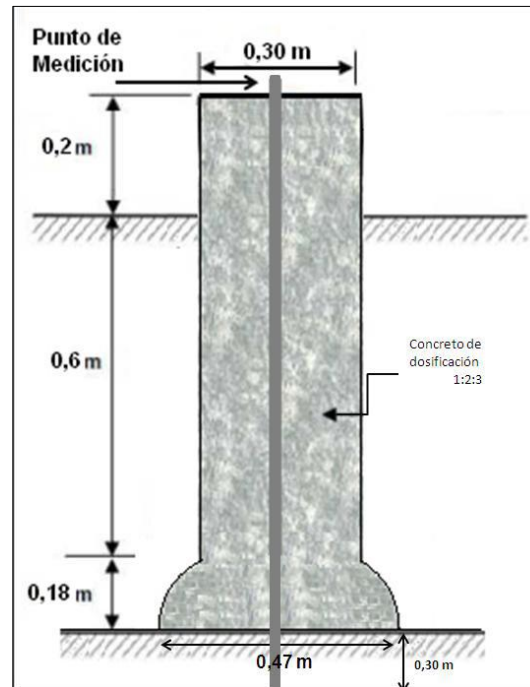


Imagen 10 Especificaciones IGAC, tipo mojón

Previo a la instalación y puesta en funcionamiento de los equipos se realizó una consulta a la página oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), para determinar la base activa más cercana de la red magna eco, encontrando que el punto activo más cercano corresponde a la base (BOGA) en el centro de la ciudad de Bogotá.

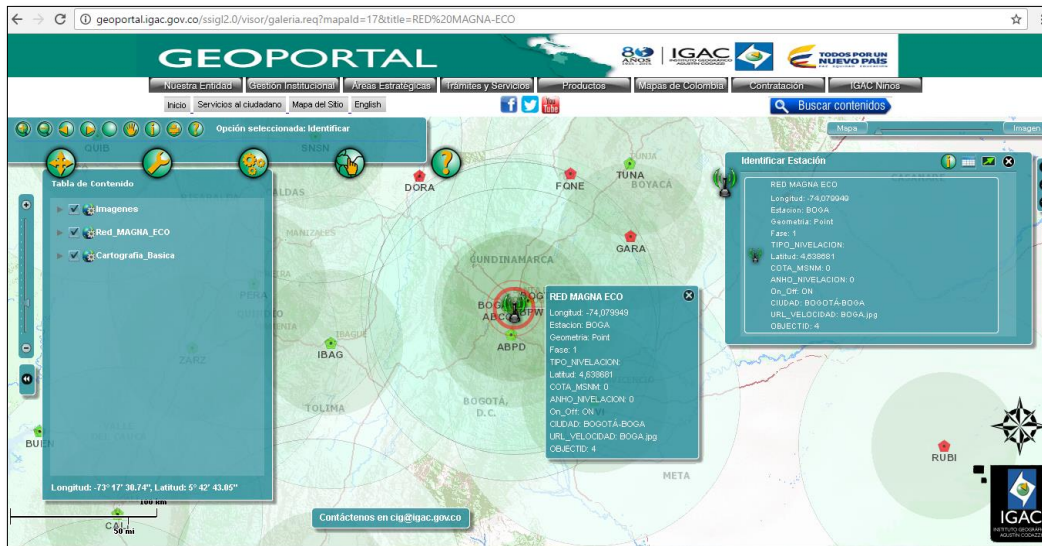


Imagen 11 Consulta Base Activa Red Magna Eco.

Además se realizó una consulta al ingeniero Topográfico Sócrates Cardona, para determinar el tiempo de recepción de los equipos en relación a la distancia con la base (BOGA), quien al respecto, informo que los equipos de recepción satelital deben durar un mínimo de 25 minutos recibiendo la señal del satélite y adicional 5 minutos por cada kilómetro de distancia con el punto base (BOGA), se realizó un cálculo rápido de la distancia en Google Maps el cual arrojó que la base (BOGA) se encuentra a 45 kilómetros de los puntos de control del levantamiento (GPS1 Y GPS2); teniendo en cuenta estas características fueron corroboradas con el trabajo que realizaron los estudiantes, ya que no se justificaba volver a georreferenciar dichos puntos.

## 7.4. POS PROCESO DE LOS DATOS

### 7.4.1. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS.

La determinación del sistema de coordenadas que se utilizó para el levantamiento topográfico se realizó a partir del posicionamiento satelital con GPS de doble frecuencia de la marca Trimble, serie 5700, en toma simultánea con la base ubicada en, Bogotá, “BOGA” y los puntos GPS 1 y

GPS 2 construidos dentro de la Universidad de Cundinamarca. A partir de dicha toma simultánea, se le asignaron coordenadas a los puntos de referencia.



Imagen 12 Equipos utilizados en el rastreo GPS 1 y GPS 2

Los datos de los ficheros Rinex descargados son ingresados al software de post-proceso para en base a ellos calcular las coordenadas de los puntos de control, debido a que dichos ficheros son presentados por entidades oficiales en el caso de Colombia el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la precisión de dichos datos es de 2mm a 7mm, los resultados del post-proceso y las coordenadas de los puntos de control obtenidas en base a la información de los ficheros puede ser certificada.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), proporciona un archivo Rinex semanal por cada base permanente de la red Magna Eco.

Con la información de los puntos de control y de la base permanente en archivos Rinex, el paso siguiente fue procesar dicha información para ello se utilizó el software TopconTools.



Al momento de ingresar los datos al software Topcon Tools, se deben especificar parámetros como el sistema de coordenadas (proyección Gauss Krüger y Datum Bogotá), la zona horaria (UTC-5:00) para Bogotá, Lina y Quito, se verifica que el programa este realizando los cálculos en metros.

Las coordenadas arrojadas por el software luego del postproceso fueron las siguientes.

Tabla 4 Coordenadas GPS 1 y GPS 2

COORDENADAS PUNTOS DE LEVANTAMIENTO				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DETALLE
GPS1	971207.065	967504.576	1691.872	GPS1
GPS2	971216.797	967398.117	1685.813	GPS2

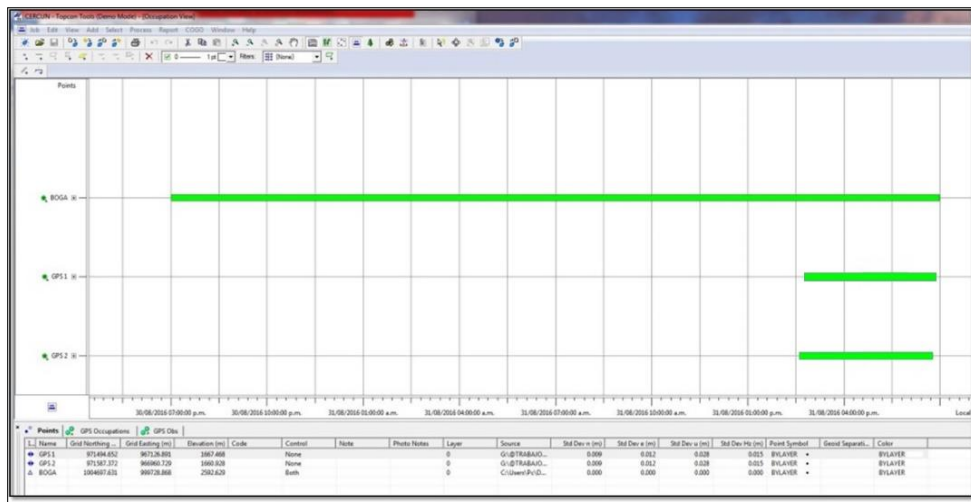


Imagen 13 Correlación y traslapo de tiempo de rastreo.

Mediante el grafico anterior se aprecia la correlación o traslapo de tiempo que existe entre el punto Base BOGA y los puntos materializados en campo GPS 1 y GPS 2.

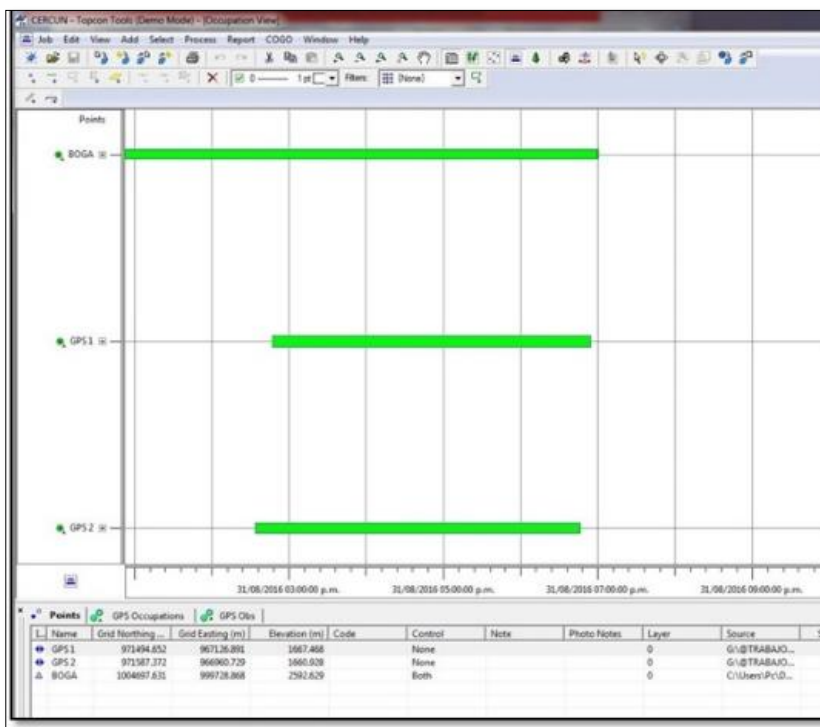


Imagen 14 Correlación y traslapeo de tiempo de rastreo GPS 1 y GPS 2

Se observa también que se cumplió con el tiempo recomendado de recepción de los equipos, en relación a la distancia entre los puntos y la base (BOGA), también que no existió ningún tipo de interrupción durante el tiempo en que los equipos se encontraban en funcionamiento y datos como: el tipo de ajuste, el método, la duración de cada uno de los equipos receptores y la Base.

## 7.4.2. REPRESENTACIÓN VECTORIAL.

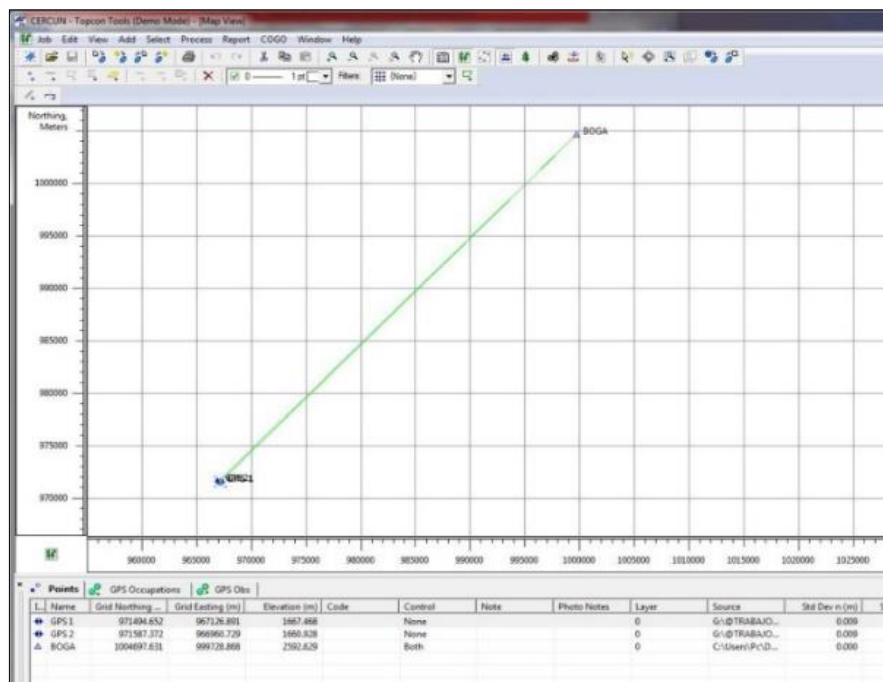


Imagen 15 Posición de los vectores (BOGA, GPS1,GPS2)

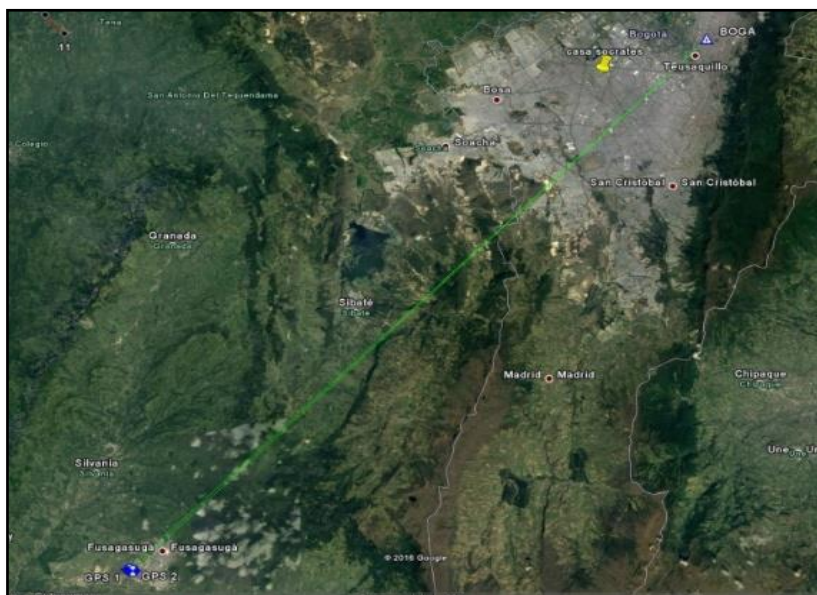


Imagen 16 Imagen google Earth de los vectores generados.

En la gráfica anterior se presentan las características arrojadas en el pos proceso una vez ajustados los vectores, y representa la posición relativa de cada uno de los elementos empleados para dicho cálculo. También presenta las coordenadas ajustadas de los puntos de interés.

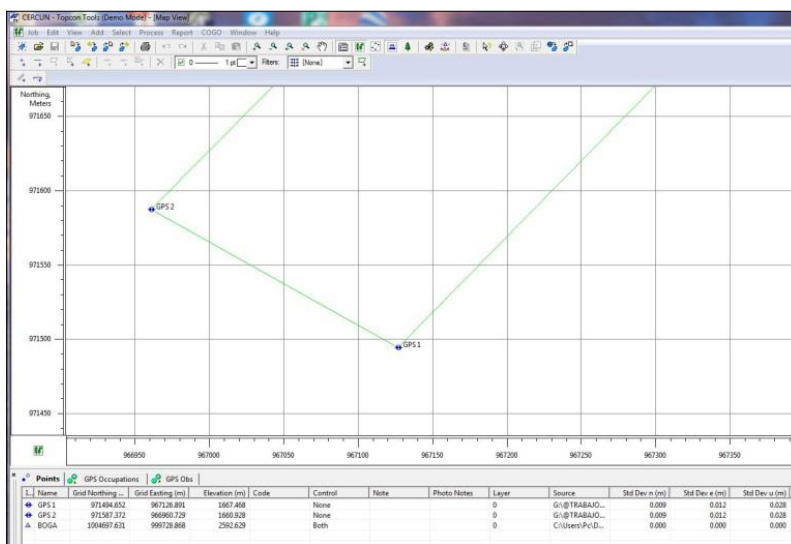


Imagen 17 Posición de los vectores, GPS 1 y GPS 2

Se puede decir que, al hacer la corrección de datos, se encontró un error estándar horizontal por debajo del 0.5 centímetros en los tres puntos y en el error estándar vertical se observó que estuvo por debajo de 0.4 centímetros entre los puntos GPS 1 y GPS 2 con la base Boga, mientras que entre los puntos GPS 1 y GPS 2, el error vertical estándar estuvo por debajo del milímetro.

## 7.5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Cabe destacar que un levantamiento topográfico: Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan instrumentos, como la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de



partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. (Franquet & Querol, 2010)

Para el desarrollo del levantamiento topográfico se emplearon los siguientes equipos: Estación total LEICA TC 605L, Prismas pentax, Jalones, Trípode y Navegador Garmin GPSmap76CSX, (ver definiciones en el glosario).

Las técnicas que se utilizaron para realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico fueron: utilizar los puntos georreferenciados para determinar la poligonal y orientar el dibujo a las coordenadas resultantes del postproceso, centrado y nivelación de la estación total, orientación del levantamiento y observación de puntos.



Fotografía 1 Levantamiento zona de parqueaderos y auditorio Fuente: Propia

Una vez los mojones, fueron identificados el equipo de trabajo se dispuso a realizar el levantamiento topográfico, tomando como primer delta, el punto marcado como GPS1 (placa del mojón 1), he iniciado la radiación a partir de la vista del prisma nivelado sobre el punto GPS2 (placa del mojón 2), hecho esto y guardada dicha información en memoria de la estación total, se tomaron todos los detalles concernientes a este trabajo como lo son: arboles, vértices de las



construcciones, cajas de inspección (eléctrica, sanitaria, hidráulica), vértices de los sardineles alrededor de las construcciones, vías, caminos, parqueaderos, drenajes, espacios deportivos, postes de alumbrado, perímetro y una serie de puntos de nivelación.



Fotografía 2 Toma de detalles con estación total. Fuente: Propia

Tomados todos los detalles posibles en la primera radiación, se ubicó el siguiente delta teniendo en cuenta que desde dicho punto exista buena visibilidad tanto para los detalles como hacia el delta anterior y posteriormente hacer ceros visando dicho punto con la estación total, el procedimiento es el mismo para todos los deltas siguientes hasta terminar nuevamente visando con la estación total el punto de inicio, a esto se le denomina poligonal cerrada por el método de ceros atrás, en algunos puntos en donde los obstáculos no permitieron tomar todos los detalles se decidió tomar algunos deltas auxiliares a partir de alguno de los deltas de la poligonal cerrada.



ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ



Fotografía 3 Toma de detalles zona de parqueaderos. Fuente: Propia



Fotografía 4 Toma de detalles zonas verdes. Fuente: Propia



A medida que se realizó el levantamiento topográfico, con todos los detalles necesarios, para completar el plano de la universidad, se tuvo en cuenta la realización de la poligonal, ya que es de importancia para el ajuste y precisión de los datos adquiridos en campo.

Se determinaron dos poligonales durante el trabajo de campo, la primera hacia la parte noroccidental de la universidad, esta con el fin de tener la información del auditorio, los parqueaderos y demás construcciones nuevas, la otra hacia la parte sur y oriente, es decir hacia el edificio nuevo que hace parte de la sede administrativa, las dos poligonales se definieron teniendo como base los puntos referenciados con GPS de doble frecuencia.

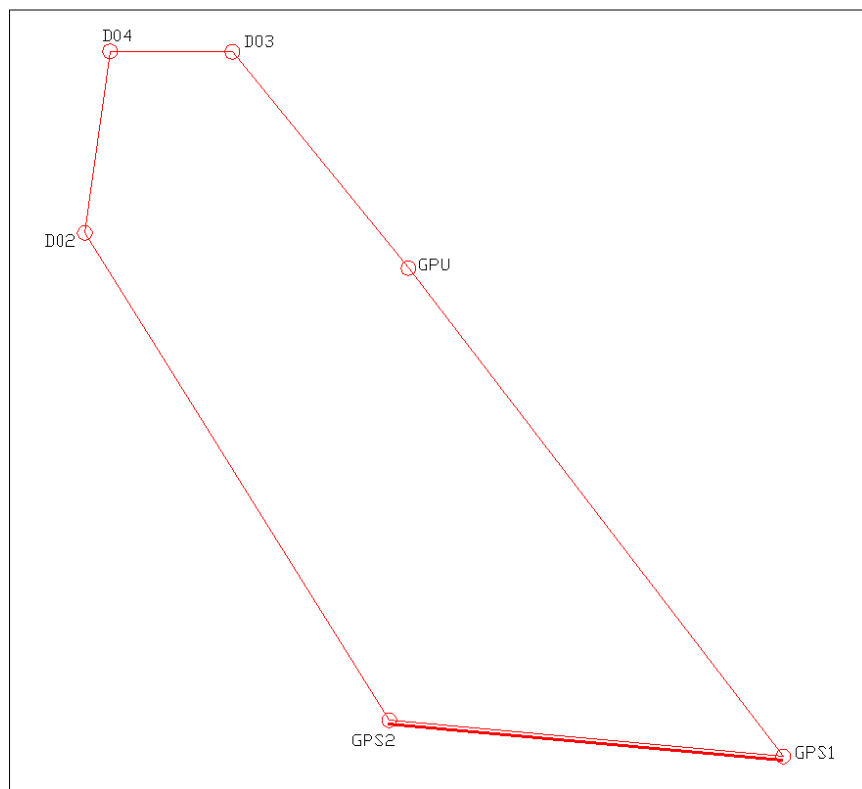


Imagen 18 Diagrama Poligonal 1

Tabla 5 Coordenadas deltas Poligonal 1

COORDENADAS POLIGONAL 1			
DELTA	ESTE	NORTE	DISTANCIA
GPS 1	967504.576	971207.065	106.9029
GPS 2	967398.117	971216.797	155.2755
D-02	967315.8226	971348.4713	49.5862



<b>COORDENADAS POLIGONAL 1</b>			
<b>DELTA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>DISTANCIA</b>
D-04	967322.6083	971397.591	33.0938
D-03	967355.7016	971397.4114	75.3641
GPU	967403.2448	971338.9358	166.3067
GPS 1	967504.576	971207.065	586.5292
<b>PERIMETRO</b>			<b>586.5292</b>

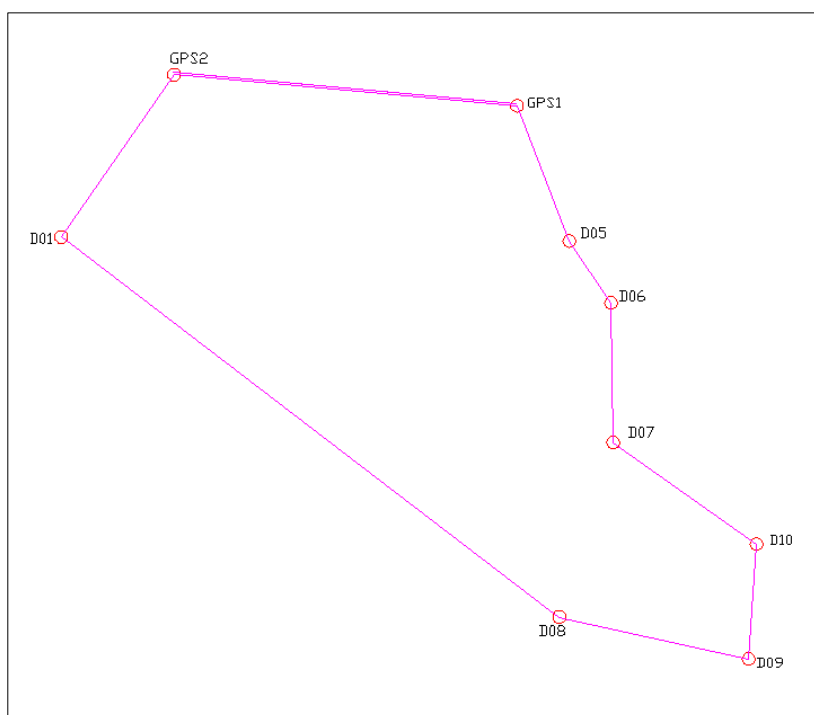


Imagen 19 Diagrama Poligonal 2

Tabla 6 Coordenadas deltas Poligonal 2

<b>COORDENADAS POLIGONAL 2</b>			
<b>DELTA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>DISTANCIA</b>
GPS 1	967398.117	971216.797	106.903
GPS 2	967504.576	971207.065	45.039
D-05	967520.850	971165.069	23.065
D-06	967533.782	971145.970	43.385
D-07	967534.390	971102.589	54.605
D-10	967578.923	971070.991	





Posterior a la definición en campo de las poligonales, se procedió a realizar el levantamiento de detalles faltantes en la sede, esta toma de información se realizó en el área del auditorio, la vía que conduce a los nuevos parqueaderos, bordeando la cancha de fútbol y la zona del edificio nuevo administrativo.

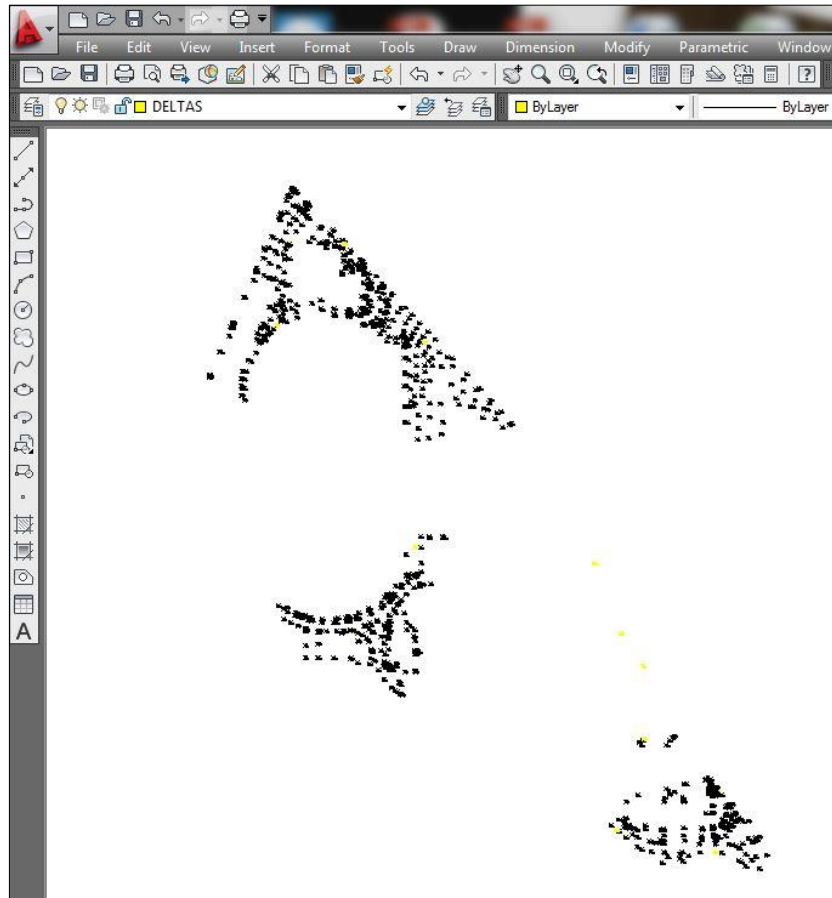


Imagen 21 Nube de puntos levantados

Esta información es procesada y ajustada con el fin de verificar que concuerde con el levantamiento existente, los software que se utilizaron fueron: Transit 8.2 de versión libre, Excel, AutoCAD, Leica Survey Office.



ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	PUNTO LEID(NUMERO		ALT PRISMA	DIST HORIZ	ANG HORIZ	ANG VERTIC	FORMATO HI DETALLE	
2	SS	1	2	107.123	0.0003	86.3221	12:00:00 GP1	
3	SS	2	2	7.027	294.1006	82.393	13:00:00 PAR	
4	SS	3	2	10.364	318.2112	85.0247	14:00:00 PAR	
5	SS	4	2	10.051	321.5959	85.0247	15:00:00 PAR	
6	SS	5	2	17.575	336.2834	86.4232	16:00:00 CAJ	
7	SS	6	2	17.793	333.5935	86.4446	17:00:00 CAJ	
8	SS	7	2.5	18.338	337.1921	85.1747	18:00:00 CAJ	
9	SS	8	2.5	3.688	359.3247	69.0059	19:00:00 PAR	
10	SS	9	2.5	10.113	64.1239	83.0918	20:00:00 PAR	
11	SS	10	2.5	15.227	71.2024	85.432	21:00:00 PAR	
12	SS	11	2.5	16.479	79.4036	86.2746	22:00:00 PAR	
13	SS	12	2.5	16.022	80.3208	86.2456	23:00:00 PAR	
14	SS	13	2.5	16.719	84.4511	86.4612	00:00:00 PAR	
15	SS	14	2.5	17.354	83.3743	86.5735	01:00:00 PAR	
16	SS	15	2.5	16.628	81.2324	86.3727	02:00:00 POZ	
17	SS	16	2.5	17.377	83.4632	86.5846	03:00:00 ALC	
18	SS	17	2.5	17.925	84.5849	87.0548	04:00:00 ALC	
19	SS	18	2.5	21.908	76.5916	87.2302	05:00:00 ALC	
20	SS	19	2.5	21.443	96.2748	88.4825	06:00:00 PAR	
21	SS	20	2.5	25.321	103.3057	89.5121	07:00:00 PAR	
22	SS	21	2.5	30.69	107.3058	90.1548	08:00:00 POL	
23	SS	22	2.5	31.765	108.1226	89.5749	09:00:00 POL	
24	SS	23	2.5	33.557	109.0657	90.0306	10:00:00 POL	
25	SS	24	2.5	34.643	109.3331	90.2432	11:00:00 POL	
26	SS	25	2.5	36.267	101.5954	90.2428	12:00:00 POL	
27	SS	26	2.5	35.309	101.2438	90.0319	13:00:00 POL	
28	SS	27	2.5	33.436	100.0614	89.5331	14:00:00 POL	
29	SS	28	2.5	32.502	99.2158	90.0756	15:00:00 POL	
30	SS	29	2.5	28.652	95.404	89.454	16:00:00 PAR	
31	SS	30	2.5	24.346	86.3729	88.4034	17:00:00 PAR	

Imagen 22 Post proceso de los datos tomados en campo.

Posterior al montaje de la información en la cartografía, se procedió a dibujar los elementos faltantes en dicho plano, entre estos están, el auditorio, la vía que conduce a la salida que linda con Cercun y el edificio administrativo.

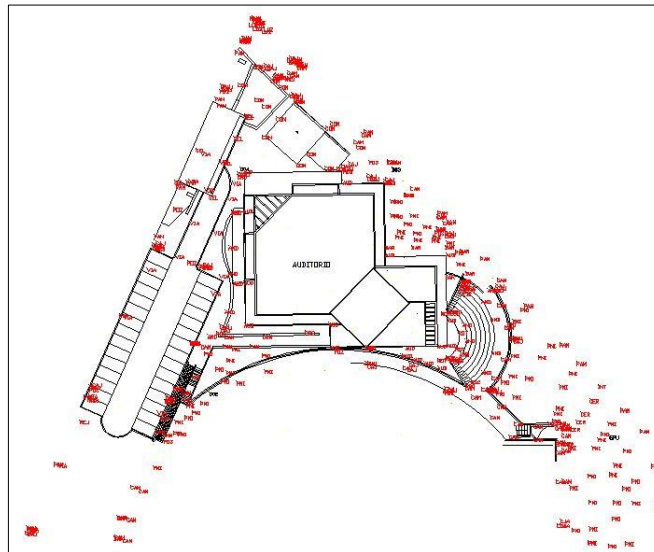


Imagen 23 Dibujo correspondiente al auditorio.



Imagen 24 Área aledaña a la cancha de fútbol.

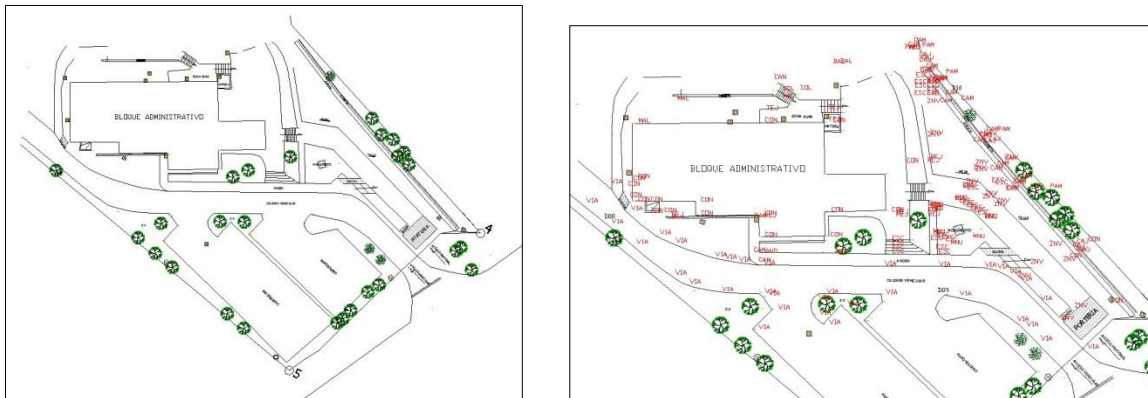
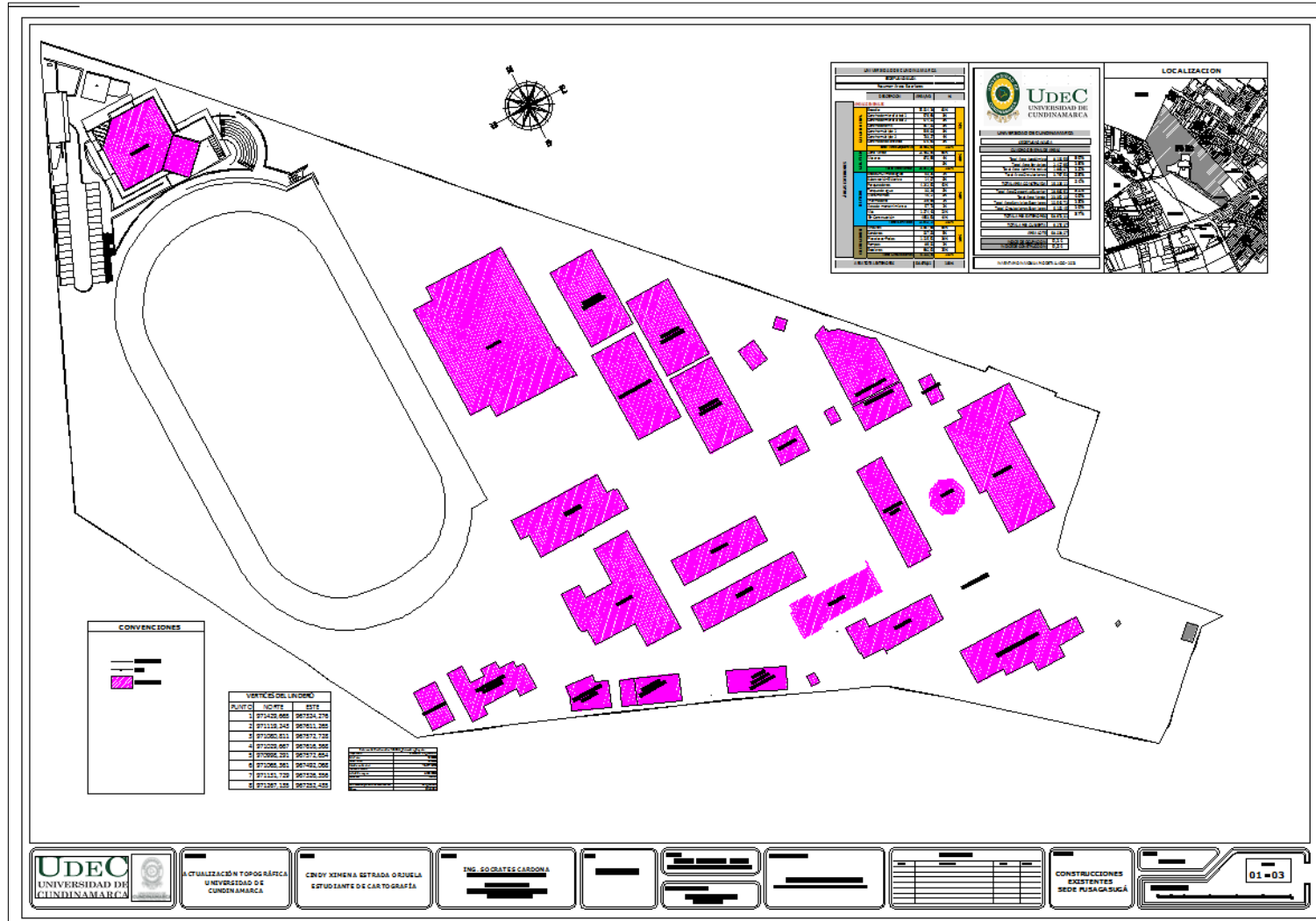


Imagen 25 Zona aledaña al edificio administrativo



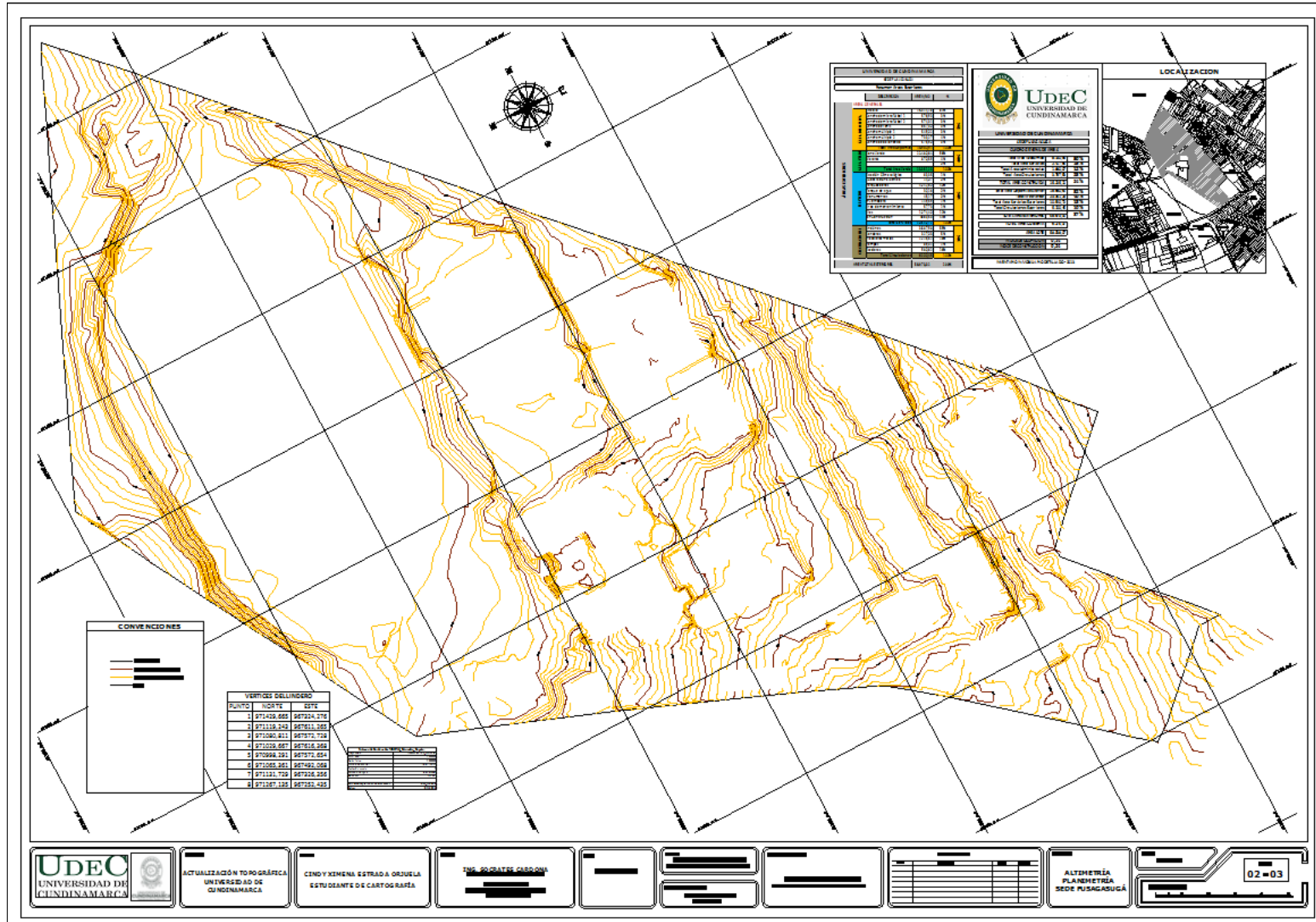
### 7.6. SALIDAS GRÁFICAS Y PLANOS GENERADOS



Mapa 1 Mapa de construcciones



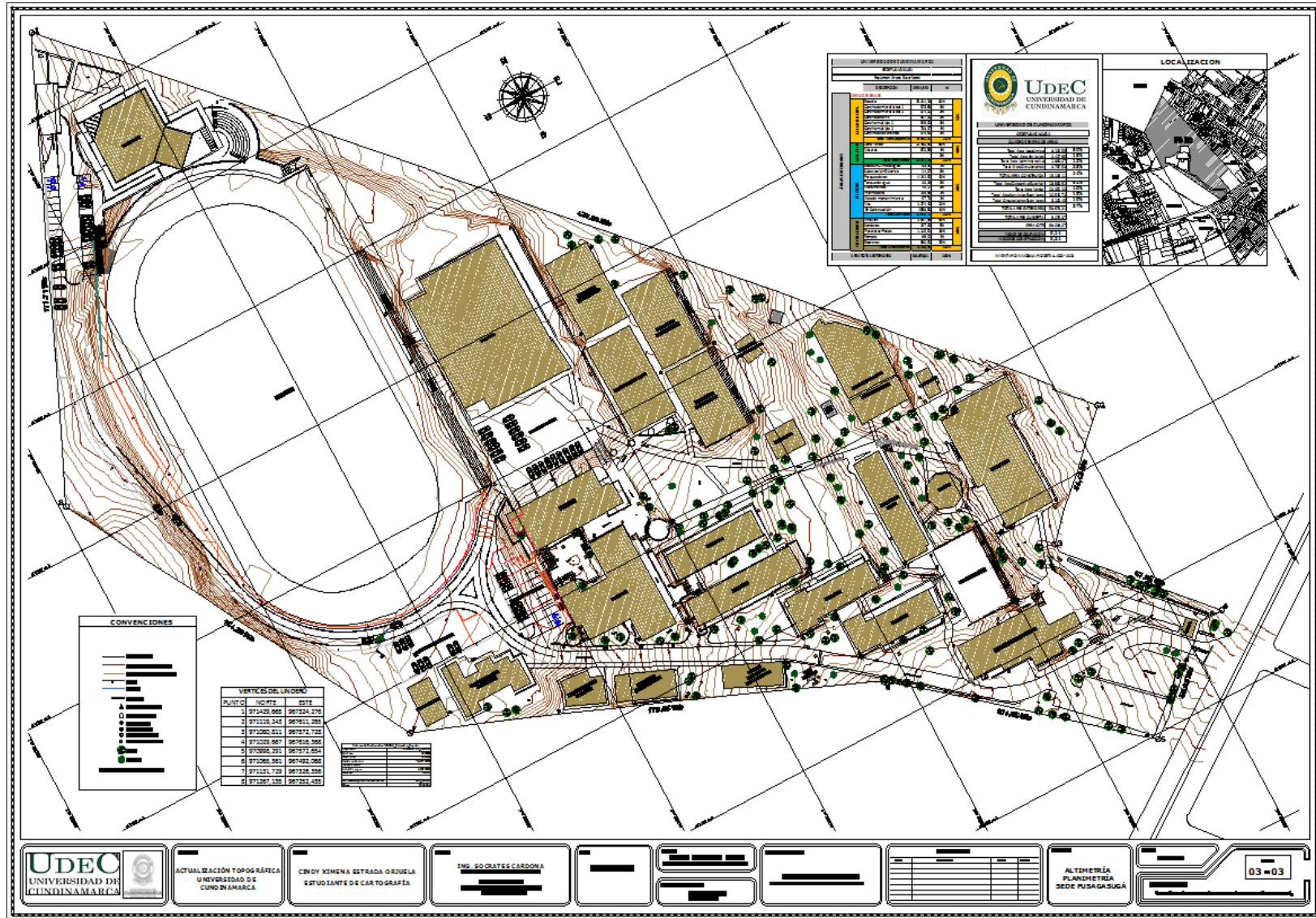
ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ



Mapa 2 Curvas de nivel generadas cada 25 cm.



ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ



Mapa 3 Plano final UDEC.



### 7.7. RESUMEN DE ÁREAS EXISTENTES.

Posterior al levantamiento topográfico, se realizó un cuadro de áreas con los diferentes elementos, teniendo en cuenta áreas de circulación, de servicios, áreas verdes y áreas deportivas

Tabla 7 Resumen de área existentes.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA					
SEDE FUSAGASUGA					
Resumen Áreas Exteriores					
		DESCRIPCION	ÁREA/M2	%	
ÁREAS EXTERIORES	<b>AREAS GENERALES</b>				
	ÁREA DEPORTIVA	Estadio	15,314.18	81%	32%
		Cancha de microfútbol 1	576.93	3%	
		Cancha de microfútbol 2	574.31	3%	
		Cancha de tenis	657.30	3%	
		Cancha múltiple 1	549.02	3%	
		Cancha múltiple 2	733.27	4%	
		Cancha de baloncesto	575.90	3%	
		<b>Total Área Deportiva</b>	<b>18,980.91</b>	<b>100%</b>	
	ÁREA VERDE	Zona Verde	22,480.64	96%	40%
		Materas	870.59	4%	
				0%	
	<b>Total Área Verde</b>	<b>23,351.23</b>	<b>100%</b>		
	SERVICIOS	Estación Climatológica	63.35	1%	18%
		Subestación Eléctrica	14.07	0%	
		Parqueaderos	4,242.60	40%	
		Tanque de agua	30.28	0%	
		Monumentos	45.17	0%	
		Invernadero	149.59	1%	
		Área de mantenimiento	57.73	1%	
Vías		1,274.40	12%		
En Construcción		4663.53	44%		
<b>Total Servicios</b>		<b>10,540.72</b>	<b>100%</b>		
CIRCULACIONES	Andénes	3,587.98	59%	10%	
	Senderos	327.03	5%		
	Plazoletas-Patios	1,115.51	18%		
	Rampas	89.31	1%		
	Escaleras	980.62	16%		
	<b>Total Circulaciones</b>	<b>6,100.45</b>	<b>100%</b>		
<b>AREA TOTAL EXTERIORES</b>		<b>58,973.31</b>	<b>100%</b>		



Tabla 8 Cuadro de porcentaje de áreas.

<b>UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA</b>		
<b>SEDE FUSAGASUGA</b>		
<b>CUADRO GENERAL DE AREAS</b>		
Total Área Académica	8,130.56	<b>50%</b>
Total Área Servicios	2,417.95	<b>15%</b>
Total Área Administrativa	1,880.07	<b>12%</b>
Total Área Circulaciones	3,797.53	<b>23%</b>
<b>TOTAL AREA CONSTRUIDA</b>	<b>16,226.11</b>	<b>24%</b>
Total Área Deportiva Exterior	18,980.91	<b>32%</b>
Total Área Verde	23,351.23	<b>40%</b>
Total Área Servicios Exteriores	10,540.72	<b>18%</b>
Total Circulaciones Exteriores	6,100.45	<b>10%</b>
<b>TOTAL AREA EXTERIORES</b>	<b>58,973.31</b>	<b>87%</b>
<b>TOTAL AREA CUBIERTA</b>	<b>9,275.37</b>	
<b>ÁREA LOTE</b>	<b>68,038.07</b>	
<b>INDICE DE OCUPACIÓN</b>	<b>0.14</b>	
<b>INDICE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>0.24</b>	



## 7.8. TOMA DE LAS IMÁGENES AÉREAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO

### 7.8.1. Descripción Del Equipo (Vant) Utilizado

**Marca:** DJI

**Modelo:** Phantom 3 Professional

Phantom 3 Professional actualmente es un VANT desarrollado por uno de los fabricantes más reconocidos mundialmente, que ha sido utilizado inicialmente en aplicaciones de inspección, toma de fotografías con calidad de 12 Megapíxeles y grabación de videos en alta resolución 4K. Gracias a su versatilidad y plataforma estable, múltiples desarrolladores han trabajado en aplicaciones para dispositivos móviles basados en iOS o Android que permitan una planificación para dar cobertura con imágenes sobre un área de interés determinada por el usuario, con herramientas de selección de la altura de vuelo (constate) con respecto al punto de partida (Home), el traslapo de las fotografías, velocidad del VANT, en sí, la generación de un completo plan de vuelo semiautomático dentro del área de interés.

Con las opciones mencionadas configuradas por el usuario, las aplicaciones automáticamente calculan la separación entre las líneas de vuelo, número de líneas de vuelo y distancias entre fotografías, también dejando a elección del usuario la dirección, longitud y ubicación de acuerdo a la cobertura.

Para la toma de información para este trabajo final se eligió y utilizó este VANT por varias razones:

- Es un equipo de “bajo costo”, aproximadamente USD \$1,600.00 comparado con otras marcas y modelos de VANT fotogramétricos que superan los USD \$15,000.00
- Su autonomía de vuelo para cubrir el área de interés de este proyecto es suficiente.



- Cuenta con un sensor inercial (Gimbal) en tres ejes que permite la estabilidad de la cámara en todo momento.
- Es compatible con las aplicaciones de libre uso para dispositivos móviles iOS y Android, Capture desarrollada por Pix4D y DroneDeploy desarrollada por DroneDeploy para la ejecución de líneas de vuelo y toma de fotografías.
- El manejo de la información y descargas de fotografías es por medio de tarjeta de almacenamiento microSD.
- Fácil operación



Imagen 26 VANT Phantom 3 Professional

Recuperado de <http://www.dji.com/product/phantom>



### 7.8.2. Especificaciones VANT utilizado Phantom 3 Professional

Tabla 9. Especificaciones aeronave

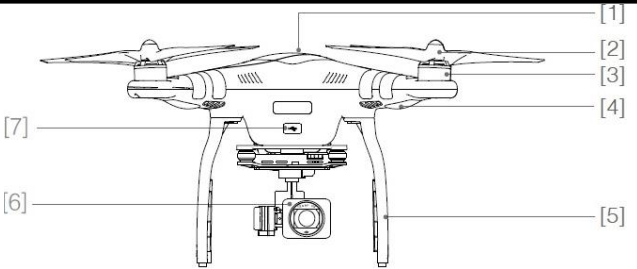
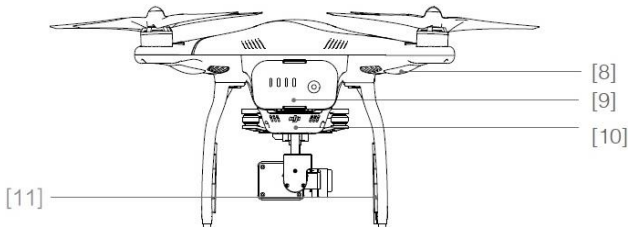
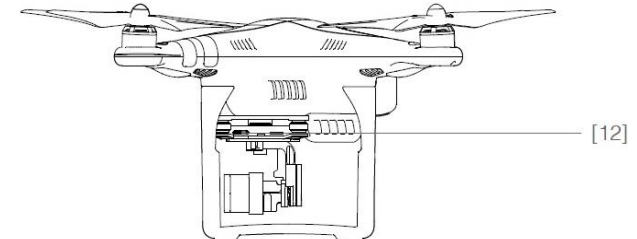
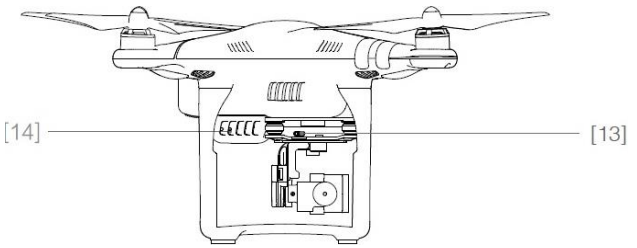
CARACTERISTICAS	
Peso (Batería y Hélices Incluidas)	1280 g
Tamaño Diagonal (Hélices Incluidas)	590 mm
Velocidad Máx. en Ascenso	5 m/s
Velocidad Máx. en Descenso	3 m/s
Precisión en Vuelo Estacionario	Horizontal: +/- 1.5 m
	Vertical: +/- 0.1 m (si el Posicionamiento Visual está activado) o +/- 0.5 m
Velocidad Máx.	16 m/s (modo ATTI, sin viento)
Altura Max. de Servicio	
Sobre el Nivel del Mar	6000 m
	(Límite de altura por defecto: 120 m sobre el punto de despegue)
Temperatura de Funcionamiento	de 0°C a 40°C
Modo GPS	GPS/GLONASS

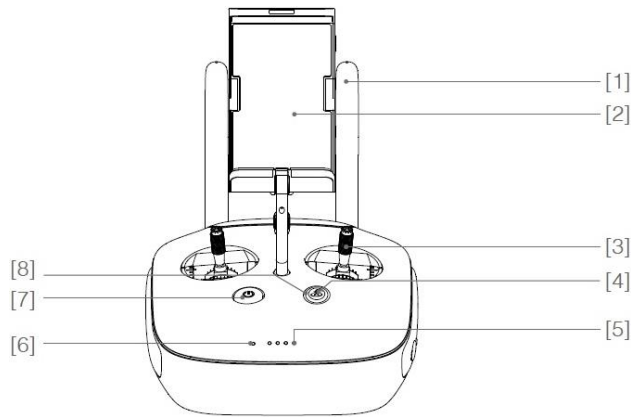
Recuperado de <http://www.dji.com/es/product/phantom-3-pro/info#specs>

### 7.8.3. Funciones generales del VANT Phantom 3 Professional

El VANT Phantom 3 Professional está compuesto de las partes y funciones descritas a continuación que permiten una completa operación del equipo en cada una de sus aplicaciones:

Tabla 10. Funciones del VANT

Grafica	Función
	<p>[1] GPS</p> <p>[2] Hélice</p> <p>[3] Motor</p> <p>[4] LED delantero</p> <p>[5] Tren de aterrizaje</p> <p>[6] Gimbal y cámara</p> <p>[7] Puerto MicroUSB de la aeronave</p>
	<p>[8] Indicador de estado de la aeronave</p> <p>[9] Batería de vuelo inteligente</p> <p>[10] Sensores de posicionamiento visual</p> <p>[11] Antenas</p>
	<p>[12] Ranura para tarjeta MicroSD de la cámara</p>
	<p>[13] Puerto MicroUSB de la cámara</p> <p>[14] Botón de vinculación</p>



[1] Antenas. Transmiten el control de la aeronave y la señal de vídeo.

[2] Soporte para dispositivo móvil. Permite anclar el dispositivo móvil al controlador remoto.

[3] Palanca de control. Controla la orientación y el movimiento de la aeronave.

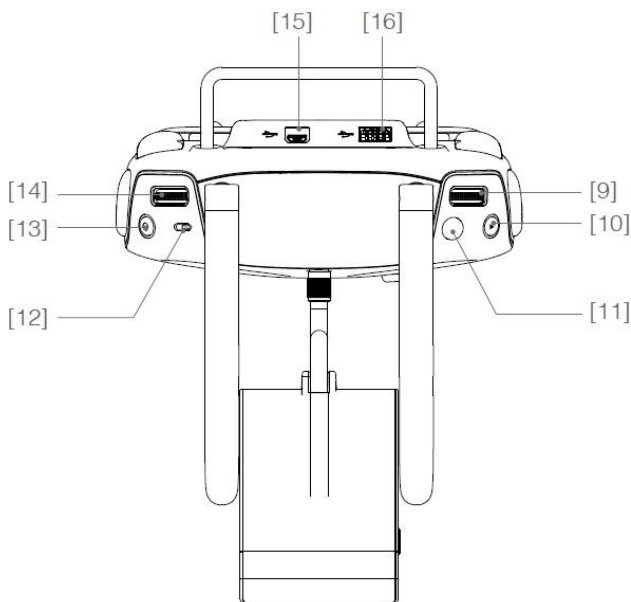
[4] Botón de regreso al punto de origen (RTH). Mantenga pulsado el botón para iniciar el modo de regreso al punto de origen (RTH).

[5] LED de nivel de batería. Muestran el nivel de la batería del controlador remoto.

[6] LED de estado. Muestra el estado del sistema. Controlador remoto.

[7] Botón de encendido. Se utiliza para encender y apagar el controlador remoto.

[8] LED de RTH. El LED circular que rodea el botón RTH muestra el estado de RTH.



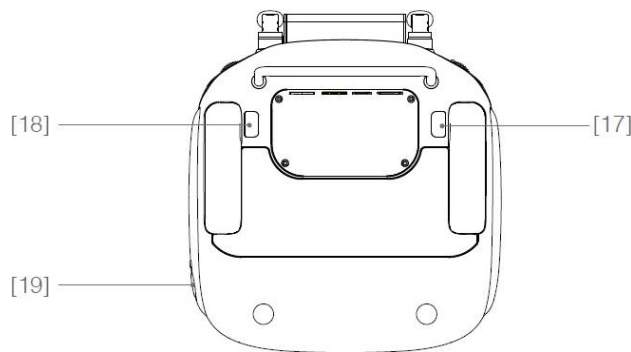
[9] Selector de configuración de la cámara. Gire el selector para ajustar la configuración de la cámara. Solo funciona cuando el controlador remoto está conectado a un dispositivo móvil que ejecute la aplicación DJI Pilot.

[10] Botón de reproducción. Reproduce las imágenes o los vídeos capturados.

[11] Botón del obturador. Púlselo para tomar una foto. Si está en modo de ráfaga, se tomará el número de fotos definido con una sola pulsación.

[12] Conmutador de modo de vuelo. Seleccione entre los modos P, A y F.

[13] Botón de grabación de vídeo. Pulse para comenzar a grabar vídeo. Vuelva a pulsar para detener la grabación.



[14] Selector del gimbal. Utilice este selector para controlar la inclinación del gimbal.

[15] Puerto MicroUSB. Conéctelo a un lector de tarjetas SD para actualizar el firmware.

[16] Puerto USB. Conéctelo al dispositivo móvil o a una memoria USB para actualizar el firmware.

[17] Botón C1. Se puede personalizar a través de la aplicación DJI Pilot.

[18] Botón C2. Se puede personalizar a través de la aplicación DJI Pilot.

[19] Puerto de alimentación. Conecte a una fuente de alimentación para cargar la batería del controlador remoto.

Recuperado de Phantom 3 Professional – Manual del Usuario

## 7.9. PLANEACIÓN Y VUELO

Para esta actividad se contó con el apoyo del ingeniero Socrates Cardona y estudiantes de cartografía de sexto semestre, quienes realizaron el sobrevuelo en la sede de Fusagasugá, teniendo en cuenta las características y los puntos definidos para la georreferenciación de la imagen; estas son unas recomendaciones que se deben tener antes de iniciar el vuelo.

### 7.9.1. Alistamiento del VANT en oficina

Previo a cualquier trabajo con los VANT de ser posible realizar un vuelo previo a la salida a campo y realizar la verificación de accesorios como:

- Propelas
- Baterías
- Capacidad en la memoria



- Cables de comunicación
- Actualizaciones de firmware de ser requeridas
- Calibración de la brújula electrónica

También como parte fundamental de la fotogrametría se debe verificar el equipo complementario de campo para este tipo de actividades como:

- Pintura
- Moldes de recuadro o marcas prefabricadas para la instalación sobre los puntos de control de manera que sean visibles en las fotografías.
- Receptor GPS de ser necesario
- Lentes de sol

### 7.9.2. Trabajo previo al vuelo en campo

#### ➤ Localización y Demarcación de Deltas de apoyo

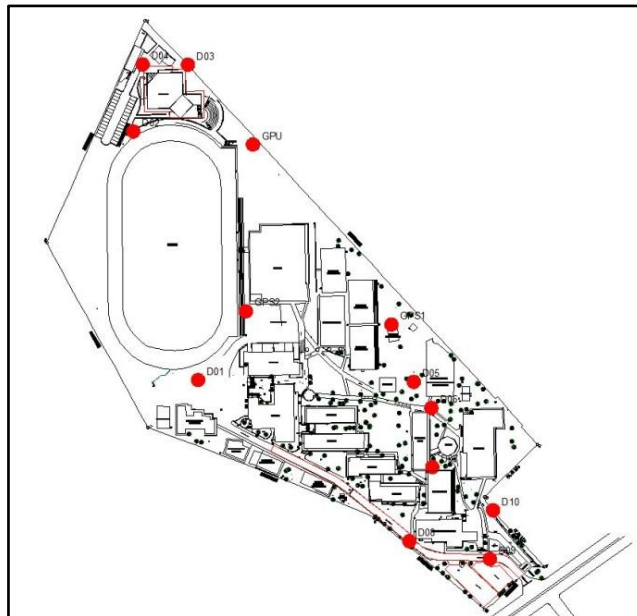


Imagen 27 Puntos de Control (GCP) Referencia: Propia



Una vez ubicados en la universidad, en el cual previamente se han determinado 2 puntos de control con equipos de posicionamiento GPS Doble Frecuencia GPS 1 y GPS 2, y otros 11 puntos de control determinados con Estación Total Topográfica Delta 1 a Delta 10, y Delta gpu, se inicial el trabajo de demarcación de los puntos de control los cuales se escogieron de tal manera que estuviesen equidistantemente distribuidos dentro del predio, realizando la demarcación con material de color blanco fijado con estacas, en forma de L, quedando a la vista cada uno de los Deltas.



Fotografía 5 Demarcación Punto de Control GPS 2

El equipo por recomendación debe ser instalado en una superficie lo más nivelada posible y con poca o baja vegetación alrededor para prevenir cualquier volcamiento u obstrucción de las hélices al momento de iniciar los motores.

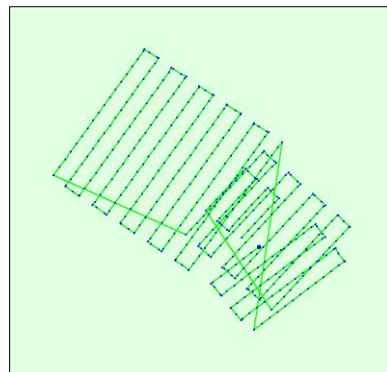


Fotografía 6 VANT en el punto de despegue

### 7.9.3. Planeación Vuelo

#### - Sincronización, Configuración y Ejecución del Plan De Vuelo

Este VANT en particular es muy intuitivo al momento de ser operado. Para la sincronización de la aeronave con el control remoto y el dispositivo móvil, solo es necesario encenderlos, primero el control remoto y luego la aeronave, y por medio del cable USB conectar el control remoto con el dispositivo móvil (Android o iOS), para este caso Android, quien al reconocer la conexión establece un cuadro de dialogo en el cual permite seleccionar la aplicación.



Fotografía 7 Despegue y configuración del sobrevuelo



Durante el ensamblaje, planificación, ejecución de la misión y desamble del VANT, las condiciones ambientales fueron óptimas con viento en calma, sol en su esplendor y ningún contratiempo que impidiera o interrumpiera la toma de imágenes con el VANT sobre el predio la Pedrera.

## 7.10. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

### 7.10.1. Descarga de la información

Terminado el sobrevuelo sobre el área de la universidad con el VANT Phantom 3 Professional, en oficina se realiza la descarga de las imágenes fotográficas y se organiza la información en carpetas. Las imágenes quedan almacenadas en la memoria tipo microSD por lo que con la ayuda de un adaptador de tarjetas SD, las imágenes son copiadas a la computadora en la cual se va a realizar el procesamiento. Total de 460 imágenes colectadas.

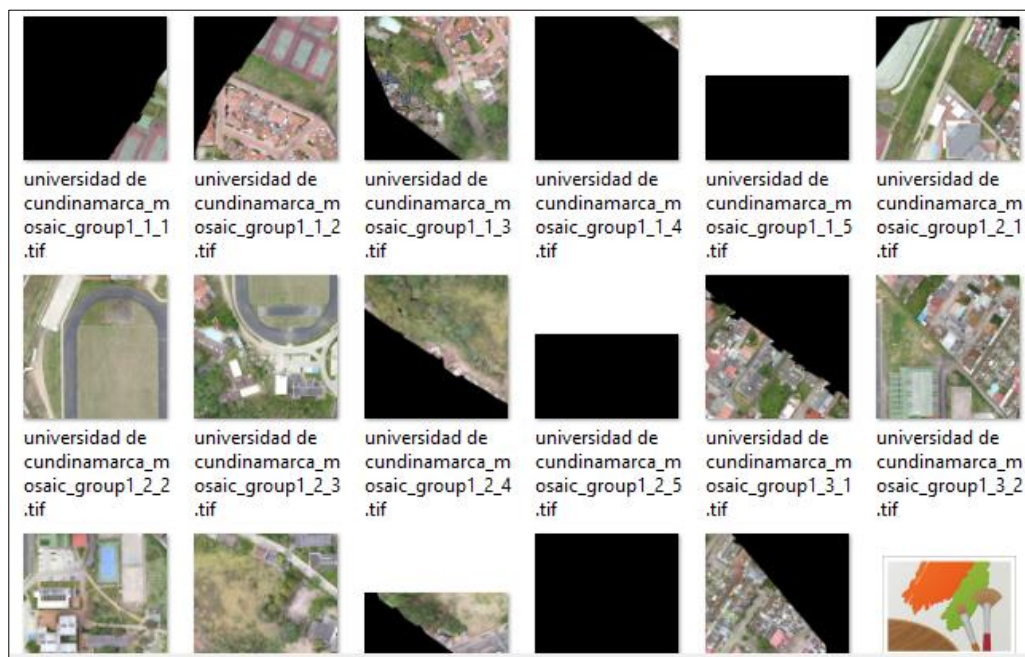


Imagen 28 Descarga de las fotografías del VANT. Ver Anexo



### 7.10.2. Imagen de Muestra



Fotografía 8 Fotografía tomada desde el VANT

### 7.10.3. Procesamiento de las imágenes

Una información bien organizada es el primer paso para unos óptimos resultados. A diferencia de las imágenes obtenidas con varios otros modelos de VANT en los que el proceso de las imágenes inicia con el etiquetado de las mismas con las coordenadas GPS, debido a que se almacenan las imágenes en una memoria y la coordenadas de toma en otro dispositivo por separado, las imágenes tomadas con el Phantom 3 Professional, como se mencionaba anteriormente, son etiquetadas desde el momento de su captura.

#### 7.10.4. Importación de imágenes

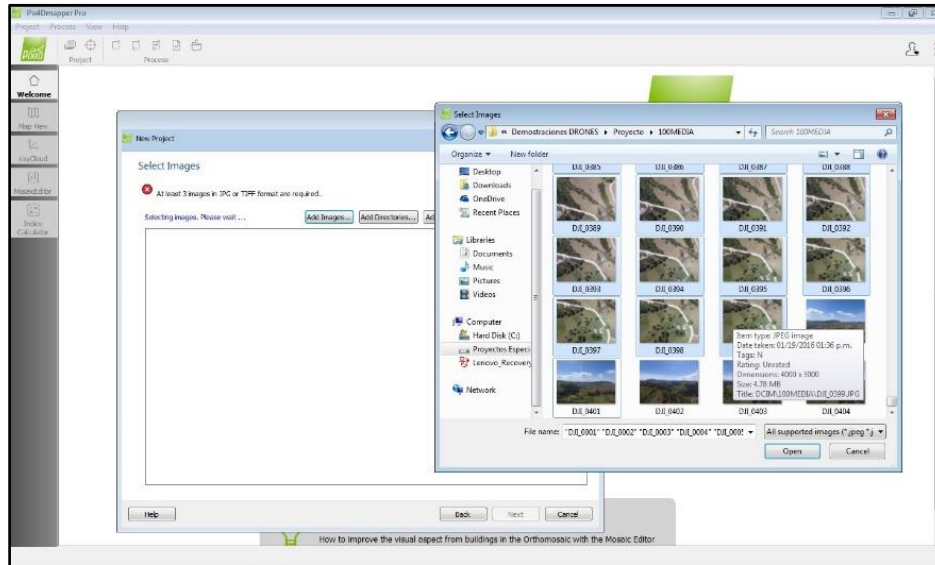


Imagen 29 Importación de fotografías a Pix4D

#### 7.10.5. Selección de productos finales

De acuerdo a la manera como fueron capturadas la imágenes, el tipo de cámara, el tipo de VANT, el software permite elegir los productos finales que se desean obtener.

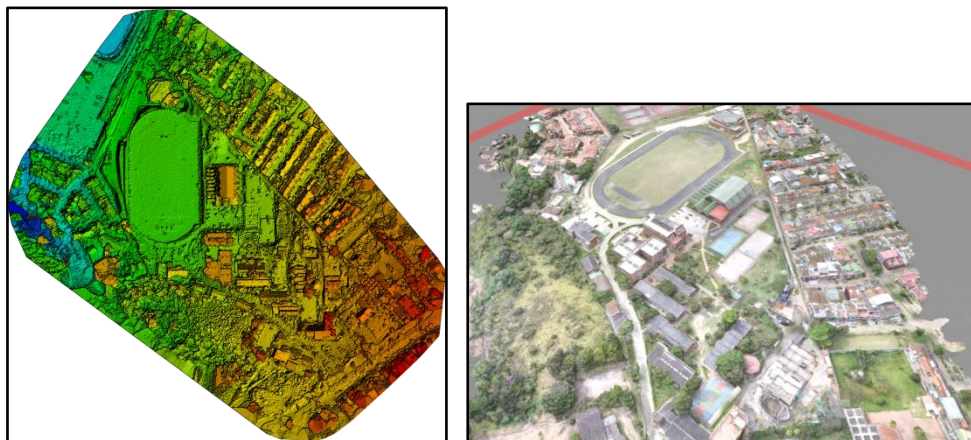


Imagen 30 Selección de productos finales

### 7.10.6. Selección de la proyección del sistema de coordenadas

El sistema de coordenadas en el que se toman las imágenes es por lo general en los VANT coordenadas geográficas sobre WGS84. En esta ventana se selecciona la proyección del sistema de coordenadas y geoide de los productos finales. MAGNA SIRGAS para Colombia con origen central.

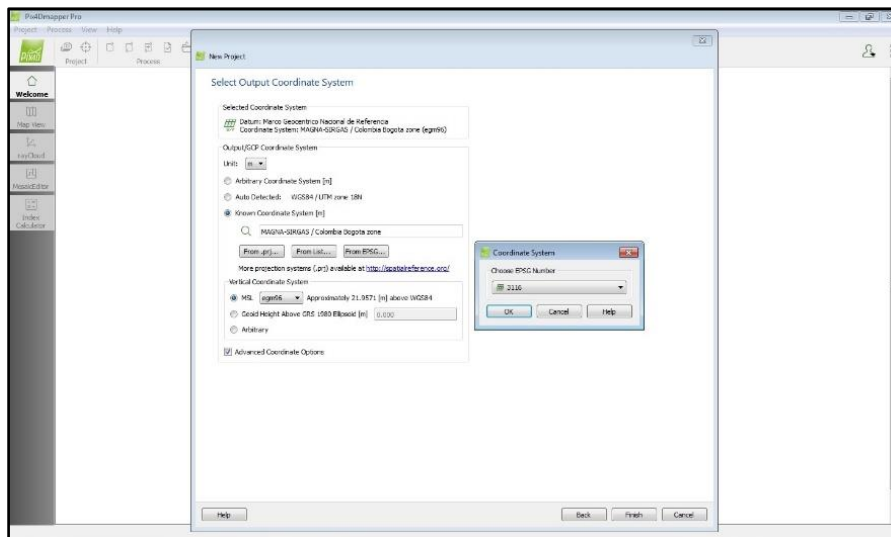


Imagen 31 Selección del Sistema de Coordenadas de salida

### 7.10.7. Localización de las líneas de vuelo y fotografías tomadas

Con las propiedades de cada imagen el software inicialmente realiza una localización aproximada de cada una, dato suministrado por la coordenada implícita en cada archivo.



Imagen 32 Líneas de vuelo y fotografías del VANT

#### 7.10.8. Vista previa Mosaico y MDS

Pix4D genera una vista previa del ortomosaico y MDS a una baja resolución antes de generar la nube de puntos densificada y los modelos a la resolución configurada en las opciones de procesamiento.



Imagen 33 Vista previa Ortomosaico



## 7.11. RESULTADOS

Para la visualización de los resultados obtenidos del procesamiento de las imágenes obtenidas con el VANT, se utiliza una licencia DEMO del Software Global Mapper versión 16.2.0 compatible con casi todos los productos generados por el software de procesamiento Pix4D.

### 7.11.1. Nube de puntos

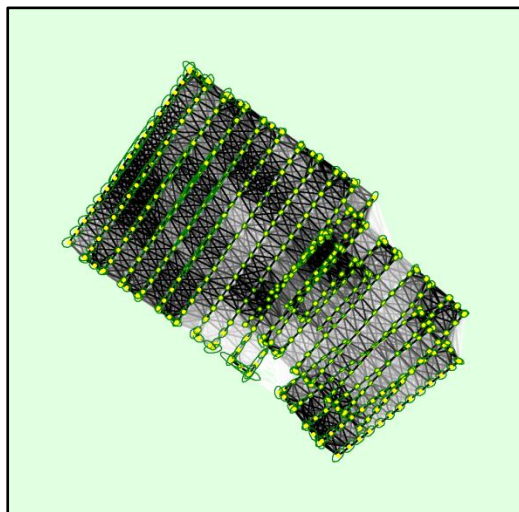


Imagen 34 Producto nube de puntos - vista superior



Imagen 35 Producto final vista 3D. Ver Anexo



ACTUALIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y GENERACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA SEDE FUSAGASUGÁ

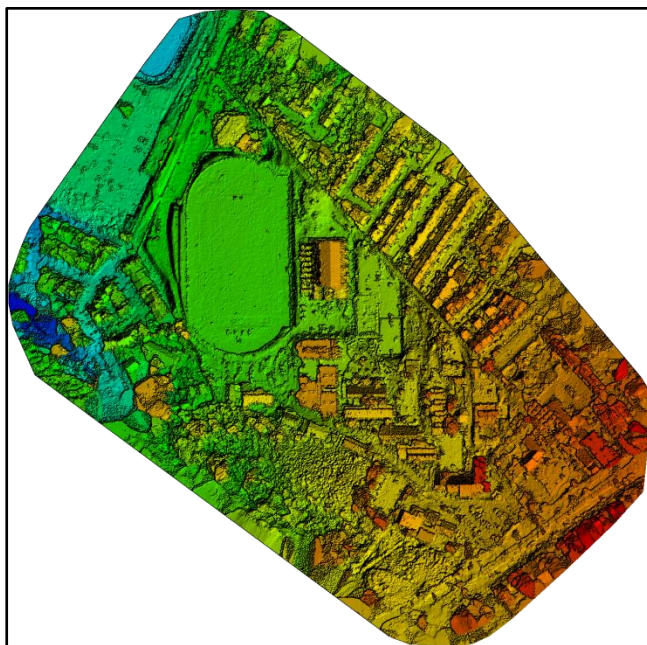


Imagen 36 Producto final MDS. Ver Anexo

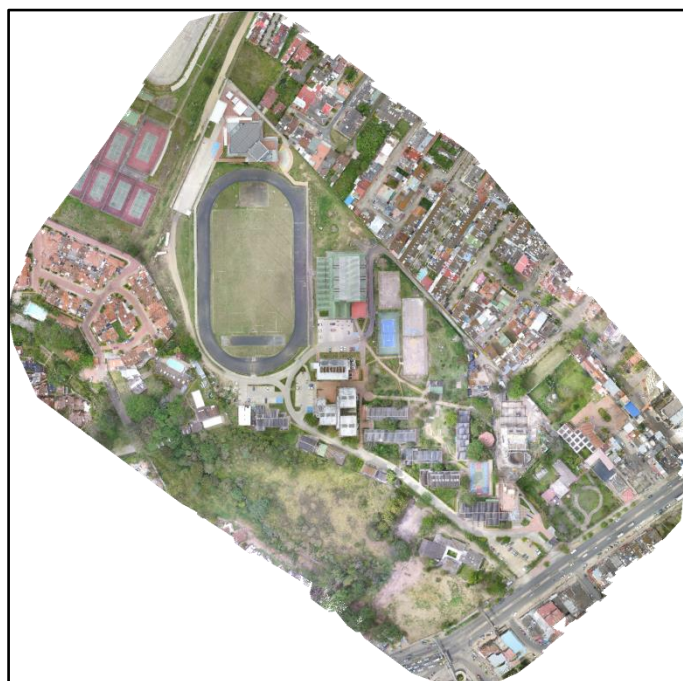


Imagen 37 Producto final Ortomosaico. Ver Anexo



## 7.12.

## COMPARACIÓN DE DATOS

### 7.12.1. COMPARACIÓN GOOGLE EARTH

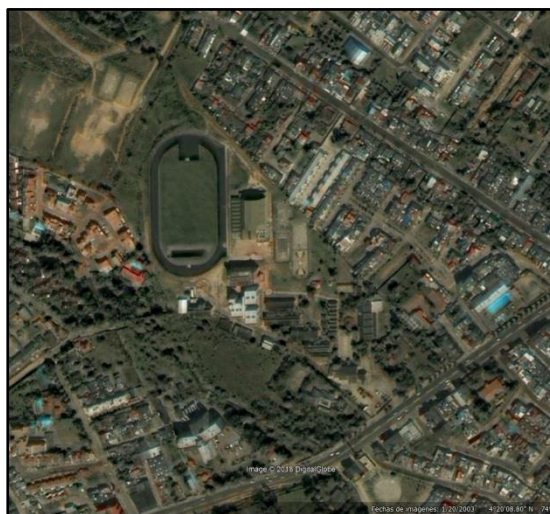


Imagen 38 Imagen Satelital de Google Earth de la Universidad año 2003



Imagen 39 Imagen Satelital de Google Earth de La Universidad actualizada a 2017



### 7.12.2. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN EL LEVANTAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD

La universidad de Fusagasugá, cuenta con un área de 68 Ha del cual se ha levantado información topográfica utilizando en un método la estación total convencional y con la otra metodología utilizando un vehículo aéreo no tripulado con cámara fotográfica incorporada; para ambos casos es requerido el uso de receptores de posicionamiento GPS para la determinación de coordenadas locales del predio.

Tabla 11 Comparación de metodologías

<b>Metodología de Levantamiento Topográfico mediante Estación Total y GPS</b>	<b>Metodología de levantamiento Topográfico VANT y software Fotogramétrico.</b>
Se debe realizar reconocimiento previo de trabajo en campo para la determinación de la metodología a emplear en el levantamiento topográfico.	
Se debe realizar la materialización de los Delta y determinación de coordenadas mediante observación GPS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horas de trabajo para la colección de información topográfica mediante estación total. Aprox. (8 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horas de trabajo para la planeación y ejecución del vuelo fotogramétrico mediante VANT. (3 horas)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de procesamiento de la información y generación de informe 8 horas.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Area levantada 68 Ha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Area levantada 135 Ha</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información obtenida: Nube de 584 puntos sobre el terreno natural faltantes en el terreno de la universidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información obtenida:</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -Nube de 1264 puntos sobre el terreno natural y capa vegetal.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• - Ortomosaico del área de interés y sus alrededores.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• - Modelo Digital de Superficie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• - Malla con textura 3D</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se Debe recorrer el predio capturando la información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se opera desde un punto óptimo el VANT para el sobre vuelo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dificulta tomar información en áreas inaccesibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se facilita tomar información en áreas inaccesibles.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se conoce la altura real del terreno natural bajo la vegetación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En áreas de vegetación densa no se conoce la altura del terreno natural.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La precisión de la información es por debajo de un centímetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La precisión de cada punto es aproximadamente de 3 a 10 centímetros, dependiendo de la altura de vuelo, el traslape de las fotografías, los parámetros de procesamiento y la calidad de la imagen.</li> </ul>



## 8. GLOSARIO

### **PLANIMETRÍA.**

En los proyectos de cartografía de gran tamaño se realizan ajustes para corregir los errores causados por la curvatura de la tierra y por el hecho de que las líneas norte-sur que pasan por diferentes puntos de la superficie terrestre convergen en los polos Norte-Sur. Por lo tanto estas no son paralelas entre sí, excepto en la línea del ecuador. Los cálculos que se hacen en superficies planas son relativamente simples, ya que el topógrafo puede utilizar la geometría y la trigonometría planas. (Mc. Cormac, 2005).

### **ALTIMETRÍA.**

Considera las diferencias de nivel existentes entre puntos de un terreno o construcción. Para poder conocer estas diferencias de nivel hay que medir distancias verticales directa o indirectamente. Esta operación se denomina nivelación. La superficie de nivel que se toma como referencia, bien sea esta real o imaginaria, se llama DATUM. (Torres Nieto & Villate Bonilla, 1968).

### **CURVAS DE NIVEL.**

Curva de nivel es la línea que une puntos de igual altitud y su representación en el plano viene dada por la intersección de una superficie de nivel con el terreno. Cuando la superficie de referencia es la del nivel medio del mar, a los desniveles se les llama altitudes. Por el contrario, si la superficie de comparación se elige arbitrariamente, a los desniveles calculados se les denomina cotas. (Lopez Cuervo y Estevez S., 1996).

Son un medio digital para representar la morfología de la superficie. Las TIN son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos). Los vértices están conectados con una serie de aristas para formar una red de triángulos. Existen diversos métodos de interpolación para formar estos triángulos, como la triangulación de Delaunay o el orden de distancias. ArcGIS es compatible con el método de triangulación de Delaunay. Las aristas de los TIN forman facetas triangulares contiguas y no superpuestas que se pueden utilizar para capturar la posición de entidades lineales que juegan un



papel importante en una superficie, como cadenas montañosas o arroyos. Las TIN se suelen utilizar para el modelado de alta precisión de áreas más pequeñas, como en aplicaciones de ingeniería, donde resultan útiles porque permiten realizar cálculos de área planimétrica, área de superficie y volumen. (ArcGIS Resource Center, 2012)

### **MODELO DIGITAL DE TERRENO:**

Un modelo digital de terreno (MDT) puede definirse como una representación estadística del terreno, en forma de números digitales, por medio de un conjunto de puntos con coordenadas x, y, z respecto a un sistema de georreferenciación conocido. Constituyen la base para un gran número de aplicaciones en ciencias de la Tierra, ambientales e ingenierías de diverso tipo. (Laflamme, 1958)

### **ESTACIÓN TOTAL LEICA TC 605L.**



Es un aparato electro-óptico, el cual permite realizar mediciones muy precisas por medio de un distanciómetro incorporado a un teodolito electrónico con un microprocesador.



## PRISMAS.



Son objetos circulares formados por seis caras de cristales reflectantes cuidadosamente ubicado que cumplen la función de regresar la señal emitida por la estación total.

## BASTONES.



Son básicamente tubos rectos de algún material rígido en su mayoría de aluminio y con un patrón de pintura visible que permita su ubicación y el cálculo aproximado de su longitud, en su base presentan una punta de acero resistente y en su parte superior un tornillo estándar que permite la instalación de prismas, antenas GPS u otros accesorios útiles en trabajos de topografía.



## TRÍPODE.



Es el soporte para diferentes instrumentos de medición como teodolitos, estaciones totales, niveles o tránsitos. Cuenta con tres pies de madera o metálicas que son extensibles y terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. Deben ser estables y permitir que el aparato quede a la altura de la vista del operador 1,40 m - 1,50 m. Son útiles también para aproximar la nivelación del aparato.



## 9. CONCLUSIONES

- Todas las metodologías utilizadas en las mediciones topográficas son precisas siempre y cuando sean realizadas con la rigurosidad que se requiere. Unas toman más tiempo que otras, pero todas son válidas. Económicamente el tiempo es dinero, y en este concepto, la rapidez y calidad de datos con la que se pueda recopilar la información en determinados proyectos es vital profesionalmente.
- Se identifica que con el proceso de depuración de datos obtenemos una base de datos consolidada y confiable para la generación y certificación de coordenadas geográficas y planas en el sistema de referencia Magna Sirgas.
- Con la revisión se observó que la información existente se logra clasificar y ordenar de acuerdo a las necesidades del proyecto, esto nos permite tener un acceso más fácil a la información.
- 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.



## 10. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta el desarrollo constante de la sede referente a las construcciones y obras civiles desarrolladas en ella, con el fin de actualizar dichos planos y mantener una información veraz y oportuna.
- Se recomienda utilizar el insumo proporcionado en este trabajo de grado (fotografía Aérea) para las actividades académicas y personal externo en cuanto a la ubicación geográfica dentro de la sede.
- se hace evidente el uso y necesidad de estos planos y fotografía en sitios estratégicos como información de rutas de evacuación.
- Se recomienda tener los insumos necesarios para la elaboración de las prácticas académicas, ya que el IGAC no proporciona las herramientas necesarias para las actividades de dichos proyectos.



## 11. BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFÍA

Alicante. (8 de Diciembre de 2016). Recuperado el 20 de Enero de 2017, de <http://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/linea-base>

Alicante. (8 de Diciembre de 2016). Recuperado el 20 de Enero de 2017, de <http://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/wgs-84-world-geodetic-system-1984>

Alicante. (8 de Diciembre de 2016). Recuperado el 20 de Enero de 2017, de <http://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/postproceso>

Alicante. (8 de Diciembre de 2016). Recuperado el 20 de Enero de 2017, de <http://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/cartografia>.

ArcGIS Resource Center. (7 de Noviembre de 2012). *ArcGIS Resource Center Desktop 10*. Obtenido de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/006000000001000000>

Camara de Comercio de Bogota. (2009). Descripción de los municipios de la Provincia de Sumapaz + Sibaté. En C. d. Bogota, *Plan de Desarrollo Turístico de la Provincia de Sumapaz + Sibaté* (pág. 8). bogota.: Camara de Comercio de Bogota, asocentro.

Casanova M., L. (2012). *Sistemas de Posicionamiento global*.

Casanova Matera, L. (2012). *Topografía Plana*. Bogota : Merida.

Casanova Matera, L. (2012). *TOPOGRAFIA PLANA*. BOGOTA: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

Castaño, S. L., & Almeciga, E. Y. (s.f.). *Sistema de informacion geografica 3D Universidad de Cundinamarca Sede Fusagasuga*. Universidad de Cundinamarca Sede Fusagasuga, Fusagasuga.

-Colombia, A. G. (s.f.). Archivo General de la Nación Colombia. Obtenido de <http://archivogeneral.gov.co/tablas-de-retencion-documental>

Cordoba M., J. (2014). *TOPOGRAFIA*. MEDELLIN.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.



Davis, R. E., & Foote, F. S. (1964). *Tratado de Topografía*. Valencia.

Doyle, F. (1978). *Digital Terrain Models: an overview*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Esri. (2016). *ArcGis for Desktop*. Obtenido de *Coordenadas Geocentricas*:  
<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/geocentric-coordinate-system.htm>

Franquet & Querol. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*. Valencia.: José María Franquet Bernis.

Garcia, D. (2016). *Documents Tips*. Obtenido de <http://documents.tips/documents/escalas-y-acotaciones.html>

Hernandez Valencia, L. (2011). *MANUAL DE OPERACIONES DE LA ESTACION TOTAL. Enseñanzas de la topografía*.

IERS (2000): Technical Note No. 27.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) . (2016). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.

IGAC. (2007). Instituto Geográfico Agustín Codazzi, TABLA DE RETENCION DOCUMENTAL, obtenido de <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/2c74dc8048f606d8a9a1f960a8421e2b/831+DIVISION+GEODESIA.pdf?MOD=AJPERES>.

IGAC. (2016). IGAC. Recuperado el 05 de 2016, de CONCEPTUALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES PARA LA OPERACIÓN DEL CATASTRO MULTIPROPÓSITO V. 1.0:  
[http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/1c64af804c520c6b8113ab86e2f93c93/Conceptualizacio%C3%ACn+y+epecificaciones+para+la+operacio%C3%ACn+del+catastro+multipropo%C3%ACsito+V.1.0.+06042016\).pdf?MOD=AJPERES](http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/1c64af804c520c6b8113ab86e2f93c93/Conceptualizacio%C3%ACn+y+epecificaciones+para+la+operacio%C3%ACn+del+catastro+multipropo%C3%ACsito+V.1.0.+06042016).pdf?MOD=AJPERES)

Laflamme, M. y. (1958). *Digital Terrain model*. cambridge: Instituto de Tecnología de Massachussetts .

Lopez Cuervo y Estevez S. (1996). *Topografía Edicion 1 y 2*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Lopez-Cuervo y Estevez, S. (1996). *Topografía Edicion 1*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.



Lopez-Cuervo y Estevez, S. (1996). *Topografía Edición 2*. Madrid: Mundi-Prensa.

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS MANEJO DE ARCHIVOS DE GESTIÓN Y CENTRA  
IGAC.(2016)

-Martín Furones, Á. (Enero de 2011). SISTEMA Y MARCO DE REFERENCIA  
TERRESTRE. Valencia, España

Martínez Casasnovas, J. A. (1999). *MODELOS DIGITALES DE TERRENO: ESTRUCTURAS DE DATOS Y  
APLICACIONES EN ANÁLISIS DE FORMAS DEL TERRENO Y EN EDAFOLOGÍA*. Lleida:  
QUADERNS DMACS Núm. 25, Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de  
Lleida.

Mc. Cormac, J. (2005). *TOPOGRAIA*. MEXICO: Limusa Wiley.

McCormac, J. (2005). *Topografía*. Balderas: Limusa Wiley.

periodismopublico. (24 de octubre de 2013). <http://periodismopublico.com>. Obtenido de  
<http://periodismopublico.com>: [http://periodismopublico.com/Se-reabrio-Centro-de-Alto-  
Rendimiento-de-Cundinamarca-en-Fusa](http://periodismopublico.com/Se-reabrio-Centro-de-Alto-Rendimiento-de-Cundinamarca-en-Fusa)

Sánchez R. Laura. (2004). Aspectos prácticos de la adopción del marco geocéntrico nacional  
de referencia magna-sirgas como datum oficial de Colombia.

Vanicek, P. and Steeves, R. (1996): Transformation of coordinates between two horizontal  
geodetic datums. In: *Journal of Geodesy*, No. 70. Pp. 740 – 745