ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y GEORREFERENCIACIÓN



MONTERÍA - CÓRDOBA

NOVIEMBRE DE 2024

CONTROL DE REVISIONES		
REV	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1	(06 - 2025)	Emitido para construcción -Aplica para informe de topografía

CONTROL DE COPIAS	
No. Copias	Física/Digital
1	Física (Ejemplo)

Elaboró:	Aprobó:
ELENA CORREA PADILLA	JAMILTON ECHEVERRI DIAZ
 GEÓGRAFA MP. (2021) 1592	 PROFESIONAL EN TOPOGRAFÍA T.P. 01-13521 CPNT

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 NORMATIVIDAD 6
3 TERMINOLOGÍA 7
4 ÁREA DE ESTUDIO 10
4.1 Localización del Proyecto 10
4.2 Características Geográficas 11
5 METODOLOGÍA 12
5.1 INFORMACIÓN SECUNDARÍA 13
5.1.1 Escrituras públicas 13
5.1.2 Imágenes satelitales 13
5.1.3 Catastro de redes 13
5.2 EQUIPOS 13
5.2.1 Especificaciones de los equipos 13
5.2.2 Calibración de los equipos 14
5.3 INFORMACIÓN PRIMARIA 14
5.3.1 Materialización de vértices principales 14
5.3.2 GNSS 15
5.3.2.1 Selección del sistema Global de Referencia 15
5.3.2.2 Post procesamiento GPS 23
5.3.3 Materialización de vértices auxiliares 25
5.3.4 Levantamiento Topográfico 25
5.3.4.1 Metodología de levantamiento por RTK 25
5.3.5 Insumos 25
5.3.5.1 Carteras topográficas 25
5.3.5.2 Planos topográficos 26
5.3.5.3 Registro Fotográfico 26
6 RESULTADOS 26
6.1 INFORMACIÓN SECUNDARÍA 26
6.2 EQUIPOS 26
6.2.1 Especificaciones de los equipos 26
6.2.2 Calibración de los equipos 27
6.3 INFORMACIÓN PRIMARIA 27
6.3.1 Materialización de vértices principales 27
6.3.2 GNSS 27
6.3.2.1 Selección del sistema Global de Referencia 27
6.3.2.2 Post procesamiento GPS 28
6.3.3 Materialización de vértices auxiliares 34
6.3.4 Levantamiento Topográfico 34

6.3.4.1 Metodología de levantamiento por RTK 34
6.3.4.2 Metodología de levantamiento con estación total 35

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 38

8 BIBLIOGRAFÍA 39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización General 10
Figura 2 Localización específica 11
Figura 3 Características geográficas Montería 12
Figura 4 Guía Metodológica Topografía. 12
Figura 5 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B 16
Figura 6 Coordenadas cartesianas tridimensionales 16
Figura 7 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS 17
Figura 8 Componente red activa y pasiva del IGAC 18
Figura 9 Red pasiva y activa del IGAC 19
Figura 10 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger 20
Figura 11 Modelo de velocidades VEMOS 2009 22
Figura 12 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004 23
Figura 14 Selección de antenas y vértices de la red Magna 28
Figura 15 Diagrama de vectores 29
Figura 16 Tiempo de rastreo antenas de control 29
Figura 17 Coordenadas ajustadas del BM 30
Figura 18 Vértices seleccionados de la red Pasiva IGAC 33
Figura 19 Vértices de control BMs 34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Listado de normatividad topográfica 7
Tabla 2 Terminología relacionada con topografía 9
Tabla 3 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00 20
Tabla 4 Calendario Juliano año bisiesto 21
Tabla 5 Relación de equipos utilizados 26

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Materialización vértice BM 1 y BM 2 27

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1 Archivos Crudos (No imprimir)

Anexo 2 Equipos

Anexo 3 post Procesamiento GPS

Anexo 4 Formato de Posicionamiento

Anexo 5 Polígono de control RTK

Anexo 6 Cartera de coordenadas

Anexo 7 Planos Topográficos

Anexo 8 Registro Fotográfico

Anexo 9 Memorial de responsabilidades

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la solicitud presentada se realizará el estudio para el proyecto **"ESTUDIOS, Y DISEÑOS DE UN CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO EN LA CIUDAD DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA".** El insumo base para cualquier proyecto de ingeniería relacionada con la construcción es la topografía, ya que sobre esta se pueden realizar mediciones, localizaciones, referencia iones y cuantificación de cantidades de obra y movimientos de tierra.
Con este informe se busca soportar las diferentes actividades realizadas para la georreferenciación y levantamiento topográfico, describiendo de manera precisa las metodologías utilizadas durante los trabajos de campo para la obtención de la información que posteriormente debe ser procesada durante un trabajo de oficina haciendo uso tanto de software grafico como software de cálculo.

El desarrollo del trabajo se divide en dos componentes. El primer componente es la georreferenciación proceso en el cual se realiza una integración de la zona de estudio a un sistema de información geográfico certificado, para lo cual se hará uso de equipos GPS doble frecuencia y posteriormente se realizará un post procesamiento de la información colectada en campo para realizar los ajustes pertinentes. El segundo componente es el levantamiento topográfico, para lo cual se utilizarán metodologías establecidas durante muchos años las cuales han brindado confiablidad en la captura de datos de campo, los cuales deben ser procesados para generar planos topográficos que describan de manera gráfica los diferentes atributos de campo y las diferentes geoformas de la superficie.

Cabe resaltar que las diferentes actividades de georreferenciación y topográficas están sometidas a un grado de precisión los cuales serán garantizados dentro de su rango por esta consultoría. La importancia de lo mencionado es garantizar durante el desarrollo de la ingeniería tener todas las herramientas graficas respecto a la topografía para generar diseños confiables y certeros. El levantamiento topográfico también garantizará en el momento de cuantificar volúmenes de excavación o de relleno, una alta precisión en los cálculos respectivos, minimizando los errores relativos en los cálculos.

2 NORMATIVIDAD

Antes de llevar a cabo las actividades topográficas, se tienen en cuenta las normativas vigentes y la documentación relacionada con el componente topográfico. A continuación, se detallan las normas y documentos clave que se aplicarán:

ID Norma	Descripción
Resolución 643 de 2018	Especificaciones técnicas de levantamiento planimétrico para las actividades de barrido predial masivo y las especificaciones técnicas del levantamiento topográfico planimétrico para casos puntuales. (IGAC, 2018)

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

Resolución 715 de 2018	Por medio de la cual se actualiza el marco geocéntrico nacional de referencia: Magna-Sirgas. (IGAC, 2018)
Resolución 471 de 2020	Especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia. (IGAC, 2020)
Resolución 529 de 2020	Por medio de la cual se modifica la resolución 471 de 2020 "Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de cartografía básica oficial en Colombia". (IGAC, 2020)
Resolución 370 de 2021	Por medio de la cual se establece el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia. (IGAC, 2021)
NTC 6271 de 2018	Información geográfica. Estudios topográficos. (ICONTEC, 2018)
NTC 5043 de 2010	Información geográfica. Conceptos básicos de la calidad de los datos geográficos. (ICONTEC, 2010)
Guía Metodológica de 1997	Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS. (IGAC, 1997)

Fuente: elaboración propia

Tabla 1 Listado de normatividad topográfica

3 TERMINOLOGÍA

Concepto	Definición
Altura elipsoidal	Distancia vertical entre el elipsoide y un punto geodésico, medida a lo largo de la normal al elipsoide que pasa por el punto de interés.
Altura geoidal	Distancia entre el geoide y el elipsoide medida a lo largo de la línea real de la plomada. También se denomina ondulación geoidal.
Altura nivelada	Distancia vertical medida entre dos puntos mediante observaciones ópticas de los desniveles existentes entre ellos. Puede ser geométrica o trigonométrica.
Ángulo Vertical	Define el grado de inclinación de un alineamiento sobre el terreno. Si se toma como referencia la línea horizontal, el ángulo vertical se llama ángulo de pendiente, el cual puede ser positivo o de elevación o negativo o de depresión, y este es el ángulo que se conoce como pendiente de una línea, el cual puede ser expresado tanto en ángulo como en porcentaje.
Ondulación Geoidal	**C**orresponde a la distancia que hay entre el geoide y el elipsoide la cual es medida como referencia la línea real de una plomada influenciada por el efecto de la gravedad.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

Azimut	Angulo que forma una línea con dirección norte-sur, medido de 0° a 360° en el sentido de las manecillas del reloj
BM (Benchmark)	Punto de referencia materializado mediante un mojón o una señal permanente, al cual se le han determinado su posición en (x, y) y su altura (z).
Cartera electrónica	Los teodolitos modernos y estaciones totales vienen equipados con un dispositivo recolector automático de datos, que son del tamaño de una calculadora o vienen directamente incorporados al equipo, que guardan magnéticamente los datos, tales como la identificación de puntos, distancias y ángulos horizontales y verticales y algunas anotaciones descriptivas
Cota	Cifra que representa la altitud de un punto, con respecto a un plano horizontal o nivel de referencia
Curva de nivel	Son líneas que se trazan en los planos de planta con el fin de representar el relieve o configuración topográfica de un terreno. Una curva de nivel une puntos del terreno que tienen igual cota o altura, por lo tanto, representan la intersección del terreno con un plano horizontal. La separación entre las curvas de nivel en el plano de planta, representa la distancia horizontal entre ellas y la distancia o intervalo vertical se deduce por diferencia de las cotas anotadas. La cota o altura de una curva de nivel es la cota o altura del plano horizontal que la contiene.
Datum geodésico	Proporciona la base fundamental para la definición de la ubicación geográfica de un punto. Sus valores están definidos en función del tamaño, la forma y la ubicación del elipsoide de referencia.
Error	Diferencia entre el valor observado o calculado de una cantidad y el valor ideal o verdadero de la misma.
Escala	Es la razón o relación constante que hay entre la distancia sobre un mapa, Plano o fotografía aérea y la distancia medida sobre el plano representado.
Georreferenciación	Localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y datum determinado)
GNSS	Acrónimo inglés para el Sistema Global de Navegación por Satélite.
GPS	Sistema de posicionamiento global que se basa en el principio de la medición de distancias (Pseudo distancias) desde satélites al receptor del GPS a través de la medición del tiempo.
Marco de referencia	Materialización de un sistema de referencia mediante un conjunto de puntos reales, cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado.
Materialización	Monumento o marca que sirve de testigo físico de un punto definido mediante coordenadas determinadas sobre un sistema de referencia dado

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

Modelo digital de terreno (MDT)	Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua. Representa la superficie del suelo sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios.
Nivel automático	Instrumento óptico de precisión que permite obtener visuales a partir de un eje de referencia conocido como cenit. El nivel de precisión siempre se encuentra en una posición horizontal (90º respecto al cenit). Las lecturas obtenidas de las miras por medio del nivel de precisión, permite calcular la diferencia de nivel entre diferentes puntos.
Nivelación geométrica	Determinación de la diferencia de la altura geoidal (H) entre dos o más puntos con respecto a un datum vertical
Planimetría	Conjunto de métodos y procedimientos que permiten representa a escala, detalles del terreno sobre una superficie plana, se representa en una proyección horizontal
Poligonal cerrada	Tipo de poligonal que se origina en un punto y azimut de posición horizontal conocidos y cierra en otro punto y azimut de posición conocidos.
Precisión	Medida de la repetitividad de un conjunto de medidas. Grado de cumplimiento de las observaciones, en relación a su valor real, siendo desconocido, el valor más probable que se considera como aritmética de estas observaciones o cumple con el 95% de confiabilidad.
Rinex	Formato de intercambio independiente del receptor (Receiver Independent Exchange). Es un formato estándar que permite el uso intercambiable de datos GNSS. Consiste en archivos de tipo ASCII, que contiene datos de observación, mensaje de navegación de los satélites y datos meteorológicos.
Rover	En el método diferencial para los levantamientos con GPS (DGPS), corresponde al equipo que no se encuentra sobre un punto de coordenadas conocidas; es decir el equipo se utiliza para medir los puntos a partir de una base conocida.
Sistema de referencia	Conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que definen en cualquier momento, la orientación, la ubicación y la escala de los tres ejes coordenados (X,Y,Z).

Fuente: elaboración propia

Tabla 2 Terminología relacionada con topografía

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

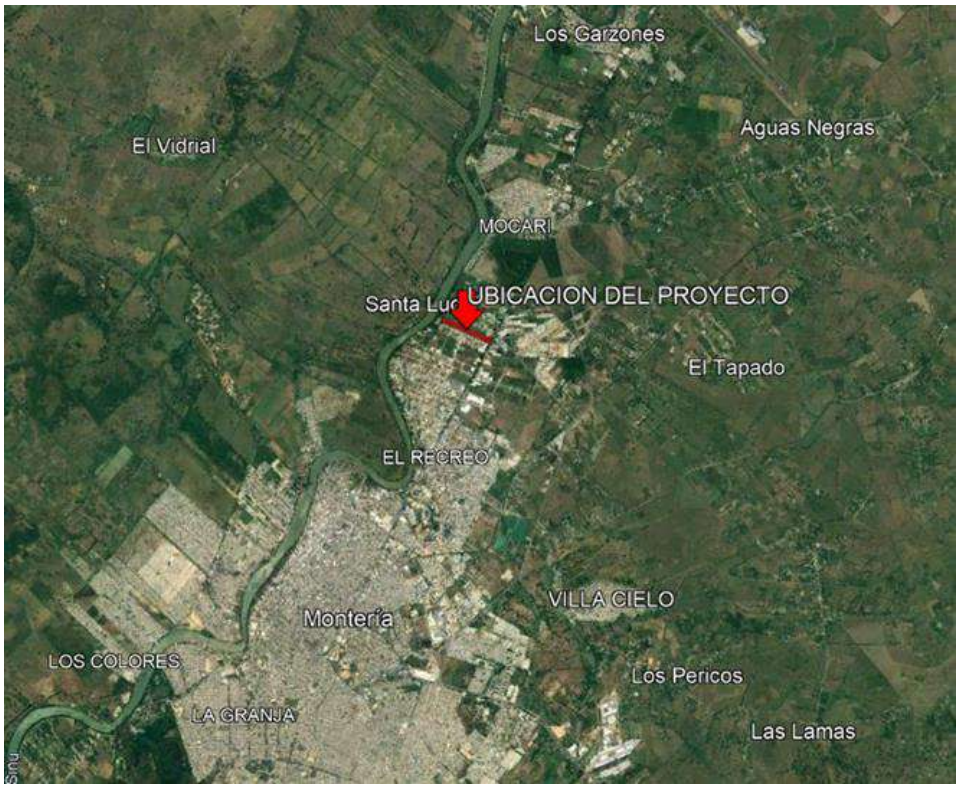
4 ÁREA DE ESTUDIO

En este capítulo se presentan las características generales de la zona del proyecto, para la contextualización previa a la realización del estudio topográfico.

4.1 Localización del Proyecto

El proyecto se encuentra localizado dentro de la universidad de Córdoba en el municipio de Montería, departamento de Córdoba; en las coordenadas geográficas correspondientes al Datum WGS84 Latitud N8° 47' 15.21" Longitud W75° 51' 35.48"

En la **Figura 1** y **Figura 2** se puede observar la localización general y especifica del levantamiento topográfico del presente estudio.



Fuente: Google Earth
Figura 1 Localización General

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: Google Earth.
Figura 2 Localización específica

4.2 Características Geográficas

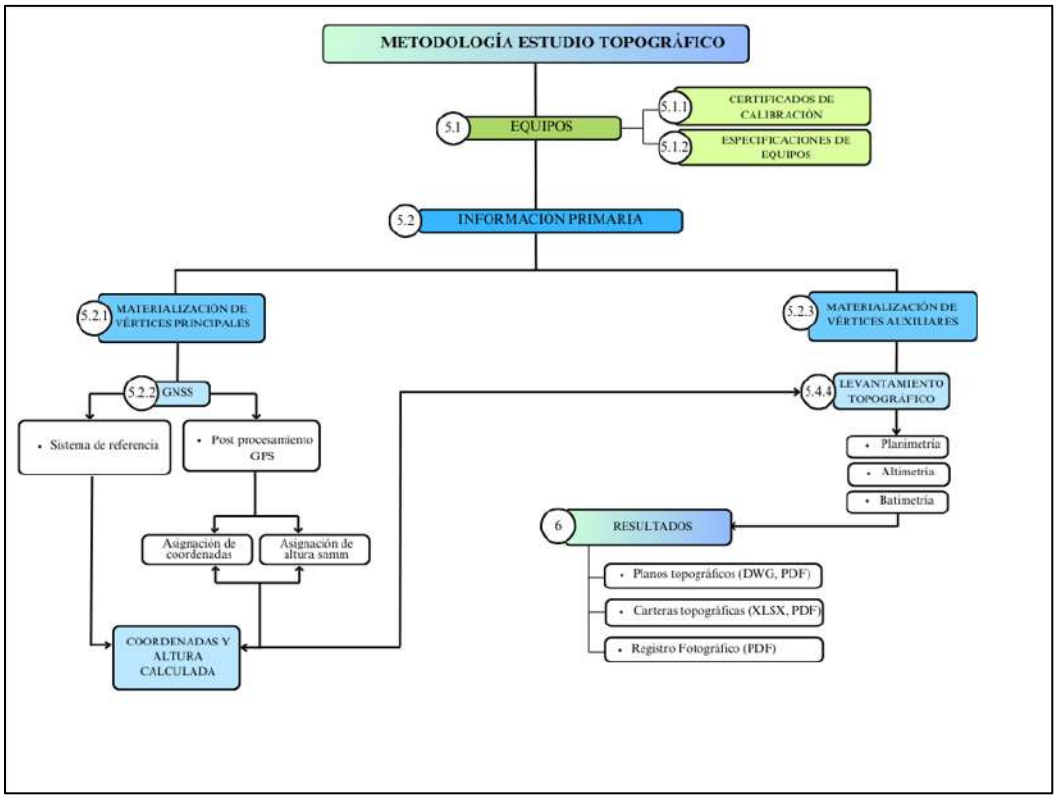
Montería es la capital del departamento de Córdoba, ubicada en el norte de Colombia, dentro de la región Caribe. Se encuentra a unos 18 metros sobre el nivel del mar, en una llanura de relieve plano y suelos fértiles, lo que favorece la actividad agropecuaria. Es atravesada por el río Sinú, que recorre la ciudad de sur a norte y constituye su principal fuente hídrica, influyendo en su economía, biodiversidad y cultura. El clima de Montería es tropical monzónico, con temperaturas medias entre 26 °C y 28 °C, alta humedad y dos estaciones: una seca (diciembre a marzo) y otra lluviosa (abril a noviembre). Su ecosistema predominante es el bosque seco tropical, aunque muchas áreas han sido modificadas por la ganadería y la agricultura. Estas condiciones hacen de Montería un importante centro agrícola y ganadero del Caribe colombiano. (Ver **Figura 3**).

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: periódico el meridiano
Figura 3 Características geográficas Montería

5 METODOLOGÍA



Fuente: Elaboración propia.
Figura 4 Guía Metodológica Topografía.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

En la **Figura 4** se detalla la metodología que se llevará acabo para los estudios topográficos; a continuación, se describe cada uno de los ítems.

5.1 INFORMACIÓN SECUNDARÍA

Para la realización de los estudios topográficos, es conveniente contar con algunos de los siguientes insumos secundarios para el desarrollo de las actividades:

5.1.1 Escrituras públicas

Juegan un papel crucial debido a su importancia en la definición, delimitación y legalización de propiedades, ya que contienen descripciones detalladas de los límites y las dimensiones del terreno.

5.1.2 Imágenes satelitales

Son fundamentales por su capacidad para proporcionar una vista detallada, amplia y precisa del terreno a diferentes escalas y resoluciones, facilitando la gestión de datos geoespaciales.

5.1.3 Catastro de redes

Es importante puesto que, proporciona una base sólida para la planificación, gestión y mantenimiento de las infraestructuras. Este presenta un registro detallado y sistemático que incluye la documentación y gestión de redes como tuberías de agua, alcantarillado, cables eléctricos, etc.

5.2 EQUIPOS

Durante el trabajo de campo se pueden utilizar diferentes equipos topográficos para medir y analizar el terreno con precisión; estos equipos permiten a los topógrafos obtener los datos necesarios para la planificación y ejecución distintos proyectos de construcción, infraestructura, cartografía, etc.

5.2.1 Especificaciones de los equipos

- ✓ **Estación total:** es un instrumento electrónico que combina las funciones de un teodolito y un distanciómetro. Mide ángulos horizontales y verticales, así como distancias desde el equipo hasta un punto específico. Muy utilizado en levantamientos topográficos detallados, alineación de estructuras, replanteo de puntos en obras de construcción y en la obtención de datos para crear planos tridimensionales del terreno.

- ✓ **Nivel de Precisión:** instrumento que utiliza un telescopio montado en una plataforma nivelada para determinar la diferencia de altura entre dos puntos. Es usado en nivelaciones de terrenos, construcción de carreteras y otras obras donde es crucial conocer las elevaciones.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

- ✓ **GPS RTK:** es un sistema avanzado de posicionamiento global que proporciona datos de ubicación con una precisión centimétrica en tiempo real; utiliza técnicas de corrección diferencial para reducir errores y ofrecer una exactitud alta.

- ✓ **Dron:** son aeronaves no tripuladas, equipadas con cámaras y sensores para capturar imágenes aéreas y datos topográficos. Son muy útiles en levantamientos de terrenos extensos, generación de modelos 3D y monitoreos de obras de construcción.

- ✓ **Ecosonda:** equipo especializado que se utiliza para medir la profundidad de los cuerpos de agua, funciona mediante la emisión de pulsos de sonido (ultrasonidos) hacia el fondo del cuerpo de agua; estos pulsos rebotan en el fondo y regresan al receptor del equipo. El tiempo que tarda el sonido en regresar al equipo se utiliza para calcular la distancia entre la superficie del agua y el fondo, determinando así la profundidad.

5.2.2 Calibración de los equipos

La calibración de los equipos de topografía es crucial para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones que se realizan, su importancia se debe a que puede ejecutar corrección de errores sistemáticos, reducir desviaciones, producir datos consistentes, prevenir errores acumulativos, minimizar riesgos en los proyectos, etc.

5.3 INFORMACIÓN PRIMARIA

La obtención de información primaria para el estudio topográfico, consisten en los datos y detalles recolectados directamente del terreno mediante las mediciones. La información es esencial para crear una representación precisa y detallada de la superficie terrestre y se recolecta utilizando los equipos topográficos.

5.3.1 Materialización de vértices principales

Antes de iniciar el posicionamiento GPS para el proyecto, se materializará una línea base de control por medio de vértices denominados **BMs o GPS,** base la cual serán el punto de partida para los diferentes procesos topográficos. La línea base se materializa con puntillas de acero delimitados con pintura o platinas de aluminio incrustadas en estructuras existentes como andenes, box culvert, bordillo, etc.

Dependiendo del terreno, se construirán monumentos en concreto simple en forma rectangular con medidas de 30cm x 30 cm, en la cual se ancla una platina de aluminio donde se marca la información necesaria del proyecto.

Cabe aclarar que, en muchas ocasiones no se utiliza platinas ya que la comunidad las desprende. La materialización de los puntos de control se realiza en áreas despejadas donde se encuentre la menor

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

cantidad de obstáculos que puedan interferir con la colección de datos satelitales y así garantizar la mayor precisión durante el post proceso.

5.3.2 GNSS

Los GNSS (Global Navigation Satellite Systems) son sistemas de navegación por satélite que proporcionan cobertura global, permitiendo a los usuarios determinar su posición geográfica con alta precisión en cualquier lugar del mundo. Estos sistemas, que incluyen GPS (Estados Unidos), GLONASS (Rusia), Galileo (Unión Europea) y BeiDou (China), son esenciales en la topografía moderna, ya que facilitan la medición precisa de distancias y coordenadas, mejorando significativamente la eficiencia y exactitud en la creación de mapas y la realización de estudios geodésicos.

La capacidad de obtener datos topográficos precisos y en tiempo real a través de GNSS ha revolucionado la forma en que se llevan a cabo proyectos de ingeniería, construcción y planificación urbana, permitiendo una toma de decisiones.

5.3.2.1 Selección del sistema Global de Referencia

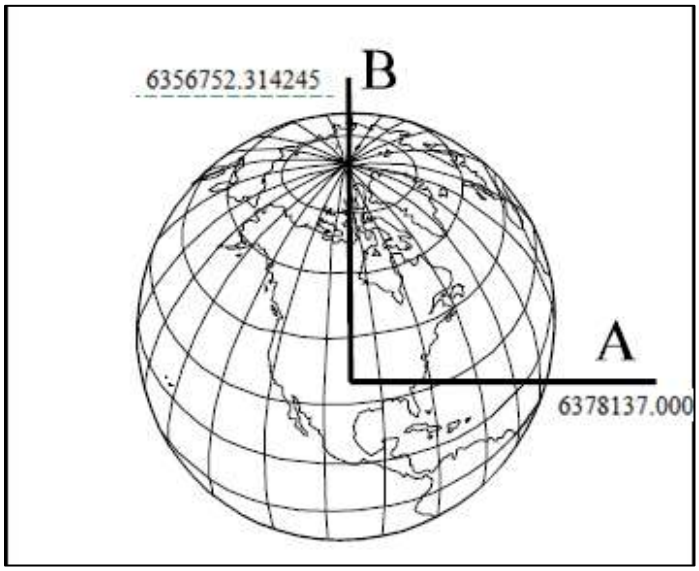
La selección del sistema global de referencia, se convierte en la primera referencia global que permite ubicar el desarrollo del en un sistema de coordenadas conocido y estandarizado. De lo anterior, la necesidad de especificar el sistema seleccionado dado que será el insumo de control geográfico. A continuación, se especifica el sistema de referencia adoptado según la normatividad vigente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

- ✓ ***Datum geodésico horizontal***

Se conoce como el conjunto de mediciones que definen la orientación de un elipsoide de referencia en la superficie terrestre. Conocer el datum geodésico de referencia, permite conocer dimensiones de una superficie cartográfica de una región especifica. Para Colombia, el datum geodésico de referencia es el WGS-84, cuyo elipsoide asociado a este sistema es GRS80.

Normalmente, los sistemas de referencia o datum geodésico de cada elipsoide, están asociados a longitudes de un semi eje mayor y semi eje menor, ver **Figura 5.**

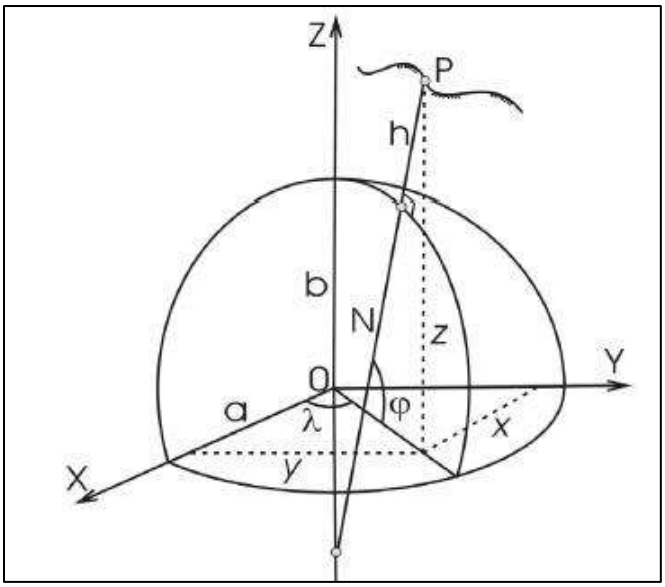
Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: Figura 18 TeleSig-Universidad Nacional 2003
Figura 5 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B

- ✓ ***Sistema geocéntrico de referencia global***

Sistema de coordenadas que tiene como origen el centro de la tierra y los puntos coordenados se definen de forma cartesiana por medio de líneas paralelas desde su origen (centro de la tierra) con coordenadas ***Xo, Yo*** *y* ***Zo*** (ver **Figura 6**). El sistema geocéntrico de referencia adoptado por Colombia según el IGAC, es el ITRF 2014 (International Terrestrial Reference Frame 2014).



Fuente: Figura 4.1 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 6 Coordenadas cartesianas tridimensionales

- ✓ ***Sistema geocéntrico de referencia de las Américas***

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: Figura 8 Adopción marco de referencia MAGNA SIRGAS 2004
Figura 7 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS

El IGAC ha adoptado como sistema de referencia de coordenadas local, el sistema MAGNA SIRGAS (*Marco Geocéntrico Nacional de Referencia – Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas).* El cual está compuesto por una red de estaciones GPS de alta precisión distribuidos en América del Sur. Esta red fue determinada entre los años 1994, 1995 y 1997, con una reocupación de otras antenas en el año 2007. La red MAGNA SIRGAS, corresponde a una integración de la red del Marco internacional de Referencia Terrestre (ITRF) a través de la vinculación por medio del sistema SIRGAS, Lo que garantiza que los procesos de amarres geodésicos en Colombia están asociados a un sistema de referencia global. En la **Figura 7,** se observa la red SIRGAS.

- ✓ ***Sistema geocéntrico de referencia local***

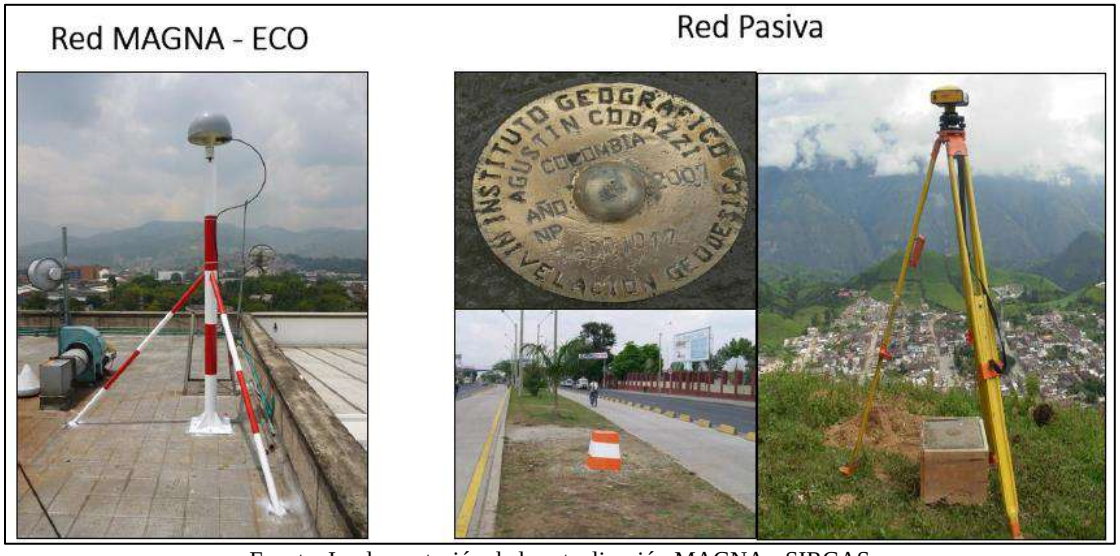
Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

El sistema de referencia local MAGNA, está compuesto por una red de GPS de 62 estaciones localizadas en diferentes ciudades del territorio nacional (red activa) y 6966 vértices materializados a lo largo del país (red pasiva). Estas dos redes, componen la red geodésica adoptada por Colombia y administrada por el IGAC, la cual sirve de referencia para procesos catastrales, geográficos, topográficos y desarrollo de proyectos de ingeniería. Tal información, puede ser obtenida de los datos abiertos de la página del IGAC (Geodesia), en formato shapefile.

La información de la red activa del IGAC, se puede obtener de manera mensual de la página coordenadas semanales, sistema de referencia (http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/), en donde se cargan las coordenadas ajustadas en épocas recientes de la red MAGNA SIRGAS y los archivos Rinex de las antenas GPS, de pueden descargar de la página del IGAC, datos abiertos (https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia), archivos rinex (FTP); página online donde el IGAC carga para uso libre los archivos rinex colectados en las antenas GPS. Los archivos mencionados anteriormente componen la información primordial para realizar un ajuste por post-proceso de información GPS (latitud, longitud y altura elipsoidal) para proyectos, en este caso particular de Ingeniera y Topografía.

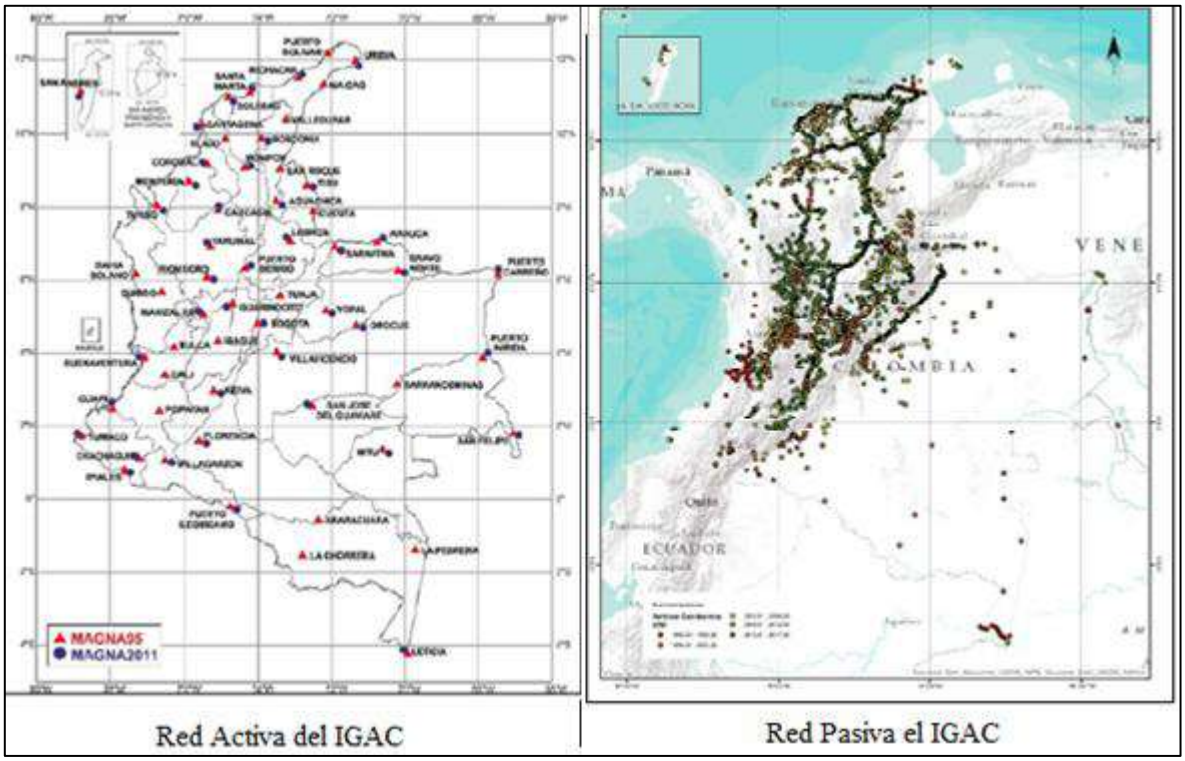
La información de la red pasiva del IGAC, se puede obtener de la página del IGAC (https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia - Datos Coordenados Red Geodésica Nacional Nuevo ITRF 2014); archivo en formato .xls, en el cual esta consignada la información de los 6966 vértices materializados en todo el país. Esta información es de gran utilidad en caso de no usar la red activa para el posicionamiento de GPS base en la red pasiva y GPS rover en la zona del proyecto a desarrollar. Adicional, es de gran importancia para la asignación de altura sobre el nivel del mar, ya que estos vértices, contienen información necesaria para tal obtención.

En la **Figura 8,** se puede observar el componente físico de la red activa MAGNA – ECO y el modelo tipo de los vértices materializados de la red pasiva. Adicional en la **Figura 9**, se puede observar la ubicación en el territorio nacional de la red activa y pasiva respectivamente.



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 8 Componente red activa y pasiva del IGAC

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



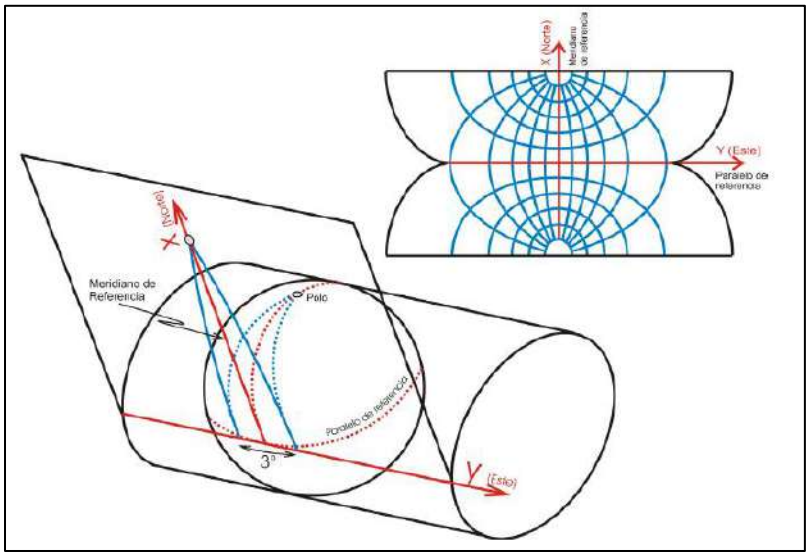
Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 9 Red pasiva y activa del IGAC

- ✓ ***Coordenadas planas en Colombia***

Dada la dificultad de trabajar en un sistema de coordenadas tridimensional como sistema el sistema de coordenadas geocéntrico o elipsoidal, en Colombia se estableció un sistema de coordenadas planas denominado sistema cartográfico Gauss – Kruger, el cual corresponde a la proyección de coordenadas para Colombia en función de los meridianos y paralelos sobre un plano horizontal (sistema bidimensional). Normalmente, este sistema esta expresado en coordenadas norte y este después de transformar coordenadas geocéntricas y elipsoidales.

Colombia adopto 5 orígenes cartesianos para el desarrollo de proyectos dentro del territorio nacional, los cuales permiten encausar el área de estudio al origen más cercano y así evitar que la distorsión por curvatura terrestre, se convierta en un problema de posicionamiento global. En la **Figura 10,** se observa la proyección cartográfica adoptada por Colombia y en la **Tabla 3,** las coordenadas de los orígenes cartesianos actualizados al sistema de referencia geocéntrico ITFS 2014, **época 2018.00.**

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: Figura 4.2 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 10 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger

Origen	Coordenadas elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá - MAGNA	4° 35' 46,3316"	74° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Este Central – MAGNA	4° 35' 46,3316"	71° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Este Este – MAGNA	4° 35' 46,3316"	68° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Oeste – MAGNA	4° 35' 46,3316"	77° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3316"	80° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Insular	4° 35' 46,3316"	83° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0

Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Tabla 3 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00

- ✓ ***Selección de época de entrega información***

Una vez identificada la red geocéntrica de referencia, es necesario conocer la época en la cual será entregada la información geodésica del proyecto. Cabe aclarar que la información GPS es colectada en tiempo real para realizar el post-procesamiento. Sin embargo, la entrega de las coordenadas de localización del proyecto, deben ser convertidas a época de certificada por el IGAG, época actualizada durante la campaña de *(Implementación de la Actualización del Marco Geocéntrico de Referencia MAGNA-SIRGAS. Resultados y Observaciones).* En donde se establece que la época de entrega de información es: **época 2018.00**, ITRF 2014.

En este punto del trabajo, es de vital importancia aclarar que, la entrega de información en época certificada será aclarada y especificada en los diferentes anexos, etapas y planos de estudio, ya que, de no ser así, se podría incurrir en una errónea selección de las coordenadas del proyecto durante la etapa constructiva, lo cual podría generar desfases en los replanteos y referencias de los elementos diseñados. Dicho lo anterior, las coordenadas de los trabajos desarrollados actualmente (tiempo real),

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

deben ser transformados a época certificada. La obtención de la época del posicionamiento se halla mediante la **expresión 1**.

$$Ep = A + \frac{Dj}{365} \qquad EC\ 1$$

Donde

Ep = Época de posicionamiento
A = Año de posicionamiento
Dj = Día Juliano

Julian Day Table

Add one to day number for leap years: 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	001	032	060	091	121	152	182	213	244	274	305	335
2	002	033	061	092	122	153	183	214	245	275	306	336
3	003	034	062	093	123	154	184	215	246	276	307	337
4	004	035	063	094	124	155	185	216	247	277	308	338
5	005	036	064	095	125	156	186	217	248	278	309	339
6	006	037	065	096	126	157	187	218	249	279	310	340
7	007	038	066	097	127	158	188	219	250	280	311	341
8	008	039	067	098	128	159	189	220	251	281	312	342
9	009	040	068	099	129	160	190	221	252	282	313	343
10	010	041	069	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	011	042	070	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	012	043	071	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	013	044	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	014	045	073	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	015	046	074	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	016	047	075	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	017	048	076	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	018	049	077	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	019	050	078	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	021	052	080	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	022	053	081	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	023	054	082	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	024	055	083	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	025	056	084	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	026	057	085	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	027	058	086	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	028	059	087	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	029		088	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	030		089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	031		090		151		212	243		304		365

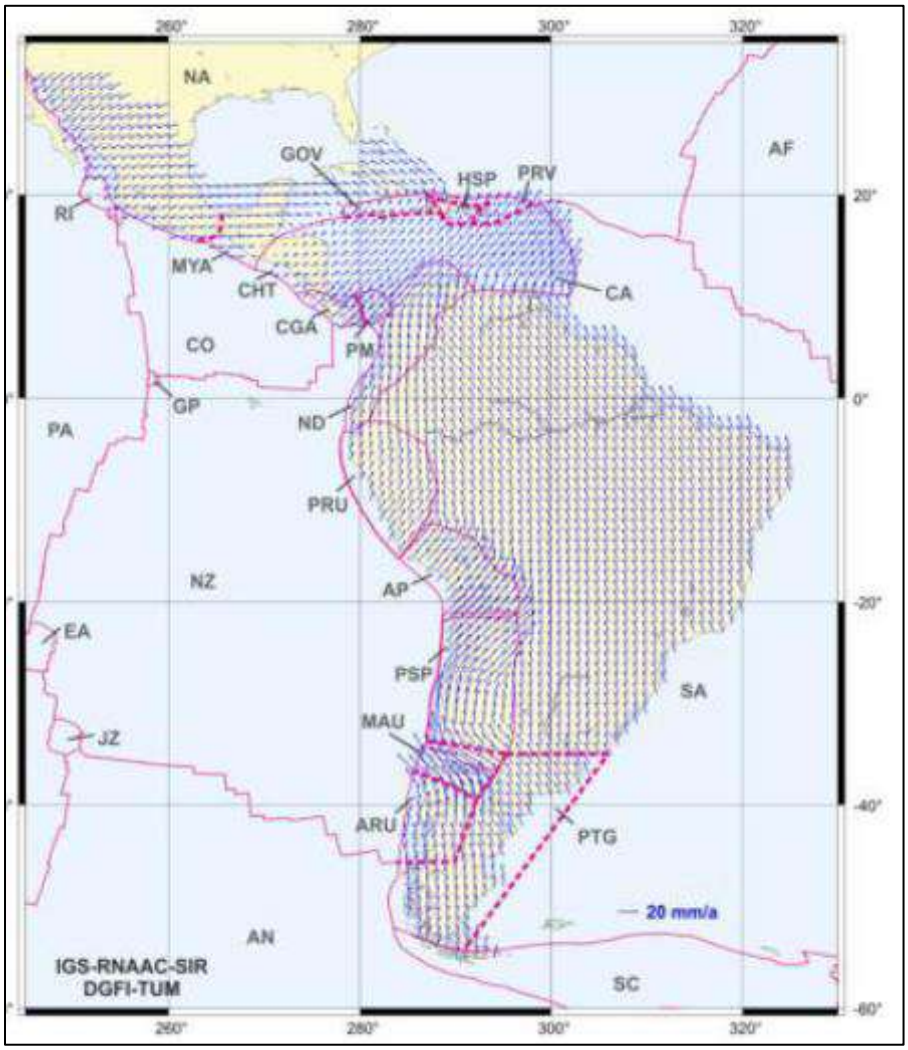
Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Tabla 4 Calendario Juliano año bisiesto

El día juliano, se halla en la **Tabla 4** para año bisiesto; para año no bisiesto se debe restar un día a cada día después del 01 de marzo. Para la transformación de coordenadas en función de la época, será empleado el software Magna Sirgas Pro 4.2.

- ✓ ***Modelo de velocidades adoptado***

El cálculo de velocidades de la red SIRGAS, se realizó con base en las estaciones de la red GPS en funcionamiento, basado en procesos y proyectos de desarrollo geodinamico. Con el modelo de velocidades, se busca determinar el desplazamiento de un punto en la superficie en función del desplazamiento del centro de la tierra causado por movimientos telúricos a través del tiempo. Esta consultoría, opta como uso del modelo de velocidades, el modelo VEMOS 2009. Ver **Figura 11.**

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 11 Modelo de velocidades VEMOS 2009

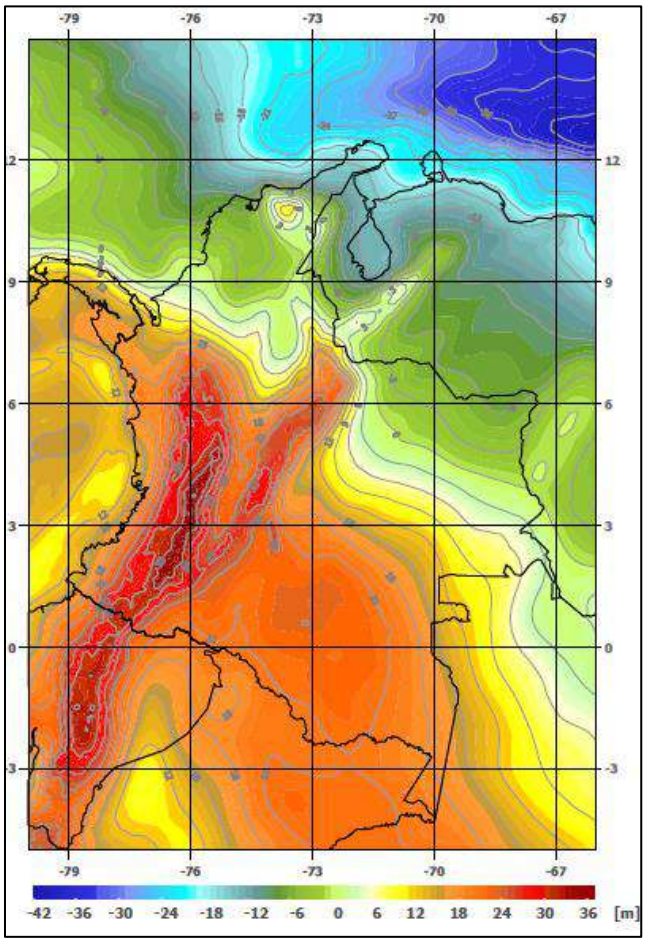
- ✓ ***Modelo geoidal para Colombia***

Partiendo del sistema tridimensional MAGNA SIRGAS, se puede obtener la altura elipsoidal de diferentes vértices y antenas por medio de la información certificada del IGAC y la red SIRGAS. Sin embargo, la obtención de altura de referencia para Colombia, es la altura sobre el nivel medio del mar; información que se obtiene a partir de un proceso de gravedad terrestre y de un sistema vertical de referencia (modelo geoidal, GEOCOL 2004). Ver **Figura 12**

Para la asignación de altura o elevación con referencia del nivel medio del mar, se aplica la metodología especificada en la guía "*guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS"*; metodología que especifica el proceso secuencial y lógico

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

para asignar alturas haciendo uso de tecnología GPS. Es necesario aclarar, que para la aplicación del método es necesario conocer la altura elipsoidal y la ondulación geoidal.



Fuente: Figura 2.7 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 12 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004

5.3.2.2 Post procesamiento GPS

Una vez especificado el sistema de referencia geocéntrico tridimensional y el sistema de referencia cartográfico bidimensional, se procederá a realizar el post-procesamiento de información GPS por medio de corrección diferencial. El procedimiento se explica a continuación:

- ✓ ***Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA***

Una vez materializados los vértices GPS se seleccionaron las antenas de la red activa para asignación de coordenadas y el vértice de la red pasiva para asignación de altura sobre el nivel del mar. Tal selección se realiza en función de la ubicación de los vértices materializados en el área de estudio y se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

- Las antenas seleccionadas de la red activa, se deben encontrar dentro del marco geocéntrico nacional (MAGNA) con sistema de referencia geocéntrico para las Américas (SIRGAS). Adicional, se seleccionan las antenas más cercanas al área del proyecto y garantizar un rastreo mínimo de 3.5 min por kilómetro de distancia.

- Los vértices seleccionados de la red pasiva, se deben encontrar a una distancia no mayor a 18 km con la finalidad de no afectar el proceso de cálculo por la presencia de la curvatura de la tierra.

✓ ***Cálculo de coordenadas y alturas del proyecto***

Una vez materializados los vértices del proyecto, posicionado el equipo GPS doble frecuencia y realizada la colección de información satelital, se realiza el cálculo de las coordenadas del proyecto siguiendo la secuencia presentada a continuación:

- **Post Procesamiento GPS para asignación de coordenadas**

El post procesamiento GPS se logra haciendo uso del software Leica Geo Office, el cual solicita definir los puntos de control, en este caso serán las antenas seleccionadas de la red activa del IGAC y solicita los vértices a ajustar (los vértices del proyecto). Con la finalidad de cumplir los tiempos mínimos de rastreo establecidos como recomendación por el IGAC, son seleccionadas las antenas de la red activa más cercanas del IGAC como antenas de control.

Posteriormente, desde las antenas seleccionadas se ajustan los vértices de control materializados en el área de influencia del proyecto objeto de estudio aplicando la metodología presentada anteriormente y complementando que las coordenadas deben ser actualizadas a la época del posicionamiento (tiempo real); tal proceso se realiza asistido por el software Magna Sirgas Pro 5.0.

- **Asignación de elevación sobre el nivel del mar**

Se utiliza el caso 1. PUNTO, de la "Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS", para lo cual se seleccionan tres vértices actualizados y ajustados de la red pasiva del IGAC. En el software Magna Sirgas Pro 5.0, se calcula la ondulación geoidal de los vértices del área de estudio y se asigna elevación sobre el nivel del mar de los vértices del proyecto partiendo desde los vértices de la red pasiva.

A modo de control, se calcula la altura sobre el nivel del mar de dos vértices seleccionados de la red pasiva; la finalidad de este procedimiento, es comparar la altura calculada por la metodología planteada por el IGAC y la altura certificada de la red pasiva, de esta forma poder garantizar la concordancia de la información de alturas y garantizar que los vértices del proyecto quedaron ajustados de forma correcta.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

5.3.3 Materialización de vértices auxiliares

Una vez realizado el post proceso GPS y obtenidas las coordenadas corregidas de los BMs, se obtiene las coordenadas corregidas de los vértices auxiliares materializados correspondientes a la poligonal de control. Cabe aclarar que los vértices mencionados, son relevantes durante el levantamiento topográfico puesto que corresponden a la línea base o referencia para futuros replanteos.

5.3.4 Levantamiento Topográfico

Existen distintos tipos de levantamientos topográficos, entre los más comunes se encuentran los levantamientos planimétricos, altimétricos y batimétricos.

El **levantamiento planimétrico** se enfoca en la determinación precisa de las posiciones horizontales de los puntos sobre la superficie terrestre, sin considerar las elevaciones.

Por el contrario, el **levantamiento altimétrico** se centra en la medición de las elevaciones del terreno, su objetivo es determinar las alturas de puntos específicos y representar el relieve del terreno mediante curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales.

Debido a lo anterior, estos tipos de levantamiento son fundamentales para una amplia gama de aplicaciones en ingeniería, construcción, planificación urbana y estudios ambientales. La precisión y el detalle que proporcionan estos levantamientos permiten una comprensión integral del terreno, esencial para el desarrollo y gestión eficaz de proyectos.

Tanto para los levantamientos planimétrico y altimétrico se pueden diferentes metodologías para la recopilación de la información, como se describe a continuación:

5.3.4.1 Metodología de levantamiento por RTK

El levantamiento con GPS RTK cumple una función similar a la estación total, la cual es asignar coordenadas a diferentes puntos de la superficie. Los receptores RTK son dispositivos avanzados que captan señal satelital GPS y GLONAS; Adicional permiten comunicar el receptor/emisor base (punto fijo) con otro receptor denominado rover (punto móvil) haciendo cálculos desde señales electromagnética para conseguir coordenadas y elevaciones de la superficie con precisiones cercanas a 1 cm.

5.3.5 Insumos

Finalmente, se obtiene una serie de insumos como resultado del procesamiento de la información, que serán utilizados para los distintos estudios y diseños, los cuales se describen a continuación:

5.3.5.1 Carteras topográficas

Las carteras topográficas contendrán la información de los puntos del levantamiento con sus características (Norte, Este, Latitud, Longitud, Cota y Código).

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

5.3.5.2 Planos topográficos

Los planos topográficos representarán de manera gráfica y detallada la superficie de un terreno, en el cual se presenta la forma y características del relieve, incluyendo elevación, depresiones, pendientes y otros elementos naturales y artificiales.

5.3.5.3 Registro Fotográfico

El registro fotográfico, es la evidencia del trabajo que se realiza y una referencia visual exacta del estado y entorno del terreno en el momento del levantamiento, ayudando a identificar características específicas que pueden no ser fácilmente representadas en los planos.

6 RESULTADOS

En este capítulo se consignan los resultados obtenidos del levantamiento topográfico y su respectivo post procesamiento para la obtención de coordenadas y altura s.n.m.m, realizados en el presente estudio.

6.1 INFORMACIÓN SECUNDARÍA

En el presente proyecto no se llevó a cabo la utilización de información secundaría del área de estudio.

6.2 EQUIPOS

Durante el trabajo de campo se utilizaron equipos topográficos electrónicos, tales como GPS RTK y Estación Total.

6.2.1 Especificaciones de los equipos

Las especificaciones de los equipos utilizados demostraron la calidad, precisión y eficiencia del trabajo topográfico realizado, razón por la cual, los datos recolectados son confiables y pueden ser utilizados para los posteriores estudios. En la

Tabla 5 se consignan algunas especificaciones de los equipos empleados.

Equipo	Marca	Serie/Modelo	Precisión		Alcance
GPS RTK	CHCNAV	M3 3237760 M3 3237753	±(10MM+1PPMRSM) HORIZONTAL	± (15MM+1PPMRSM) VERTICAL	5 KM
ESTACIÓN TOTAL	TOPCON GTS-230	UN 0766	± (2 MM + 2PPM XD') EMC - EN DISTANCIA	5” 1.5 MGON - EN ÁNGULO	3000 M 1 PRISMA

Fuente: Elaboración propia
Tabla 5 Relación de equipos utilizados

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

6.2.2 Calibración de los equipos

El certificado de calibración del equipo utilizado autentica que han sido probado y ajustados para cumplir con los estándares de precisión requeridos, en ellos se encuentra la información del equipo, los detalles del proceso, los resultados, validez, trazabilidad y fecha de próxima calibración.

En el **anexo 2** del presente informe se encuentra la información correspondiente a los certificados de calibración y especificaciones de los equipos respectivamente.

6.3 INFORMACIÓN PRIMARIA

La recolección de la información primaria tuvo los resultados presentados a continuación:

6.3.1 Materialización de vértices principales

Para el presente proyecto, se materializó dos vértices denominados BM1 y BM2 con platinas de aluminios, ancladas a estructuras existentes y delimitados con pintura roja como se muestra en la **Fotografía 1.**

	
Posicionamiento GPS- RTK BM1	Posicionamiento GPS- RTK BM2

Fuente: fotografía tomada en campo
Fotografía 1 Materialización vértice BM 1 y BM 2

6.3.2 GNSS

6.3.2.1 Selección del sistema Global de Referencia

El sistema global de referencia utilizado es el MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional en Colombia - Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). El origen cartesiano para el presente proyecto es Magna Colombia Oeste, con coordenadas planas Gauss Krugger.

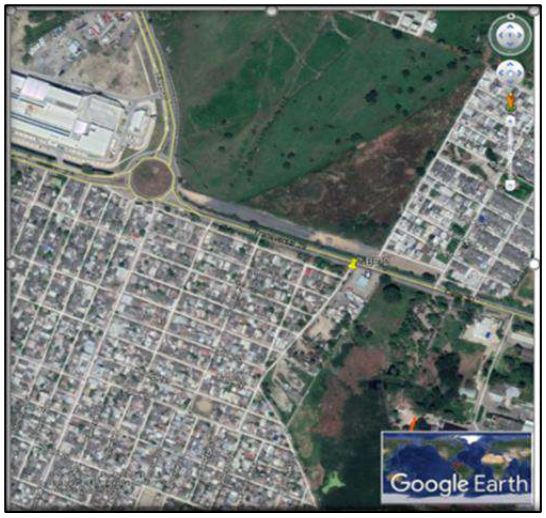
Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

6.3.2.2 Post procesamiento GPS

- ✓ ***Selección de vértices de la red MAGNA***

La empresa SERTET SAS, materializó una base de control para el desarrollo de proyectos georreferenciados en el departamento de Córdoba, la cual se post proceso y ajusto desde el NP del IGAC **GPS-CR-T-6** por medio de un proceso de triangulación o línea base

la Red Pasiva seleccionada para la corrección de la antena Base de SERTET fue: **GPS-CR-T-6**. (Ver **Figura 13**).



Red Pasiva

Fuente: IGAC y Google Earth
Figura 13 Selección de antenas y vértices de la red Magna

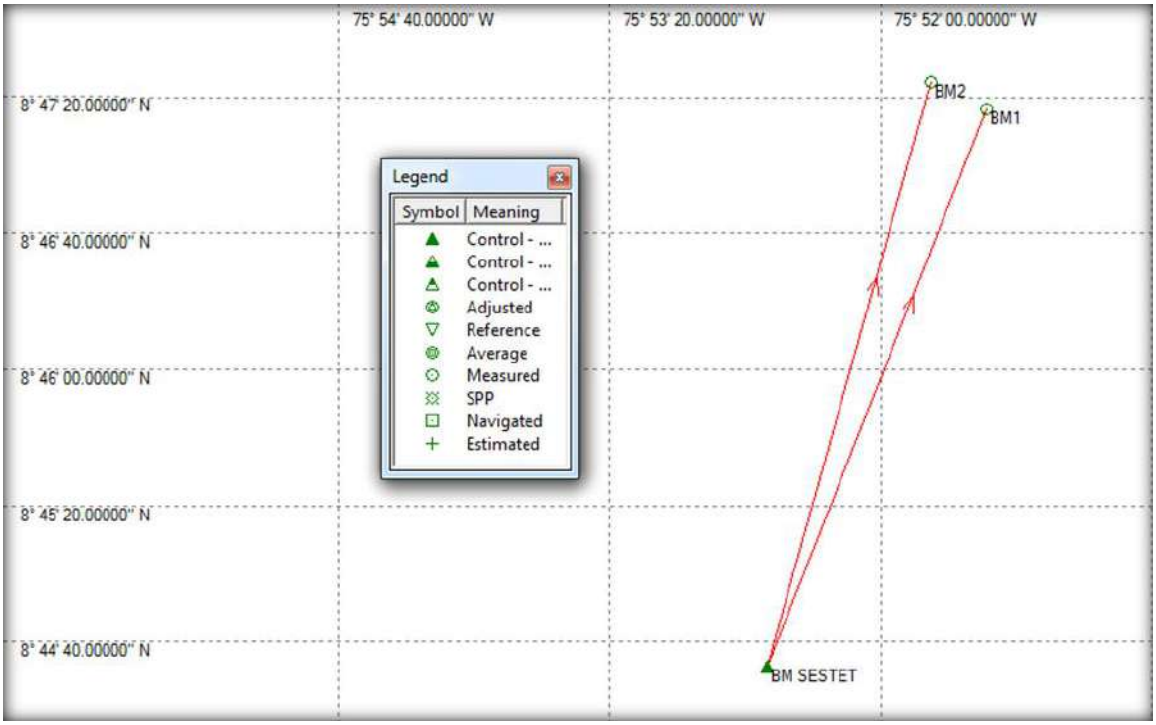
- ✓ ***Cálculo de coordenadas y alturas del proyecto***

El resultado del cálculo de las coordenadas y alturas del proyecto se pueden observar en las gráficas que se presentan a continuación:

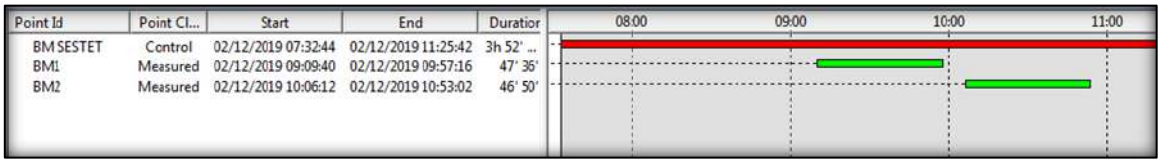
- **Post- Procesamiento GPS para asignación de coordenadas**

Se realizó el post procesamiento de la información en el software Leica Geo Office y Magna Sirgas Pro 5.0, en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **y Figura 13** se observan las antenas d e la red activa utilizadas como antenas de control. En la **Figura** 14 se observa el diagrama de vectores, en la **Figura 15** el tiempo de rastreo y en la **Figura 16** las coordenadas ajustadas de los vértices materializados.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: Leica Geo Office
Figura 14 Diagrama de vectores



Fuente: Leica Geo Office
Figura 15 Tiempo de rastreo antenas de control

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

BM SESTET - BM1	Reference: BM SESTET		Rover: BM1
Coordinates:			
Latitude:	8° 44' 32.54038" N		8° 47' 16.33329" N
Longitude:	75° 52' 33.25842" W		75° 51' 28.79833" W
Ellip. Hgt:	17.1556 m		16.9357 m
Solution type:	Phase: all fix		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Time span:	02/12/2019 09:09:40 - 02/12/2019 09:57:16		
Duration:	47' 36"		
Quality:	Sd. Lat: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0002 m	Sd. Lon: 0.0001 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0004 m
Baseline vector:	dLat: 0° 02' 43.79291" Slope: 5404.0160 m	dLon: 0° 01' 04.46009"	dHgt: -0.2199 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.2 - 3.1 PDOP: 1.9 - 2.6	HDOP: 1.0 - 1.2	VDOP: 1.7 - 2.4

BM SESTET - BM2	Reference: BM SESTET		Rover: BM2
Coordinates:			
Latitude:	8° 44' 32.54038" N		8° 47' 24.46442" N
Longitude:	75° 52' 33.25842" W		75° 51' 45.06382" W
Ellip. Hgt:	17.1556 m		17.4581 m
Solution type:	Phase: all fix		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Time span:	02/12/2019 10:06:12 - 02/12/2019 10:53:02		
Duration:	46' 50"		
Quality:	Sd. Lat: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0002 m	Sd. Lon: 0.0002 m Sd. Slope: 0.0002 m	Sd. Hgt: 0.0004 m
Baseline vector:	dLat: 0° 02' 51.92404" Slope: 5483.4499 m	dLon: 0° 00' 48.19460"	dHgt: 0.3024 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.3 - 6.2 PDOP: 2.0 - 5.0	HDOP: 1.1 - 2.0	VDOP: 1.7 - 4.5

Fuente: Leica Geo Office
Figura 16 Coordenadas ajustadas del BM

Los reportes del post – proceso mencionado anteriormente, se pueden evidenciar en el **anexo 3.** Adicional, en la **Tabla** se puede observar los resultados de las coordenadas de los vértices del proyecto BMs (resultados del post – proceso) en época del posicionamiento y época certificada por el IGAC (**época 2018.00**). Las coordenadas presentadas en la tabla mencionada anteriormente se encuentran en el sistema tridimensional geodésico y geocéntrico y en el sistema bidimensional cartográfico Gauss Kruger.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

VERTICE PARA CONTROL TOPOGRAFICO BM-1						
ANEXO 7						
Departamento :	CORDOBA		Municipio:		MONTERIA	
COORDENADAS GAUSS KRUGER MAGNA DE LA BASE			COORDENADAS GEODESICAS WGS84 DE LA BASE			
EPOCA	2019.12		EPOCA		2019.12	
Norte:	1463774.287		Latitud: N	8	47	16.33329
Este:	1134181.596		Longitud: W	75	51	28.79833
Altura Elipsoidal:	16.936		Altura Elipsoidal:		16.936	
DEFINICIÓN DE LA EPOCA ACTUAL						
Fecha de Levantamiento:	Dia	Mes	Año	Dia Juliano	Epoca Actual	
	12	2	2019	43	2019.12	
Diferencia del Tiempo (Tiempo Transcurrido):			Epoca Actual	Epoca Anteri	Diferencia del Tiempo	
			2019.12	1995.4	23.72	
DESPLAZAMIENTO OBSERVADO						
Δx:	0.0105	m/año	x	23.72	0.249036986	m
Δy:	0.0043	m/año	x	23.72	0.101986575	m
Δz:	0.0105	m/año	x	23.72	0.249036986	m
COORDENADAS GAUSS KRUGER MAGNA DE LA BASE			COORDENADAS GEODESICAS WGS84 DE LA BASE			
EPOCA	1995.40		EPOCA		1995.40	
Norte:	1463774.034		Latitud: N	8	47	16.32509
Este:	1134181.330		Longitud: W	75	51	28.80705
Altura Elipsoidal:	16.936		Altura Elipsoidal:		16.936	

VERTICE PARA CONTROL TOPOGRAFICO BM-2						
ANEXO 7						
Departamento :	CORDOBA		Municipio:		MONTERIA	
COORDENADAS GAUSS KRUGER MAGNA DE LA BASE			COORDENADAS GEODESICAS WGS84 DE LA BASE			
EPOCA	2019.12		EPOCA		2019.12	
Norte:	1464022.534		Latitud: N	8	47	24.46442
Este:	1133683.581		Longitud: W	75	51	45.06382
Altura Elipsoidal:	17.458		Altura Elipsoidal:		17.458	
DEFINICIÓN DE LA EPOCA ACTUAL						
Fecha de Levantamiento:	Dia	Mes	Año	Dia Juliano	Epoca Actual	
	12	2	2019	43	2019.12	
Diferencia del Tiempo (Tiempo Transcurrido):			Epoca Actual	Epoca Anteri	Diferencia del Tiempo	
			2019.12	1995.4	23.72	
DESPLAZAMIENTO OBSERVADO						
Δx:	0.0105	m/año	x	23.72	0.249036986	m
Δy:	0.0043	m/año	x	23.72	0.101986575	m
Δz:	0.0105	m/año	x	23.72	0.249036986	m
COORDENADAS GAUSS KRUGER MAGNA DE LA BASE			COORDENADAS GEODESICAS WGS84 DE LA BASE			
EPOCA	1995.40		EPOCA		1995.40	
Norte:	1464022.281		Latitud: N	8	47	24.45622
Este:	1133683.315		Longitud: W	75	51	45.07254
Altura Elipsoidal:	17.458		Altura Elipsoidal:		17.458	

Fuente: elaboración propia

Tabla 6 Coordenadas de los BMs de posicionamiento época 2018.00

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

- **Asignación de elevación sobre el nivel del mar**

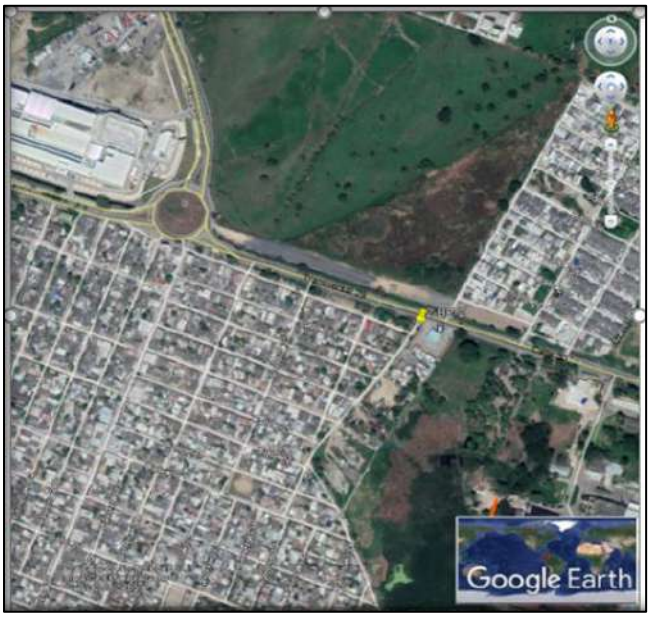
El cálculo de la elevación sobre el nivel del mar se realizó con tres vértices actualizados y ajustados de la red pasiva del IGAC (ver **Tabla y Figura 17).** Los resultados para la obtención de altura están consignados en la **Tabla .**

En la **Tabla ,** se puede deducir la precisión del método ya que al asignar alturas a los vértices de la red pasiva y comparar con las alturas certificadas por el IGAC, se encuentra que las diferencias no son significativas.

RGeoJSON:FID	1592
OGRGeoJSON:PUNTO	2-BE-2
OGRGeoJSON:MUNICIPIO	MONTERÍA
OGRGeoJSON:DEPARTAMEN	Córdoba
OGRGeoJSON:FECHA_CALC	2002
OGRGeoJSON:LATITUD	8.74114078056
OGRGeoJSON:LONGITUD	-75.8638589722
OGRGeoJSON:ALTURA_ELI	16.6638
OGRGeoJSON:ALTURA_NIV	14.025
OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR	Geométrica
OGRGeoJSON:ONDULACION	3.46
OGRGeoJSON:X	1539741.86664
OGRGeoJSON:Y	-6113645.24429
OGRGeoJSON:Z	962877.240124
OGRGeoJSON:VX	0.0104
OGRGeoJSON:VY	0.0043
OGRGeoJSON:VZ	0.0106

Fuente: red pasiva IGAC
Tabla 7 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com



Fuente: red pasiva IGAC, Google Earth
Figura 17 Vértices seleccionados de la red Pasiva IGAC

ANEXO 8 CASO 2 NIVELACIÓN GPS METODO PERFIL				
Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol_2004	Altura Geometrica	MATRIZ RESULTANTE H_{GPS} Final
GPS-D-CR-002	17.312 m	3.36 m	14.800 m	14.800 m
BM 1	16.936 m	3.22 m		14.564 m
BM 2	17.458 m	3.22 m		15.086 m
SAZ-GPS-D-CR-002	17.447 m	3.35 m		14.945 m
2-BE-2	16.664 m	3.46 m		14.052 m
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m		15.515 m
GPS-D-CR-002	17.312 m	3.36 m	14.800 m	14.800 m

Fuente: elaboración propia
Tabla 8 cálculo de alturas sobre el nivel del mar, vértices del proyecto

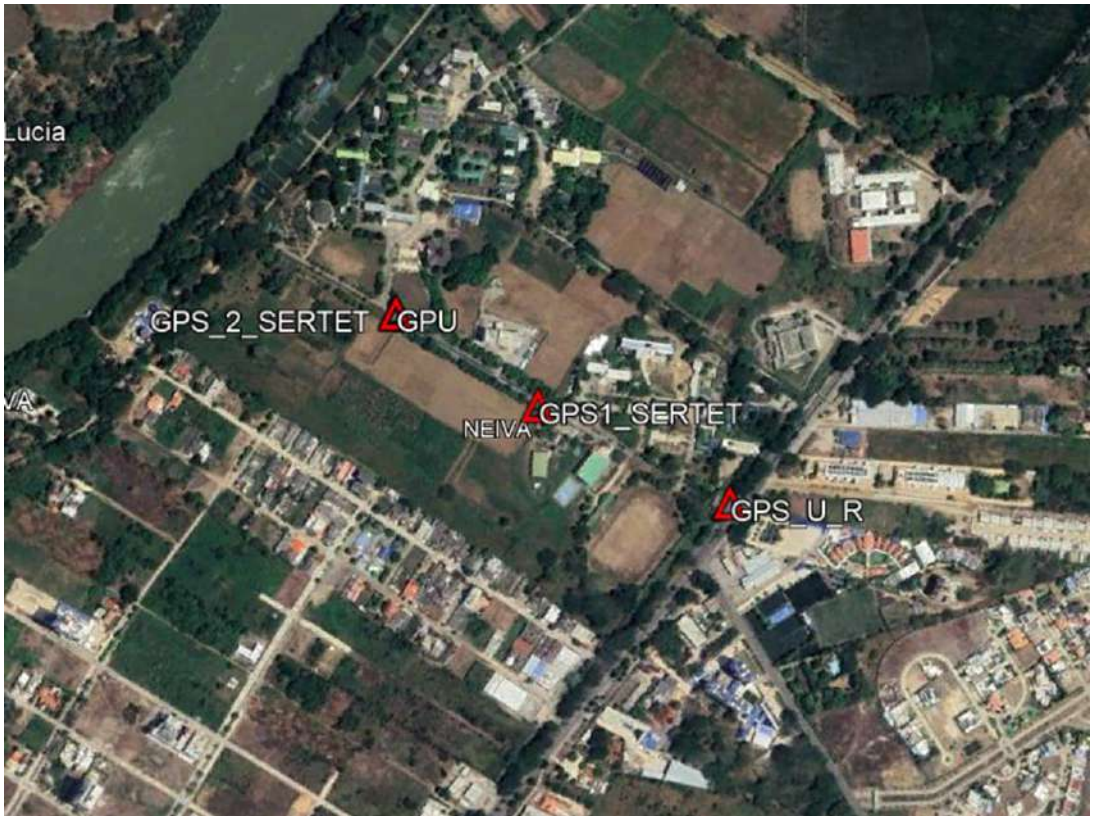
Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol_2004	Altura Nivelada Certificada	Altura Nivelada Calculada
GPS-D-CR-002	17.312 m	3.36 m	14.800 m	14.800 m
SAZ-GPS-D-CR-002	17.447 m	3.35 m	14.900 m	14.945 m
2-BE-2	16.664 m	3.46 m	14.025 m	14.052 m
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m	15.409 m	15.515 m

Fuente: elaboración propia
Tabla 9 Verificación de elevación snmm, vértice de la red pasiva

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

6.3.3 Materialización de vértices auxiliares

La ubicación de los vértices materializados en campo, se observa en **Figura 18,** adicional, en el **anexo 5** se consignan las coordenadas corregidas de los vértices auxiliares, correspondientes a la poligonal de control.



Fuente: Google Earth
Figura 18 Vértices de control BMs

6.3.4 Levantamiento Topográfico

El estudio topográfico consistió en recolectar la información en campo (latitud, longitud y altitud), para obtener la forma del terreno del área de estudio, el cual se realizó a través de la siguiente metodología:

6.3.4.1 Metodología de levantamiento por RTK

La poligonal o vértices auxiliares se realizó a través de la metodología RTK, los cuales corresponden a la línea base o referencia para futuros replanteos. se observa el archivo crudo RTK, donde se presenta los parámetros importantes que miden la calidad geométrica de la posición de los satélites, y, por ende, la precisión de las coordenadas obtenidas.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

6.3.4.2 Metodología de levantamiento con estación total

Se utilizó esta metodología, tanto para el presente estudio. En el **anexo 1** se consignan los archivos crudos de la Estación total**,** la cartera de coordenadas con los puntos levantados se encuentra en el **anexo 6.** La **Tabla** , presenta un resumen de la cartera de coordenadas.

NODO	NORTE	ESTE	LONGITUD	LATITUD	ALTURA NIVELADA	CODIGO
1	1133676.518	1463964.861	W75° 51' 45.30"	N8° 47' 22.59"	15.12	GPS_2_SERTET
2	1133677.362	1463965.551	W75° 51' 45.27"	N8° 47' 22.61"	15.106	GPU
3	1134181.298	1463774.043	W75° 51' 28.81"	N8° 47' 16.33"	14.56	GPS_U_R
4	1133894.136	1463867.849	W75° 51' 38.19"	N8° 47' 19.41"	14.211	GPS1_SERTET
5	1133952.360	1463726.869	W75° 51' 36.30"	N8° 47' 14.81"	13.041	ALBERCA
6	1133954.391	1463725.657	W75° 51' 36.24"	N8° 47' 14.77"	13.014	ALBERCA
7	1133953.574	1463728.824	W75° 51' 36.26"	N8° 47' 14.88"	13.045	ALBERCA
8	1133955.616	1463727.594	W75° 51' 36.20"	N8° 47' 14.84"	13.133	ALBERCA
9	1133975.238	1463740.241	W75° 51' 35.55"	N8° 47' 15.25"	13.28	ALBERCA
10	1133977.440	1463739.063	W75° 51' 35.48"	N8° 47' 15.21"	13.282	ALBERCA
11	1133974.356	1463733.583	W75° 51' 35.58"	N8° 47' 15.03"	13.247	ALBERCA
12	1133972.049	1463734.794	W75° 51' 35.66"	N8° 47' 15.07"	13.256	ALBERCA
13	1133958.139	1463727.485	W75° 51' 36.11"	N8° 47' 14.83"	13.168	ANDEN
14	1133958.841	1463727.103	W75° 51' 36.09"	N8° 47' 14.82"	13.182	ANDEN
15	1133962.935	1463734.197	W75° 51' 35.96"	N8° 47' 15.05"	13.186	ANDEN
16	1133964.296	1463733.360	W75° 51' 35.91"	N8° 47' 15.02"	13.146	ANDEN
17	1133966.113	1463736.568	W75° 51' 35.85"	N8° 47' 15.13"	13.167	ANDEN
18	1133965.511	1463736.997	W75° 51' 35.87"	N8° 47' 15.14"	13.142	ANDEN
19	1133964.133	1463737.937	W75° 51' 35.92"	N8° 47' 15.17"	13.269	ANDEN
20	1133973.557	1463750.831	W75° 51' 35.61"	N8° 47' 15.59"	13.141	ANDEN
21	1133972.911	1463751.159	W75° 51' 35.63"	N8° 47' 15.60"	13.148	ANDEN
22	1133976.994	1463758.355	W75° 51' 35.49"	N8° 47' 15.84"	13.154	ANDEN
23	1133976.254	1463758.880	W75° 51' 35.52"	N8° 47' 15.85"	13.179	ANDEN
24	1133992.677	1463737.163	W75° 51' 34.98"	N8° 47' 15.15"	12.899	ANDEN
25	1133994.389	1463736.199	W75° 51' 34.93"	N8° 47' 15.11"	12.865	ANDEN
26	1133989.925	1463728.577	W75° 51' 35.07"	N8° 47' 14.87"	12.845	ANDEN

Fuente: elaboración propia

Tabla 10 Resumen cartera de coordenadas

- **Procesamiento de la información**

A continuación, se hace una descripción rápida de los procedimientos que se llevaron a cabo para el procesamiento de la información que se recolectó en campo por parte de la comisión de topografía. Esta descripción resume los diferentes pasos y los programas que se tienen en cuenta para poder llegar

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

hasta el producto final que son las carteras editadas, y planos definitivos con accidentes geográficos y detalles generales de campo.

Una vez se ha realizado el levantamiento topográfico y se tienen almacenados todos los puntos con sus características (Norte, Este, Cota y Código), se inicia a procesar la información recogida en campo. Se inicia a descargar la información del colector del RTK por medio de exportación de archivos crudos que arroja el equipo, la información se encuentra ubicada en el **anexo 1** Archivos RTK.

Posteriormente, la cartera obtenida se importa en un software de dibujo como AutoCAD Civil 3D, el cual es utilizado para procesar la información referenciada por (Norte, Este, Cota y Código) y así poder generar un modelo TIN y posteriormente graficas las curvas de nivel del levantamiento topográfico, estas curvas se generarán según las geoformas de la superficie.

Para generar los diferentes atributos que se identificaron en el trabajo de campo se utiliza el software AutoCAD, con el cual se podrá generar una capa para cada atributo o detalle tales como: paramentos, puntos de nivel, gradas, vías, postes, entre otros.

Una vez realizado el posicionamiento GPS y el levantamiento topográfico, se procede a generar una ficha de localización de los vértices materializados en campo durante el post procesamiento para que sirvan como punto de partida para la localización del proyecto. Ver **anexo 4.**

Es de gran importancia resaltar que en caso de que se pierdan los vértices materializados, el contratista durante la etapa de construcción puede utilizar la metodología soportada en el presente informe para materializar nuevos vértices o replantear los existentes con precisiones milimétricas, sin alterar la etapa de ingeniería.

Por último, se genera una serie de planos topográficos (planta), los cuales son el resultado grafico de los datos colectados en campo (**anexo 7).** En el **anexo 8** se consigna el registro fotográfico que sirve como evidencia de campo.

- **Resultados del estudio topográfico**

Todas las actividades realizadas son ajustadas con el fin de minimizar los diferentes errores que se presentan durante el desarrollo de la actividad, estos errores se pueden medir mediante un grado de precisión, una elipse de error o una desviación estándar; de esta forma se puede definir la confiabilidad de la información. Ver **Tabla , Tabla y Tabla .**

GPS	Coordenadas Geograficas		Coordenadas Planas		Cota Nivelada
	Latitud	Longitud	Norte	Este	
BM-1	N8° 47' 16.33"	W75° 51' 28.81"	1463774.043	1134181.298	14.560

Fuente: elaboración propia
Tabla 11 Carteras definitivas del vértice GPS1

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

GPS	Coordenadas Geograficas		Coordenadas Planas		Cota Nivelada
	Latitud	Longitud	Norte	Este	
BM-2	N8° 47' 24.46"	W75° 51' 45.07"	1464022.287	1133683.321	15.087

Fuente: elaboración propia
Tabla 12 Carteras definitivas del vértice GPS2

Total, de puntos del levantamiento	1841

Fuente: elaboración propia
Tabla 13 Puntos total levantados

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Estudio topográfico tuvo como finalidad en el municipio de Montería, ubicado en departamento de Córdoba.

- ✓ La georreferenciación se realizó partiendo desde las antenas permanentes de la red activa y vértices de la red pasiva del IGAC. Generando archivos crudos solo reproducibles más no imprimibles, ver **anexo 1.**

- ✓ Para el proceso de georreferenciación, se utilizaron equipos GPS de doble frecuencia y equipos GPS RTK, ver **anexo 2.**

- ✓ El post proceso GPS, se realizó haciendo uso del software Leica Geo Office donde se pudieron ajustar los vértices materializados, ver **anexo 3.**

- ✓ La asignación de coordenadas y alturas sobre el nivel del mar se realizó aplicando las metodologías estandarizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

- ✓ Se materializaron dos vértices en el proyecto durante el proceso de georreferenciación los cuales (las coordenadas) se trasladaron a época certificada por el IGAC, ver **anexo 4.**

- ✓ Durante el trabajo de campo, se materializo una poligonal abierta de control desde la cual se realizó el levantamiento topográfico y colección de datos, ver **anexo 5.**

- ✓ El levantamiento topográfico se realizó por medio de equipos GPS RTK, generando una cartera de coordenadas donde se consignan los diferentes atributos medidos en campo, ver **anexo 6.**

- ✓ Como evidencia del trabajo realizado, se genera un registro fotográfico que soporta y evidencia el uso de equipos y personal para el trabajo desarrollado en la zona del proyecto, ver **anexo 8.**

- ✓ Se recomienda conservar el sistema de coordenadas utilizado por esta consultoría, referencia Magna Sirgas, Datum WGS84, Origen Central, coordenadas planas Gauss Kruger

- ✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo del proyecto verificar los vértices coordenados materializados con el fin de garantizar que los puntos no han sido movidos.

- ✓ En caso de no encontrar los vértices materializados durante la etapa de ejecución, se recomienda emplear la misma metodología y las mismas antenas y vértices de la red activa y pasiva respectivamente con el fin de no alterar el sistema de coordenadas y elevaciones definido por esta consultoría.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com

8 BIBLIOGRAFÍA

ICONTEC. (2010). *NTC 5043 de 2010.* Bogotá.

ICONTEC. (2018). *NTC 6271 de 2018.* Bogotá.

IGAC. (1997). *Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS.* Bogotá.

IGAC. (2018). *Resolución 643 de 2018.* Bogotá.

IGAC. (2018). *Resolución 715 de 2018.* Bogotá.

IGAC. (2020). *Nueva Proyección cartográfica para Colombia.* Bogotá.

IGAC. (2020). *Resolución 471 de 2020.* Bogotá.

IGAC. (2020). *Resolución 529 de 2020.* Bogotá.

IGAC. (2021). *Resolución 370 de 2021.* Bogotá.

Carrera 9A # 34-35 Barrio Ospina Pérez - Montería, Córdoba. Cel.: 3013081289 – 3015502451
e-mail: ingenieria.sertet@gmail.com – sertet.sas@gmail.com