| GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA | **MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA.** |
|---|---|

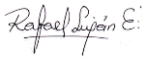
# ESTUDIO TOPOGRAFICO Y GEOREFERENCIACION BAJO EL MARCO DEL CONTRATO "REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS REQUERIDOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN".




**SEPTIEMBRE DEL 2024**

| **CONTROL DE REVISIONES** | | |
|---|---|---|
| **REV** | **FECHA** | **DESCRIPCIÓN** |
| **1** | **(09- 2024)** | Emitido para construcción -Aplica para informe de topografía. |
| | | |
| | | |
| | | |

| **CONTROL DE COPIAS** | |
|---|---|
| No. Copias | Fisica/Digital |
| 1 | Fisica (Ejemplo) |
| | |

| Elaboró: | Revisó: | Aprobó: |
|---|---|---|
| JONATHAN ALEXANDER LOPEZ GUERRERO | RAFAEL ANTONIO LUJAN ESQUIVIA | JAMILTON ECHEVERRI DIAZ |
|  |  |  |
| TOPÓGRAFO | COORDINADOR DE ESTUDIOS Y DISEÑOS | DIRECTOR DE CONSULTORÍA |

## TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCION ..... 6
2 LOCALIZACIÓN ..... 7
3 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA ..... 8
3.1 Datum geodésico horizontal ..... 8
3.2 Sistema geocéntrico de referencia global ..... 9
3.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas ..... 9
3.4 Sistema geocéntrico de referencia local ..... 10
3.5 Coordenadas planas en Colombia ..... 13
3.6 Selección de época de entrega información ..... 14
3.7 Modelo de velocidades adoptado ..... 15
3.8 Modelo geoidal para Colombia ..... 15
4 POST – PROCESAMIENTO GPS ..... 17
4.1 Materialización vértice GPS (Rover) ..... 17
4.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA ..... 17
4.3 Calculo de coordenadas y alturas del proyecto ..... 18
4.3.1 Post – procesamiento GPS para asignación de coordenadas ..... 18
4.3.2 Asignación de elevación sobre el nivel del mar ..... 24
5 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ..... 27
5.1 Materialización de vértices auxiliares ..... 27
5.2 Metodología de levantamiento con estación total ..... 27
5.2.1 Mediciones de Azimutes (Az) ..... 28
5.2.2 Medición de distancias horizontales (DH) ..... 28
5.2.3 Cálculo de coordenadas ..... 29
5.2.4 Medición de elevaciones o cotas (Z) ..... 29
5.3 Procesamiento de la información ..... 30
5.4 Resultados del estudio topográfico ..... 31
6 EQUIPOS UTILIZADOS ..... 32
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 33

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general ..... 7
Figura 2 Localización específica ..... 8
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B ..... 9
Figura 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales ..... 9
Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS ..... 10
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC ..... 11
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC ..... 12
Figura 8 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger ..... 13
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009 ..... 15
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004 ..... 16
Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA ..... 18
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control – antena Montería ..... 19
Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control – antena Montería ..... 19
Figura 14 Coordenadas ajustadas antena Montería ..... 20
Figura 15 Localización vértice Base ..... 20
Figura 16 Tiempo de rastreo antena Montería – Base ..... 21
Figura 17 Coordenadas ajustadas vértice Base ..... 21
Figura 18 Diagrama de vectores antena Montería – Base ..... 21
Figura 19 Tiempo de rastreo Base - BMs ..... 22
Figura 20 Coordenadas ajustadas vértices BMs ..... 22
Figura 21 Diagrama de vectores Base – vértices BMs ..... 23
Figura 22 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar ..... 25
Figura 23 Vértices de control BMs ..... 27
Figura 24 Ilustración de rumbos y cuadrantes ..... 28

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00 ..... 13
Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto. ..... 14
Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas ..... 19
Tabla 4 Coordenadas de la Base época 2018.00 ..... 24
Tabla 5 Coordenadas de los vértices del proyecto BMs época 2018.00 ..... 24

Tabla 6 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC ..... 25
Tabla 7 Calculo de altura sobre el nivel del mar Base ..... 26
Tabla 8 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs ..... 26
Tabla 9 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva ..... 26
Tabla 10 Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico ..... 30
Tabla 11 Coordenadas definitivas del vértice BM1 ..... 31
Tabla 12 Coordenadas definitivas del vértice BM3 ..... 31
Tabla 13 Total de puntos levantados ..... 31
Tabla 14 Relación de equipos utilizados ..... 32

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Materialización vértice BM1 y BM2 ..... 17
Fotografía 2 Materialización vértice Base ..... 22

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 ARCHIVOS CRUDOS
ANEXO 2 EQUIPOS
ANEXO 3 POST PROCESAMIENTO GPS
ANEXO 4 FORMATO DE LOCALIZACIÓN
ANEXO 5 POLÍGONO DE CONTROL RTK
ANEXO 6 CARTERA DE COORDENADAS
ANEXO 7 PLANOS TOPOGRÁFICOS
ANEXO 8 REGISTRO FOTOGRAFICO

# 1 INTRODUCCION

De acuerdo con la solicitud presentada se realizó el estudio topográfico y georreferenciación para **"MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA",** bajo el marco del contrato **"REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS REQUERIDOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN".** El insumo base para cualquier proyecto de ingeniería relacionada con la construcción es la topografía, ya que sobre esta se pueden realizar mediciones, localizaciones, referenciaciones 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.

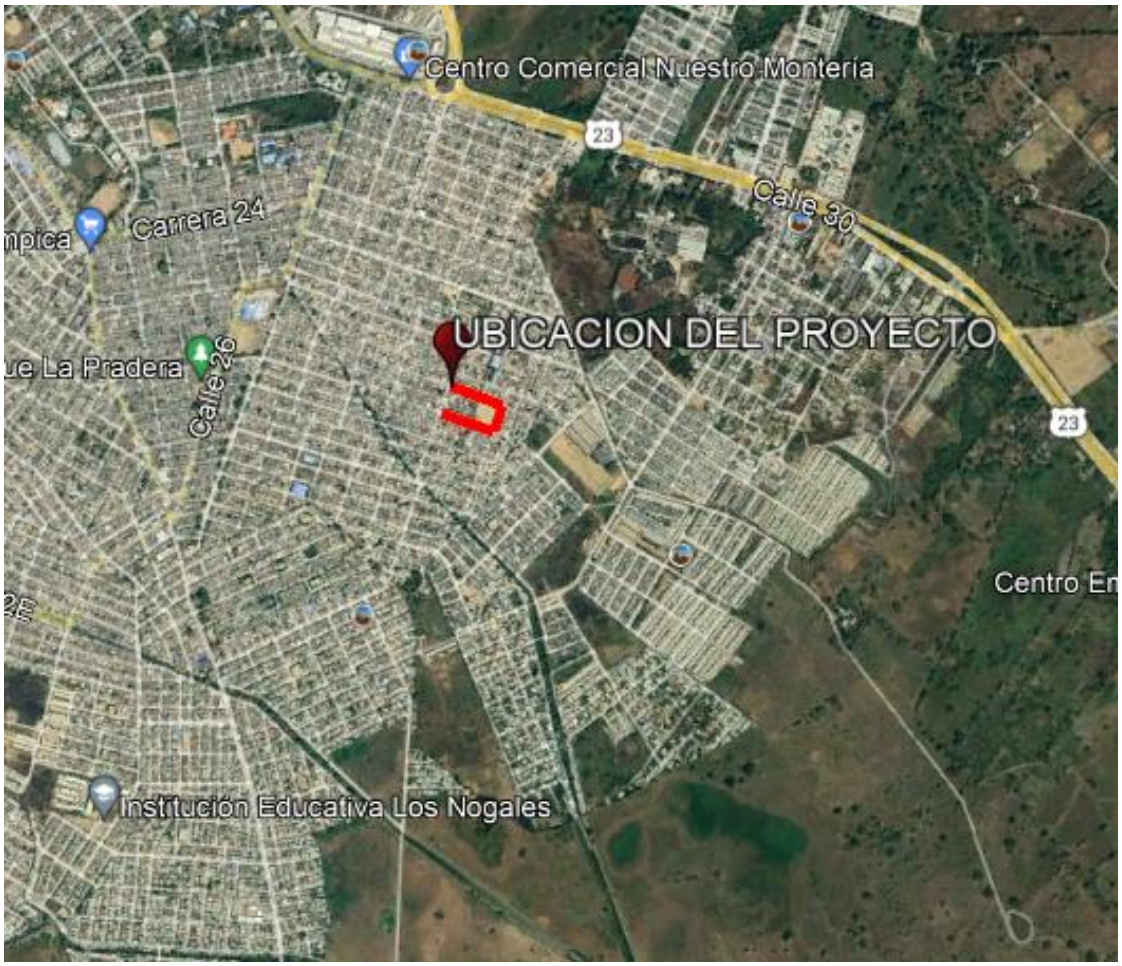
Cabe resaltar que las diferentes actividades de georreferenciación y topográficas están sometidas a un grado de precisión los cuales serán garantizados dentro de su rango por esta consultoría. La importancia de lo mencionado es garantizar durante el desarrollo de la ingeniería tener todas las herramientas 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 LOCALIZACIÓN

El levantamiento se realizó en el Barrio Cantaclaro, municipio de Montería, departamento del Córdoba. se encuentra en una zona topográficamente plana,

El estudio topográfico y georreferenciación en el centroide con coordenadas geográficas datum WGS84 latitud N8° 44' 06.68"Longitud W75° 52' 00.40"" y altura nivelada media 13.164 msnm.

En las **figuras 1 y 2** se puede observar la localización general y especifica del levantamiento topográfico, municipio de Montería, Departamento de Córdoba.




Fuente: Google Earth y Wikipedia
Figura 1 Localización general




Fuente: Google Earth
Figura 2 Localización específica

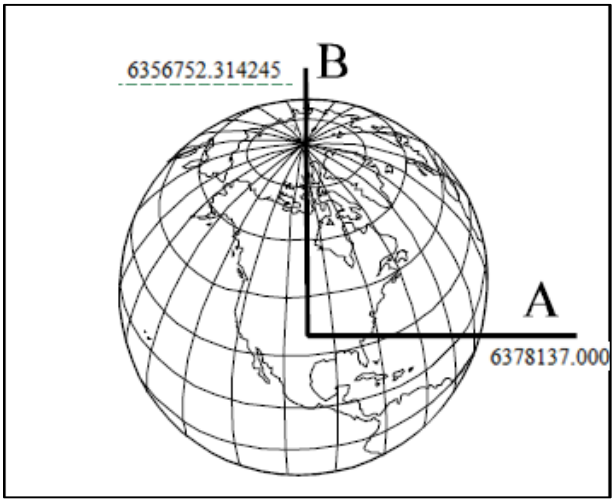
## 3 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA

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).

### 3.1 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.

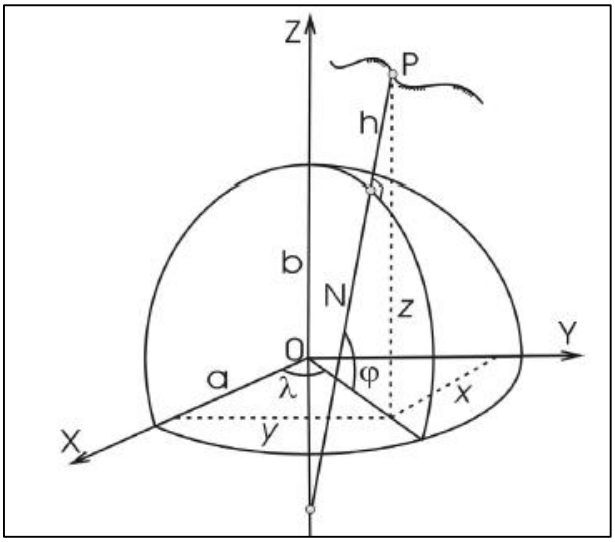
Normalmente, los sistemas de referencia o datum geodésico de cada elipsoide, están asociados a longitudes de un semi eje mayor y semi eje menor, ver **figura 3.**




Fuente: Figura 18 TeleSig-Universidad Nacional 2003
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B

### 3.2 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 4**)**.** 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 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales

### 3.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas

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 5,** se observa la red SIRGAS.




Fuente: Figura 8 Adopción marco de referencia MAGNA SIRGAS 2004

Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS

### 3.4 Sistema geocéntrico de referencia local

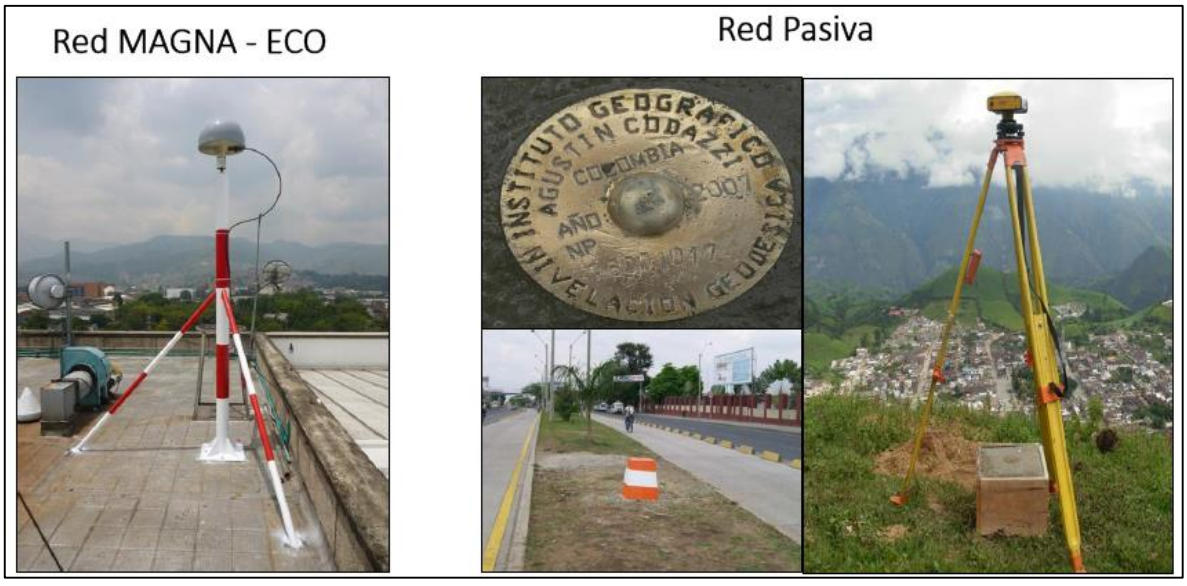
El sistema de referencia local MAGNA, está compuesto por una red de GPS de 62 estaciones localizadas en diferentes ciudades del territorio nacional ***(red activa)*** y 6966 vértices materializados

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.

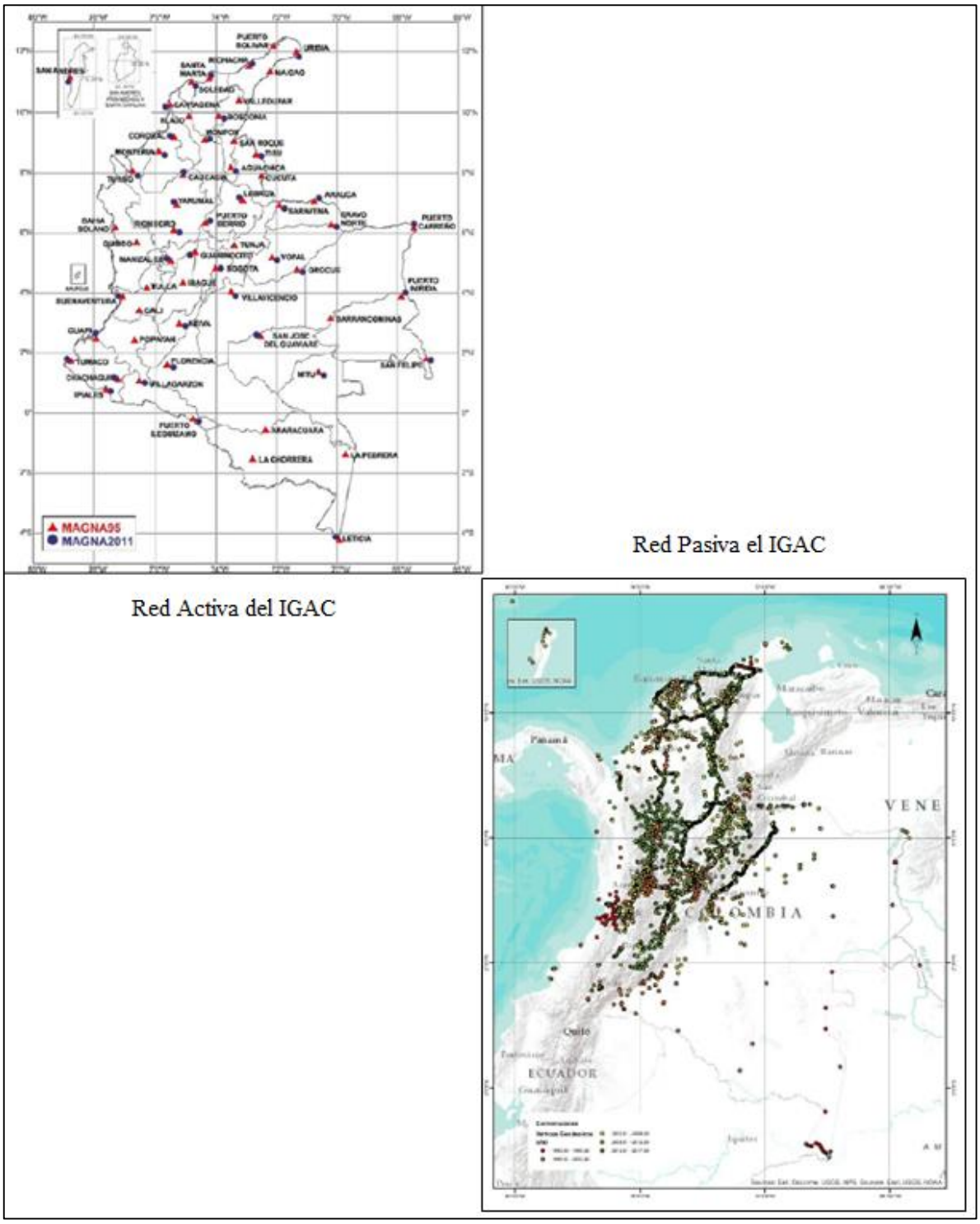
La información de la red activa del IGAC, se puede obtener de manera mensual de la página coordenadas semanales, sistema de referencia (http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/), en donde se cargan las coordenadas ajustadas en épocas recientes de la red MAGNA SIRGAS y 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 6**, 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 7**, se puede observar la ubicación en el territorio nacional de la red activa y pasiva respectivamente.




Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC

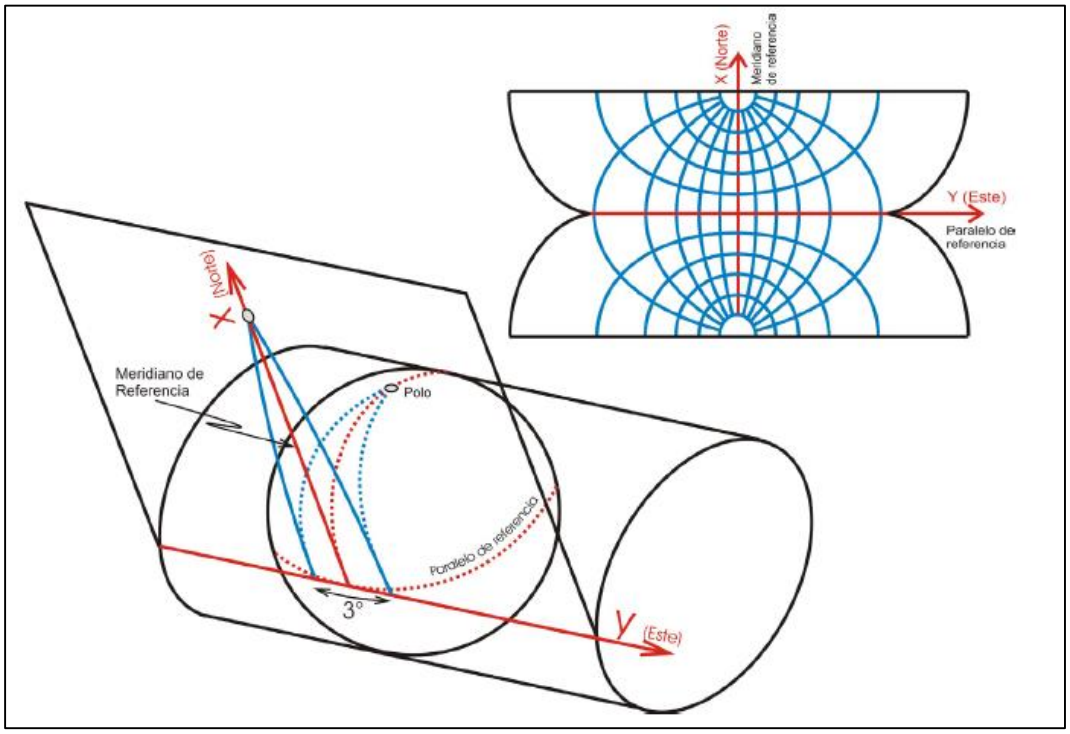



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC

### 3.5 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 8,** se observa la proyección cartográfica adoptada por Colombia y en la **tabla 1,** las coordenadas de los orígenes cartesianos actualizados al sistema de referencia geocéntrico ITFS 2014, **época 2018.00.**




Fuente: Figura 4.2 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 8 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 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00

### 3.6 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), 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

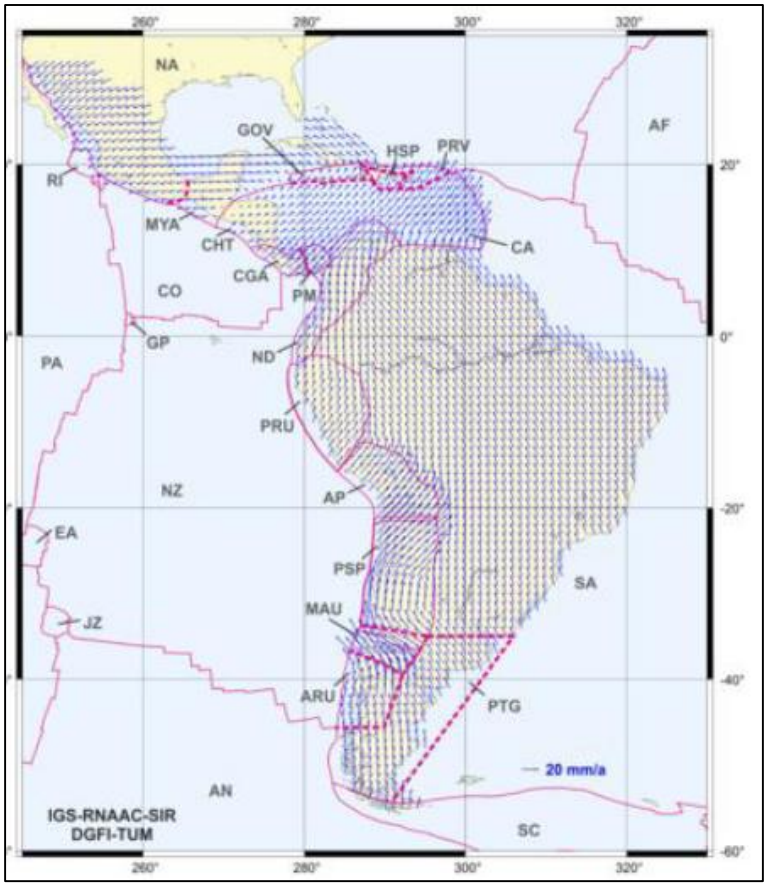
| Day | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 001 | 032 | 060 | 091 | 121 | 152 | 182 | 213 | 244 | 274 | 305 | 335 |
| 2 | 002 | 033 | 061 | 092 | 122 | 153 | 183 | 214 | 245 | 275 | 306 | 336 |
| 3 | 003 | 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 |

Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto.

El día juliano, se halla en la **tabla 2** 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

### 3.7 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 9.**




Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009

### 3.8 Modelo geoidal para Colombia

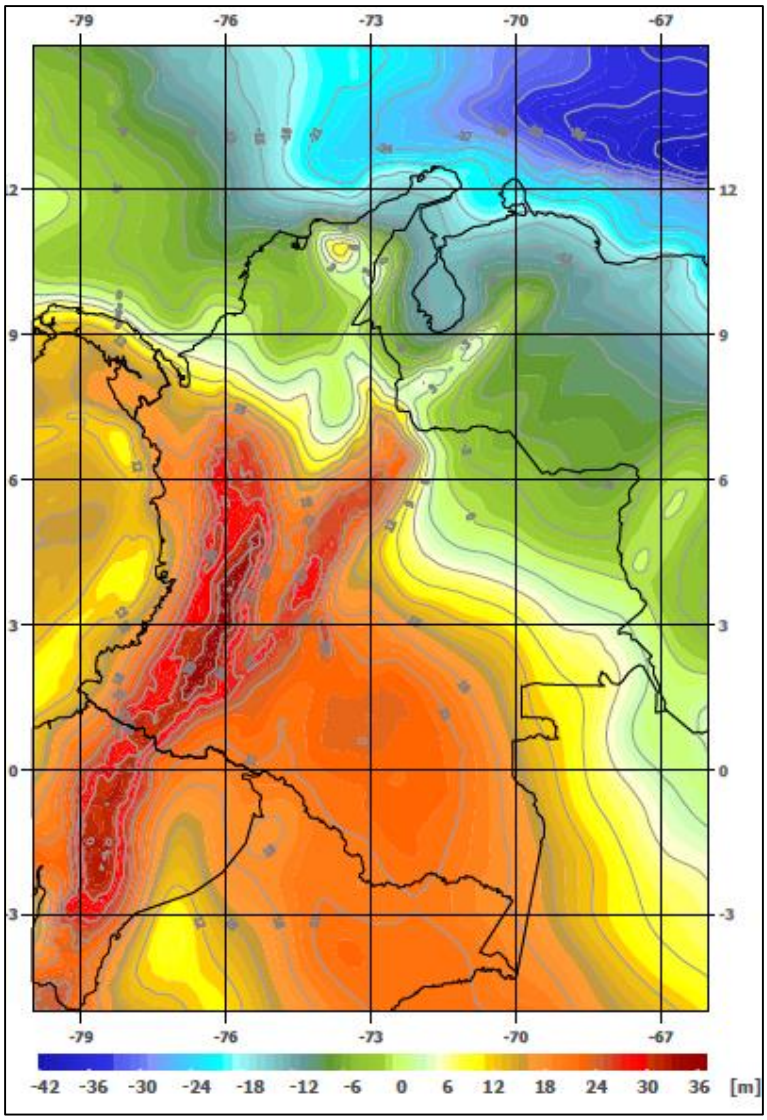
Partiendo del sistema tridimensional MAGNA SIRGAS, se puede obtener la altura elipsoidal de diferentes vértices y antenas por medio de la información certificada del IGAC y la red SIRGAS. Sin embargo, la obtención de altura de referencia para Colombia, es la altura sobre el nivel medio del mar; información que se obtiene a partir de un proceso de gravedad terrestre y de un sistema vertical de referencia (modelo geoidal, GEOCOL 2004). Ver **figura 10**.

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 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.

- ✓ Altura elipsoidal: corresponde a la altura medida a partir de la normal elipsoidal medida como la distancia entre la superficie del elipsoide y el punto de medición.

- ✓ Ondulación Geoidal: corresponde 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.



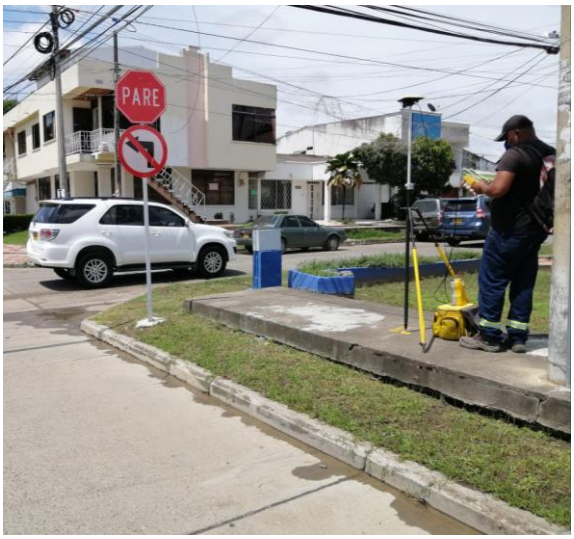

Fuente: Figura 2.7 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004

# 4 POST – PROCESAMIENTO GPS

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

## 4.1 Materialización vértice GPS (Rover)

Antes de iniciar el posicionamiento GPS para el proyecto, se materializo una línea base de control por medio de dos vértices denominados **BM10 y BM1**, base la cual serán el punto de partida para los diferentes procesos topográficos. En este caso la línea base se materializa con puntillas de acero y delimitados con pintura. No se utilizó platinas de bronce ya que en ocasiones anteriores la comunidad ha desprendido las platinas. La materialización de los puntos de control se realiza en áreas despejadas donde se encuentre la menor cantidad de obstáculos que puedan interferir con la colección de datos satelitales y así garantizar la mayor precisión durante el post proceso. En la **fotografía 1,** Se puede evidenciar el posicionamiento GPS en campo del **BM 10 y BM1**

| | |
|---|---|
|  |  |
| Posicionamiento GPS-BM1 | Posicionamiento GPS-BM2 |

Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 1 Materialización vértice BM1 y BM2

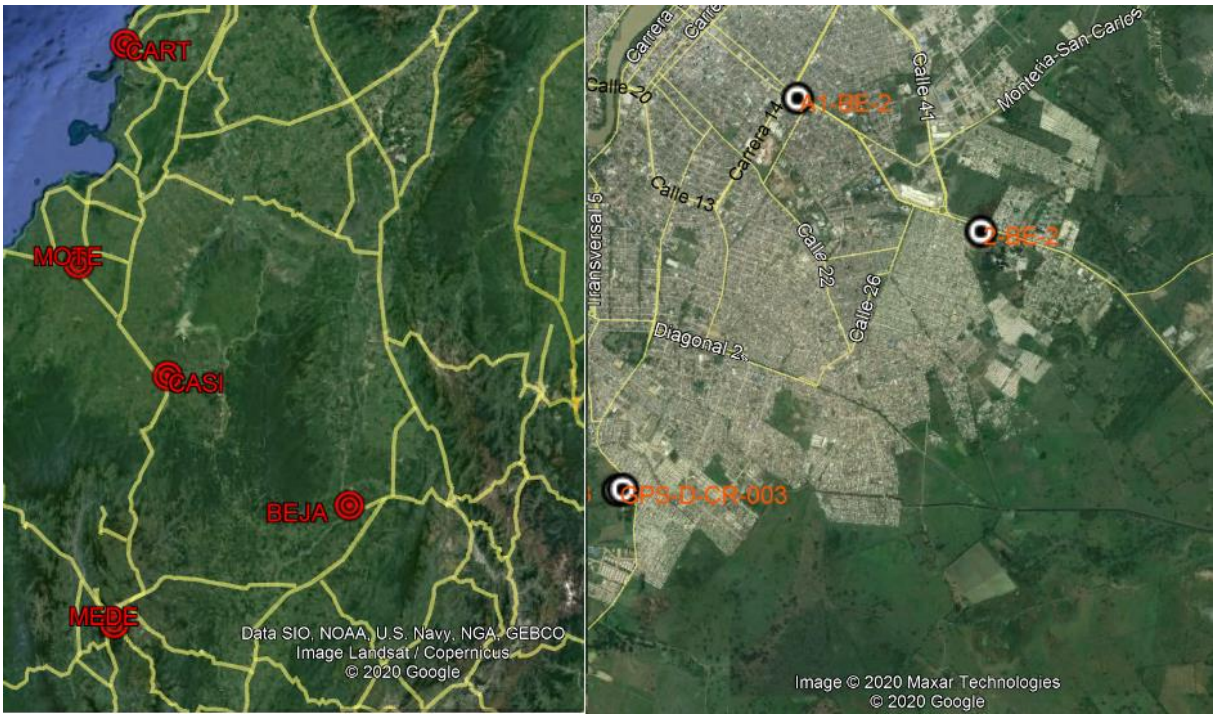
## 4.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA

Una vez materializados los vértices GPS se debe seleccionar 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:

- ✓ 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 deben seleccionar las antenas más cercanas al área del proyecto y garantizar un rastreo mínimo de 3.5 min por kilómetro de distancia. Ver **figura 11.**

- ✓ 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. Ver **figura 11.**




Fuente: Google Earth

Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA

### 4.3 Calculo de coordenadas y alturas del proyecto

Una vez materializados los vértices del proyecto, posicionado el equipo GPS doble frecuencia (**anexo 2**) y realizada la colección de información satelital (**anexo 1)**, se procede a realizar el cálculo de las coordenadas del proyecto siguiendo la secuencia presentada a continuación:

#### 4.3.1 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, en este caso serán los vértices del proyecto. Con la finalidad de cumplir los tiempos mínimos de rastreo establecidos como recomendación por el IGAC, la empresa, realizo el siguiente procedimiento.

- ✓ En primera instancia, se seleccionaron 4 antenas de la red activa del IGAC (**tabla 3 y figura 11**) como Atenas de control. Posteriormente, se seleccionó la antena ubicada en la ciudad de Montería como antena a ajustar; tal procedimiento se realizó ya que la antena de Montería no cuenta con coordenadas semanales reportadas por la red SIRGAS; el ajuste de la antena mencionada anteriormente, se realizó por doble determinación triangulando desde las 4 antenas

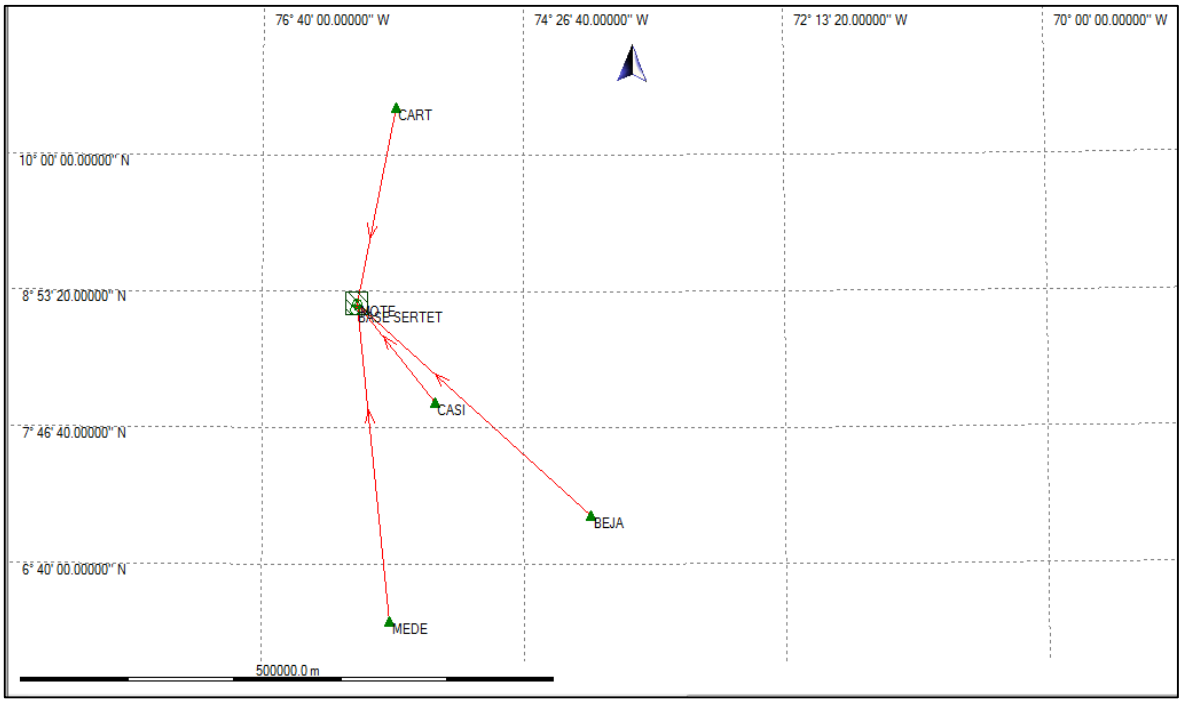
seleccionadas. En la **figura 12** se observa el diagrama de vectores, en la **figura 13** el tiempo de rastreo y en la **figura 14** las coordenadas ajustadas de la antena de Montería.

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14 EPOCH: 2020-03-25 12:00:00

| NUM | STATION NAME | X (M) | Y (M) | Z (M) | FLAG |
|---|---|---|---|---|---|
| 84 | BEJA 41947M001 | 1758043.06216 | -6081158.65787 | 778801.16465 | A |
| 123 | CART 41902M001 | 1567348.76750 | -6075293.43147 | 1142850.96726 | A |
| 126 | CASI 41914S001 | 1613574.51558 | -6107148.75242 | 880567.35903 | A |
| 396 | MEDE 41921S001 | 1579608.49504 | -6142783.86164 | 684352.52359 | A |

Fuente: *http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/*

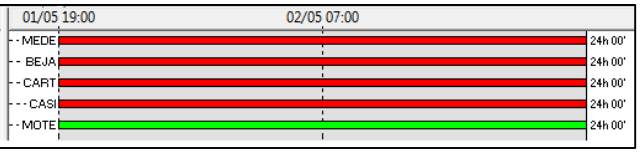
Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas




Fuente: Leica Geo Office

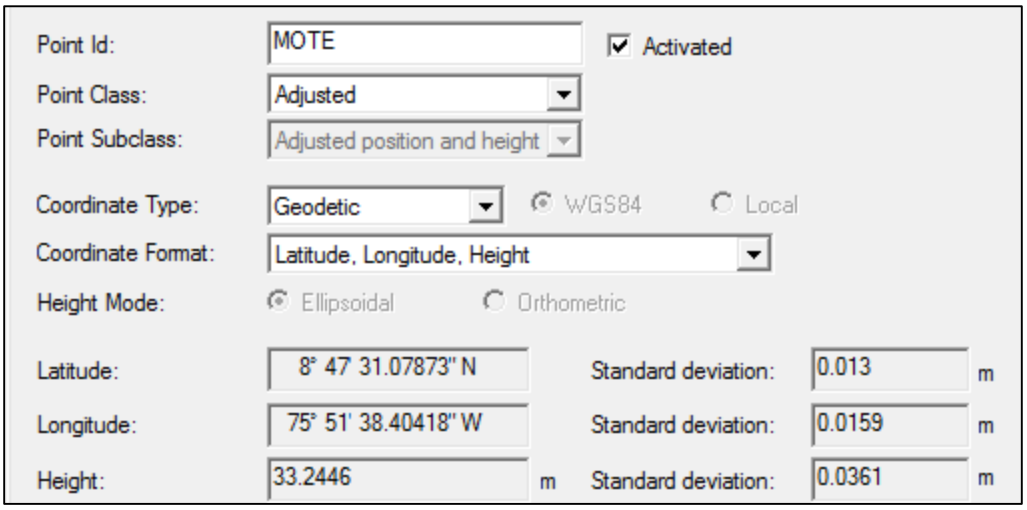
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control – antena Montería

| Point Id | Point Cl... | Start | End | Duration | GNSS Type |
|---|---|---|---|---|---|
| MEDE | Control | 05/01/2020 18:59:46 | 05/02/2020 18:59:31 | 23h 59'... | GPS/GLONASS |
| BEJA | Control | 05/01/2020 18:59:46 | 05/02/2020 18:59:31 | 23h 59'... | GPS/GLONASS |
| CART | Control | 05/01/2020 18:59:46 | 05/02/2020 18:59:31 | 23h 59'... | GPS/GLONASS |
| CASI | Control | 05/01/2020 18:59:46 | 05/02/2020 18:59:31 | 23h 59'... | GPS |
| MOTE | Adjusted | 05/01/2020 18:59:46 | 05/02/2020 18:59:31 | 23h 59'... | GPS |




Fuente: Leica Geo Office

Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control – antena Montería




Fuente: Leica Geo Office

Figura 14 Coordenadas ajustadas antena Montería

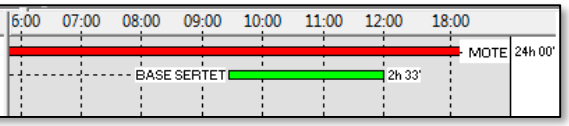
- ✓ En segunda instancia, desde la antena de Montería, se ajustó un vértice materializado y denominado base; vértice de control para los diferentes proyectos que típicamente desarrolla la presenta empresa consultora. El vértice materializado, se encuentra en la ciudad de Montería como se observa en la **figura 15**, En la **figura 16** se observa el tiempo de rastreo, en la **figura 17** las coordenadas ajustadas de la base, en la **figura 18** el diagrama de vectores y en la **fotografía 2** el posicionamiento del equipo GPS sobre el vértice.




Fuente: Google Earth

Figura 15 Localización vértice Base

| Point Id | Point Cl... | Start | End | Duration | GNSS Type |
|---|---|---|---|---|---|
| MOTE | Adjusted | 05/01/2020 18:59:46 | 05/02/2020 18:59:31 | 23h 59'... | GPS |
| BASE SERTET | Adjusted | 05/02/2020 09:26:08 | 05/02/2020 11:59:30 | 2h 33' ... | GPS |



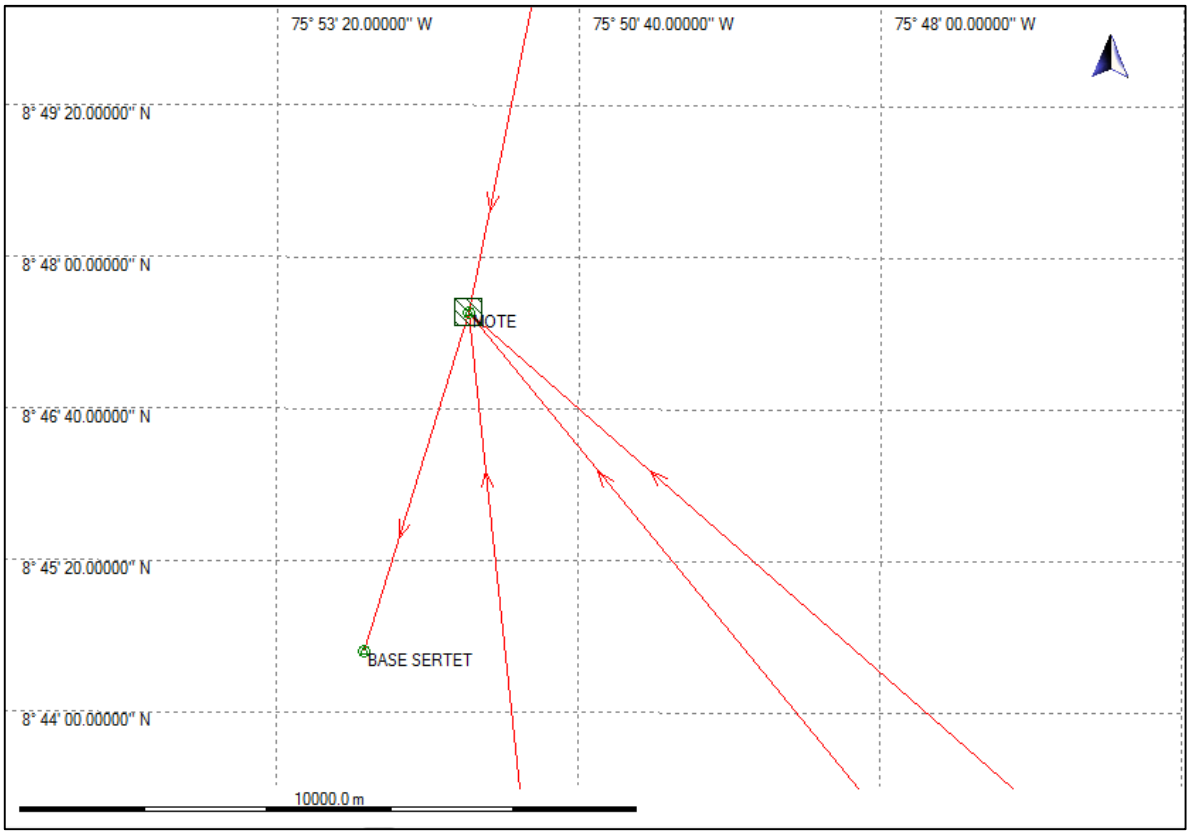

Fuente: Leica Geo Office

Figura 16 Tiempo de rastreo antena Montería – Base

| MOTE - BASE SERTET | Reference: MOTE | Rover: BASE SERTET |
|---|---|---|
| Receiver type / S/N: | TPSGB-1000 / 222142.0 | 5700 / 20308919 |
| Antenna type / S/N: | TPSCR4 CONE / 2650168.0 | TRM33429.00+GP / - |
| Antenna height: | 0.1310 m | 2.0000 m |
| Coordinates: | | |
| Latitude: | 8° 47' 31.07873" N | 8° 44' 32.54541" N |
| Longitude: | 75° 51' 38.40418" W | 75° 52' 33.23057" W |
| Ellip. Hgt: | 33.2446 m | 17.0510 m |

Fuente: Leica Geo Office

Figura 17 Coordenadas ajustadas vértice Base




Fuente: Leica Geo Office

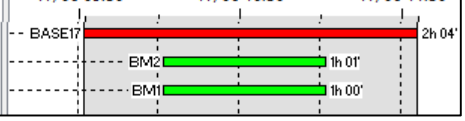
Figura 18 Diagrama de vectores antena Montería – Base

| | |
|---|---|
|  |  |
| Posicionamiento GPS-Base | Vertice Materializado Base |

Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 2 Materialización vértice Base

- ✓ Por último, desde la base se ajusta los vértices de control materializados en el área de influencia del proyecto objeto de estudio aplicando la metodología presentada anteriormente complementando que, las coordenadas de la base deben ser actualizadas a la época del posicionamiento GPS de los vértices del proyecto BMs; tal proceso se realiza asistido por el software Magna Sirgas Pro 4.2. El posicionamiento GPS en los vértices, se observa en la **fotografía 1.** En la **figura 19** se observa el tiempo de rastreo, en la **figura 20** las coordenadas ajustadas de Los BMs y en la **figura 21** el diagrama de vectores.

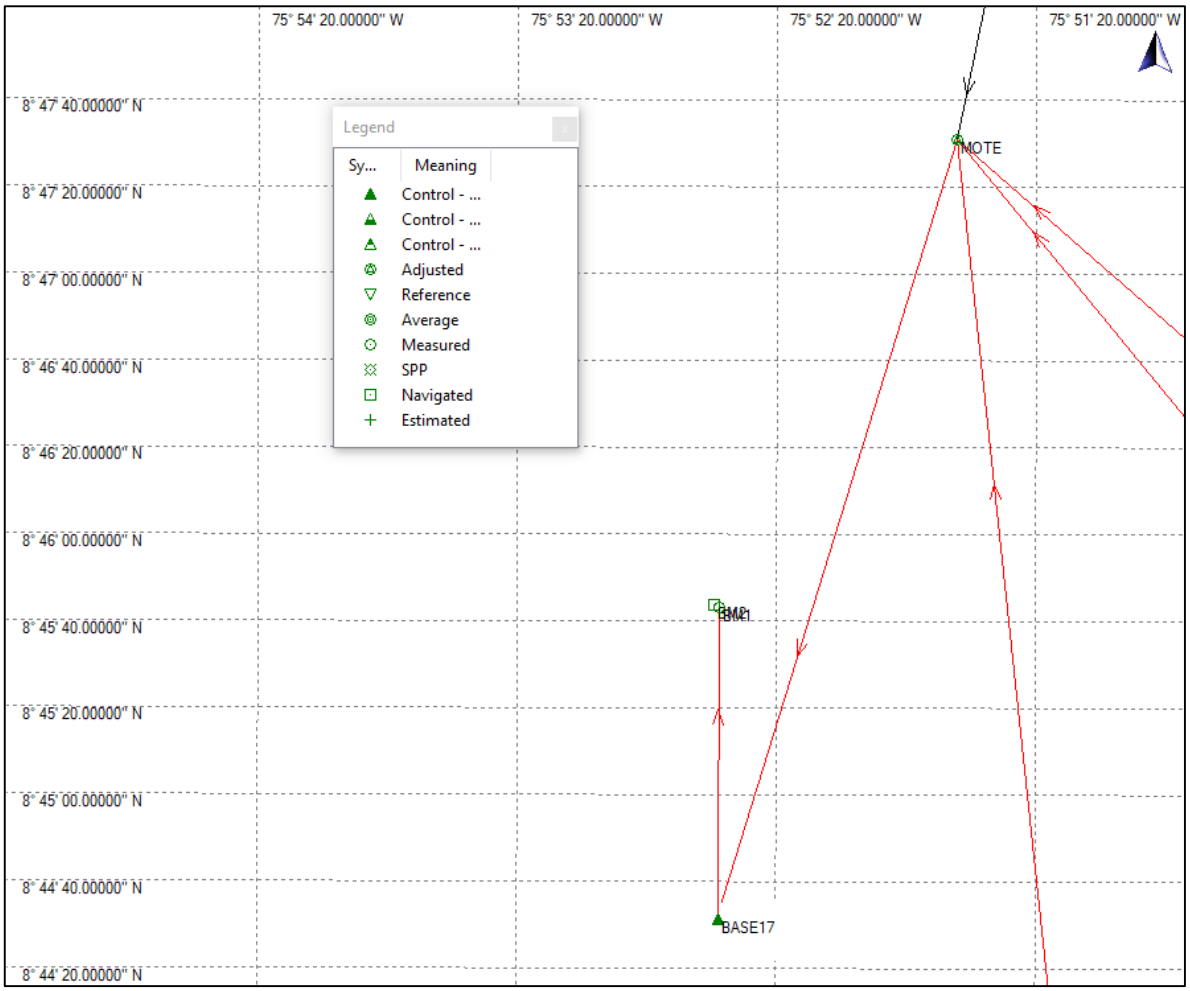
| Point Id | Point ... | Start | End | Durat... | GNSS Type |
|---|---|---|---|---|---|
| BASE17 | Control | 06/17/2020 09:31:54 | 06/17/2020 11:36:14 | 2h 04' ... | GPS |
| BM2 | Navigat... | 06/17/2020 10:01:34 | 06/17/2020 11:02:16 | 1h 00' ... | GPS |
| BM1 | Measured | 06/17/2020 10:01:34 | 06/17/2020 11:01:48 | 1h 00' ... | GPS |




Fuente: Leica Geo Office
Figura 19 Tiempo de rastreo Base - BMs

| Point Id | Point Class | Date/Time | Latitude | Longitude | Ellip. Hgt. |
|---|---|---|---|---|---|
| ☑ BASE17 | Control | 11/01/2000 09:31:57 | 8° 44' 32.54545" N | 75° 52' 33.23052" W | 17.0510 |
| ☑ BM1 | Measured | 06/17/2020 10:01:34 | 8° 45' 43.24679" N | 75° 52' 33.32486" W | 93.5493 |
| ☑ BM2 | Navigated | 06/17/2020 10:01:34 | 8° 45' 43.74749" N | 75° 52' 34.45255" W | 4.0519 |

Fuente: Leica Geo Office
Figura 20 Coordenadas ajustadas vértices BMs




Fuente: Leica Geo Office

Figura 21 Diagrama de vectores Base – vértices BMs

- ✓ Los reportes de los diferentes post – procesos mencionados anteriormente, se pueden evidenciar en el **anexo 3.** Adicional, en la **tabla 4 y 5** se puede observar los resultados de las coordenadas de la antena Montería, base y 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.

| Post procesamiento de la base SERTET desde la red activa del IGAC | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenadas Elipsoidales** | | | | | | | | | | | | | |
| **Vertice** | **Epoca 02-05-2020** | | | | | | **Epoca 01-01-2018** | | | | | | **H Elip** |
| | **Latitud** | | | **Longitud** | | | **Latitud** | | | **Longitud** | | | |
| | ° | ' | " | ° | ' | " | ° | ' | " | ° | ' | " | |
| CORS Montería | 8 | 47 | 31.07873 | 75 | 51 | 38.40418 | 8 | 47 | 31.07792 | 75 | 51 | 38.40504 | 33.245 |
| Base SERTET | 8 | 44 | 32.54541 | 75 | 52 | 33.23057 | 8 | 44 | 32.54460 | 75 | 52 | 33.23142 | 17.051 |
| *El modelo seleccionado de velocidades para la trasnformación de coordenadas en función de la epoca fue VEMOS 2009* | | | | | | | | | | | | | |
| **Coordenadas Geocentricas y Planas MAGNA SIRGAS ITRF14** | | | | | | | | | | | | | |
| **Vertice** | **Epoca 01-01-2018** | | | | | | | | | | | | |
| | **Geocentrica X** | | | **Geocentrica Y** | | | **Geocentrica Z** | | | **Norte** | | | **Este** |
| CORS Montería | 1539869.037 | | | -6112712.734 | | | 968430.3199 | | | 1464226.420 | | | 1133886.466 |
| Base SERTET | 1538448.195 | | | -6113932.564 | | | 963009.463 | | | 1458734.910 | | | 1132228.091 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Coordenadas de la Base época 2018.00

| Post procesamiento de los vertices del proyecto desde la base SERTET | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenadas Elipsoidales** | | | | | | | | | | | | | |
| **Vertice** | **Epoca 17-06-2020** | | | | | | **Epoca 01-01-2018** | | | | | | **H Elip** |
| | **Latitud** | | | **Longitud** | | | **Latitud** | | | **Longitud** | | | |
| | ° | ' | " | ° | ' | " | ° | ' | " | ° | ' | " | |
| Base SERTET | 8 | 44 | 32.54546 | 75 | 52 | 33.23052 | 8 | 44 | 32.54460 | 75 | 52 | 33.23142 | 17.051 |
| BM1 | 8 | 45 | 43.24679 | 75 | 52 | 33.32486 | 8 | 45 | 43.24594 | 75 | 52 | 33.32577 | 16.630 |
| BM2 | 8 | 45 | 43.73091 | 75 | 52 | 34.49733 | 8 | 45 | 43.73006 | 75 | 52 | 34.49824 | 16.674 |
| *El modelo seleccionado de velocidades para la trasnformación de coordenadas en función de la epoca fue VEMOS 2009* | | | | | | | | | | | | | |
| **Coordenadas Geocentricas y Planas MAGNA SIRGAS ITRF14** | | | | | | | | | | | | | |
| **Vertice** | **Epoca 01-01-2018** | | | | | | | | | | | | |
| | **Geocentrica X** | | | **Geocentrica Y** | | | **Geocentrica Z** | | | **Norte** | | | **Este** |
| Base SERTET | 1538452.307 | | | -6113948.907 | | | 963012.054 | | | 1458734.910 | | | 1132228.091 |
| BM1 | 1538368.757 | | | -6113628.688 | | | 965158.805 | | | 1460907.462 | | | 1132218.273 |
| BM2 | 1538333.463 | | | -6113635.278 | | | 965173.512 | | | 1460922.224 | | | 1132182.383 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Coordenadas de los vértices del proyecto BMs época 2018.00

### 4.3.2 Asignación de elevación sobre el nivel del mar

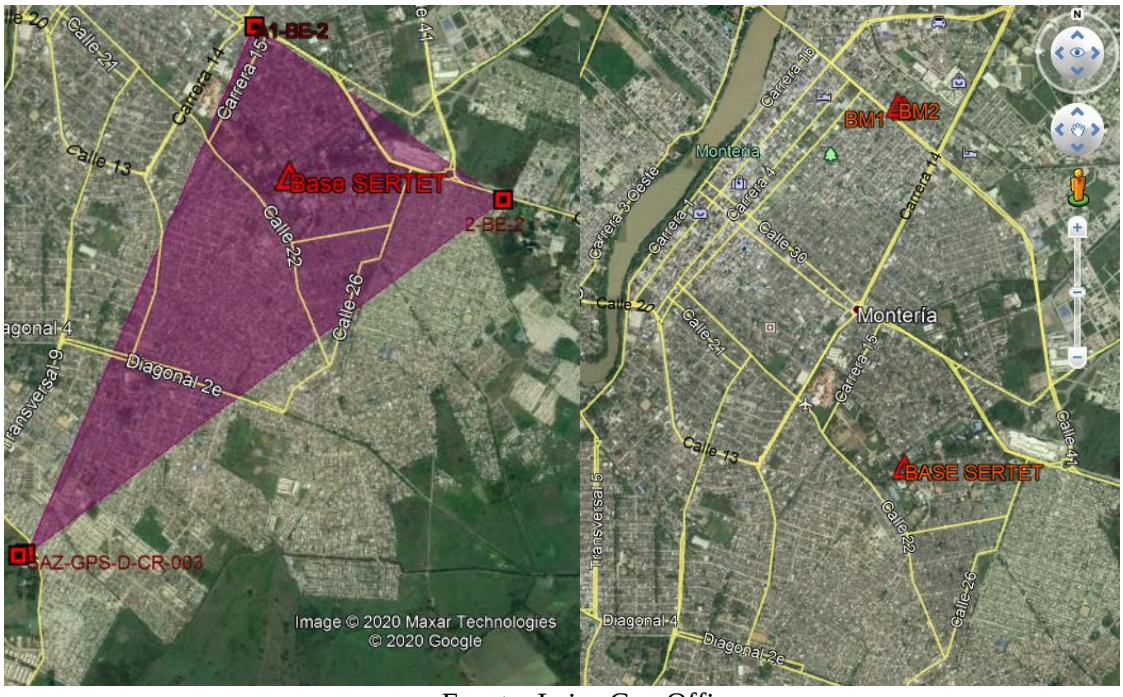
Esta consultoría utiliza la obtención de altura de un punto (*caso 1. PUNTO*), para lo cual se seleccionan tres vértices actualizados y ajustados de la red pasiva del IGAC, ver **figura 11 y tabla 6.** Posteriormente, con el software Magna Sirgas Pro 4.2, se calcula la ondulación geoidal de los vértices del área de estudio como se muestra en las tablas **7 y 8.** En primera instancia, se asigna elevación del vértice de control denominado base, posteriormente, se calcula desde la base la elevación sobre el nivel del mar de los vértices del proyecto siguiendo la secuencia mostrada en la **figura 22.** Los resultados para la obtención de altura están consignados en las **tablas 7 y 8.**

Esta consultoría a modo de control, 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 la base y posteriormente los vértices del proyecto, quedaron ajustados de forma correcta, ver **tabla 9.**

| ID | Vertice NP | Depto | Municipio | Fecha de Calculo | Alturas | | | Ondulación Geoidal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Altura Elipsoidal | Altura Nivelada | Tipo de Altura | |
| 1586 | GPS-D-CR-003 | Córdoba | MONTERÍA | 2002 | 17.968 | 15.100 | Geocol | 3.590 |
| 1589 | A1-BE-2 | Córdoba | MONTERÍA | 2002 | 18.107 | 15.409 | Geométrica | 3.440 |
| 1592 | 2-BE-2 | Córdoba | MONTERÍA | 2002 | 16.664 | 14.025 | Geométrica | 3.460 |

Fuente: Extraída de Certificación IGAC, red pasiva

Tabla 6 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC




Fuente: Leica Geo Office

Figura 22 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar

| Vértice GPS | Altura Elipsoidal (h) | Ondulación Geocol | Altura SNMM | MATRIZ L Vector de Observaciones | MATRIZ L Corregida Vector de Observaciones | Altura SNMM Calculada |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $DH°_{GPS} = DH_i - DH_{i-1}$ | $DH_{GPS}$ Corregido | $H_{GPS}$ Final |
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | 15.409 m | 0.000 m | 0.000 m | 15.409 m |
| BASE SERTET | 17.051 m | 3.50 m | | -1.116 m | -1.116 m | 14.293 m |
| 2-BE-2 | 16.664 m | 3.46 m | | -0.347 m | -0.347 m | 13.945 m |
| SAZ-GPS-D-CR-003 | 17.817 m | 3.59 m | | 1.023 m | 1.023 m | 14.969 m |
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | 15.409 m | 0.440 m | 0.440 m | 15.409 m |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Calculo de altura sobre el nivel del mar Base

| Vértice GPS | Altura Elipsoidal (h) | Ondulación Geocol | Altura SNMM | MATRIZ L Vector de Observaciones | MATRIZ L Corregida Vector de Observaciones | Altura SNMM Calculada |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $DH°_{GPS} = DH_i - DH_{i-1}$ | $DH_{GPS}$ Corregido | $H_{GPS}$ Final |
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | 15.409 m | 0.000 m | 0.000 m | 15.409 m |
| BM1 | 16.630 m | 3.40 m | | -1.438 m | -1.438 m | 13.972 m |
| BM2 | 16.674 m | 3.40 m | | 0.044 m | 0.044 m | 14.016 m |
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | 15.409 m | 1.393 m | 1.393 m | 15.409 m |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs

| Vértice GPS | Altura Elipsoidal (h) | Ondulación Geocol | Altura SNMM Certificada Red Pasiva | Altura SNMM Calculada |
|---|---|---|---|---|
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | 15.409 m | 15.409 m |
| 2-BE-2 | 16.664 m | 3.46 m | 14.025 m | 13.945 m |
| SAZ-GPS-D-CR-003 | 17.817 m | 3.59 m | 14.900 m | 14.969 m |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva

De la **tabla 9,** 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

# 5 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

## 5.1 Materialización de vértices auxiliares

Una vez realizado el post proceso GPS y obtenidas las coordenadas corregidas de los BMs, se genera un formato de localización como se muestra en el **anexo 4**. Adicional, En **el anexo 5** se consigna 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. En la **figura 23,** se puede observar la ubicación de los vértices materializados en campo




Fuente: Elaboración propia
Figura 23 Vértices de control BMs

## 5.2 Metodología de levantamiento con estación total

Una vez definidas las coordenadas de los BMs y materializada la poligonal de control con tecnología RTK, Si son más de dos puntos de control de lo contrario se procede a realizar el levantamiento topográfico a partir de los 2 puntos dejados por el GPS Doble Frecuencia en el cual no abra error acumulado, para lo cual se utiliza el método de las radiaciones, donde desde un mismo delta se radian la mayor cantidad de atributos encontrados en campo. La metodología consiste en medir azimutes, distancias horizontales y elevaciones de los puntos radiados. Para lograr tal objetivo es necesario aclarar el fundamento analítico bajo el cual la estación colecta los datos radiados.

### 5.2.1 Mediciones de Azimutes (Az)

Los azimutes son una medida indirecta que se encuentra de la medición o cálculo de los rumbos y se obtienen mediante la **ecuación 2**.

$$R = \tan^{-1}\frac{Ef - Ei}{Nf - Ni} \qquad EC\ 2$$

Donde

*R = Rumbo*
*Ef = Coordenada Este del punto radiado*
*Ei = Coordenada Este del delta donde se arma la estación total*
*Nf = Coordenada Norte del punto radiado*
*Ni = Coordenada Norte del delta donde se arma la estación total*

El rumbo es un valor angular medido desde el norte o desde el sur que va hacia el este u oeste, por tal motivo su valor angular no excede los 90°, el sentido se define dependiendo del cuadrante donde se ubica. La figura 14 permite ilustrar la dirección y el sentido de un rumbo. Una vez hallado el rumbo, se puede calcular el azimut mediante las siguientes expresiones:

*Cuando el rumbo está en cuadrante I (A), R = Az*
*Cuando el rumbo está en cuadrante II (B), Az = 180° - R*
*Cuando el rumbo está en cuadrante III (C), Az = 180° + R*
*Cuando el rumbo está en cuadrante IV (D), Az = 360° - R*

Bajo las consideraciones mencionadas anteriormente, la estación total calcula los azimutes colectados en la memoria del equipo.

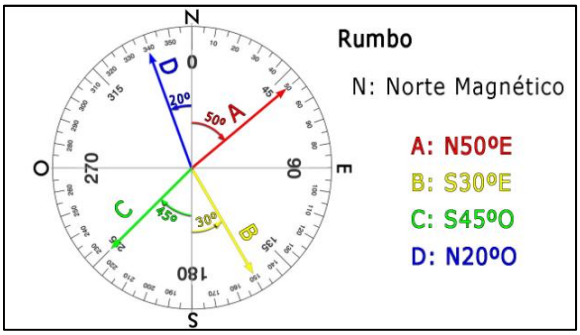



Figura 24 Ilustración de rumbos y cuadrantes

### 5.2.2 Medición de distancias horizontales (DH)

Las distancias horizontales son calculadas de forma trigonométrica o por medio de geometría analítica, para lo cual la estación total manda una señal que es recepcionada por el prisma, la formula con la cual la estación total calcula la DH es la presentada en la **ecuación 3**.

$$DH = \sqrt{(Nf - Ni)^2 + (Ef - Ei)^2} \qquad EC\ 3$$

### 5.2.3 Cálculo de coordenadas

Conociendo la DH y el Az desde el punto de armado hasta el punto radiado, se procede a calcular la coordenada Norte y Este de los puntos radiados mediante las **ecuaciones 4 y 5**.

$$Nf = Ni + DH * \cos Az \qquad EC\ 4$$

$$Ef = Ei + DH * \text{seno}\, Az \qquad EC\ 5$$

### 5.2.4 Medición de elevaciones o cotas (Z)

La medición de elevaciones o cotas se realiza de manera muy similar al cálculo de distancias horizontales. El sistema de medición en campo es el mismo que el de la DH, se diferencia en la función o ecuación para el cálculo de la elevación. **Ecuación 6**.

$$Z = Z_d + (Hi + \tan \propto * DH - Hp) \qquad EC\ 6$$

Donde

*Z = Elevación del punto radiado*
*$Z_d$ = Elevación del delta donde se arma la estación total*
*Hi = Altura instrumental de la estación total*
*.α = Angulo vertical medido en la estación total*
*DH = Distancia horizontal*
*Hp = Altura del prisma*

La información de las coordenadas y cotas colectadas por radiaciones se puede observar cómo archivo crudo en el **anexo 1** y en el **anexo 6,** se consignan las coordenadas y cotas definitivas del levantamiento. De igual forma en la **tabla 10** se presenta un resumen de presentación de la cartera de coordenadas, la cual por su gran volumen se puede manejar solamente en formato digital.

| NODO | NORTE | ESTE | LONGITUD | LATITUD | ALTURA NIVELADA | CODIGO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1457943.250 | 1133234.314 | W75° 52' 00.40" | N8° 44' 06.68" | 13.164 | D1 |
| 2 | 1457928.949 | 1133269.389 | W75° 51' 59.26" | N8° 44' 06.21" | 13.032 | D2 |
| 3 | 1457912.155 | 1133304.945 | W75° 51' 58.09" | N8° 44' 05.66" | 13.266 | D3 |
| 4 | 1457887.824 | 1133377.244 | W75° 51' 55.73" | N8° 44' 04.86" | 12.879 | D4 |
| 5 | 1457816.656 | 1133347.833 | W75° 51' 56.70" | N8° 44' 02.55" | 12.675 | D5 |
| 6 | 1457841.939 | 1133284.898 | W75° 51' 58.76" | N8° 44' 03.38" | 12.291 | D6 |
| 7 | 1457866.434 | 1133200.596 | W75° 52' 01.51" | N8° 44' 04.18" | 12.877 | D7 |
| 8 | 1457945.899 | 1133227.914 | W75° 52' 00.61" | N8° 44' 06.76" | 13.398 | GPS1 |
| 9 | 1457871.952 | 1133202.689 | W75° 52' 01.44" | N8° 44' 04.36" | 13.275 | GPS2 |
| 10 | 1457871.920 | 1133202.672 | W75° 52' 01.44" | N8° 44' 04.36" | 13.235 | GPS2_POS |
| 11 | 1457815.287 | 1133347.879 | W75° 51' 56.70" | N8° 44' 02.50" | 13.068 | GPS3 |
| 12 | 1457952.873 | 1133237.481 | W75° 52' 00.30" | N8° 44' 06.99" | 13.292 | ANDEN |
| 13 | 1457952.336 | 1133238.258 | W75° 52' 00.27" | N8° 44' 06.97" | 13.321 | ANDEN |
| 14 | 1457944.751 | 1133235.654 | W75° 52' 00.36" | N8° 44' 06.73" | 13.344 | ANDEN |
| 15 | 1457944.973 | 1133234.769 | W75° 52' 00.39" | N8° 44' 06.73" | 13.303 | ANDEN |
| 16 | 1457943.858 | 1133234.964 | W75° 52' 00.38" | N8° 44' 06.70" | 13.313 | ANDEN |
| 17 | 1457942.875 | 1133235.645 | W75° 52' 00.36" | N8° 44' 06.66" | 13.318 | ANDEN |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 1457943.690 | 1133236.134 | W75° 52' 00.34" | N8° 44' 06.69" | 13.342 | ANDEN |
| 19 | 1457943.001 | 1133237.851 | W75° 52' 00.29" | N8° 44' 06.67" | 13.324 | ANDEN |
| 20 | 1457942.133 | 1133237.515 | W75° 52' 00.30" | N8° 44' 06.64" | 13.306 | ANDEN |
| 21 | 1457935.525 | 1133235.118 | W75° 52' 00.38" | N8° 44' 06.43" | 13.321 | ANDEN |
| 22 | 1457936.382 | 1133235.382 | W75° 52' 00.37" | N8° 44' 06.45" | 13.310 | ANDEN |
| 23 | 1457936.995 | 1133233.464 | W75° 52' 00.43" | N8° 44' 06.47" | 13.308 | ANDEN |
| 24 | 1457936.013 | 1133233.434 | W75° 52' 00.43" | N8° 44' 06.44" | 13.322 | ANDEN |
| 25 | 1457935.708 | 1133232.713 | W75° 52' 00.45" | N8° 44' 06.43" | 13.323 | ANDEN |
| 26 | 1457936.801 | 1133232.652 | W75° 52' 00.46" | N8° 44' 06.47" | 13.302 | ANDEN |
| 27 | 1457935.800 | 1133231.618 | W75° 52' 00.49" | N8° 44' 06.44" | 13.292 | ANDEN |
| 28 | 1457935.341 | 1133232.441 | W75° 52' 00.46" | N8° 44' 06.42" | 13.332 | ANDEN |
| 29 | 1457928.876 | 1133229.213 | W75° 52' 00.57" | N8° 44' 06.21" | 13.233 | ANDEN |
| 30 | 1457928.776 | 1133230.155 | W75° 52' 00.54" | N8° 44' 06.21" | 13.254 | ANDEN |
| 31 | 1457898.613 | 1133331.091 | W75° 51' 57.24" | N8° 44' 05.21" | 12.958 | ANDEN |
| 32 | 1457896.979 | 1133330.646 | W75° 51' 57.26" | N8° 44' 05.16" | 12.974 | ANDEN |
| 33 | 1457904.815 | 1133312.088 | W75° 51' 57.86" | N8° 44' 05.42" | 12.918 | ANDEN |
| 34 | 1457903.544 | 1133311.565 | W75° 51' 57.88" | N8° 44' 05.38" | 12.936 | ANDEN |
| 35 | 1457891.627 | 1133350.943 | W75° 51' 56.59" | N8° 44' 04.99" | 12.937 | ANDEN |
| 36 | 1457890.680 | 1133349.320 | W75° 51' 56.65" | N8° 44' 04.95" | 12.966 | ANDEN |
| 37 | 1457886.576 | 1133365.640 | W75° 51' 56.11" | N8° 44' 04.82" | 12.946 | ANDEN |
| 38 | 1457885.262 | 1133365.227 | W75° 51' 56.13" | N8° 44' 04.78" | 12.930 | ANDEN |
| 39 | 1457851.720 | 1133242.350 | W75° 52' 00.15" | N8° 44' 03.70" | 12.985 | ANDEN |
| 40 | 1457851.339 | 1133242.083 | W75° 52' 00.16" | N8° 44' 03.69" | 12.990 | ANDEN |
| 41 | 1457849.522 | 1133248.936 | W75° 51' 59.93" | N8° 44' 03.63" | 12.952 | ANDEN |
| 42 | 1457849.057 | 1133248.912 | W75° 51' 59.93" | N8° 44' 03.61" | 12.972 | ANDEN |
| 43 | 1457852.218 | 1133203.682 | W75° 52' 01.41" | N8° 44' 03.72" | 12.972 | ANDEN |
| 44 | 1457852.545 | 1133202.810 | W75° 52' 01.44" | N8° 44' 03.73" | 12.949 | ANDEN |

Fuente: Elaboración propia
Tabla 10 Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico

### 5.3 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 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 de la estación total por medio de exportación de archivos crudos que arroja el equipo, la información se encuentra ubicada en el **anexo 1 Archivos de Estación**

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 un plano en (planta – perfil - secciones) 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.

### 5.4 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 **tablas 11 a 13.**

| Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| GPS | Coordenadas Geograficas | | Coordenadas Planas | | Altura SNMS |
| | Latitud | Longitud | Norte | Este | |
| BM1 | N8° 45' 43.25" | W75° 52' 33.33" | 1132218.273 | 1460907.462 | 13.972 |

Fuente: Elaboración propia
Tabla 11 Coordenadas definitivas del vértice BM1

| Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| GPS | Coordenadas Geograficas | | Coordenadas Planas | | Altura SNMS |
| | Latitud | Longitud | Norte | Este | |
| BM2 | N8° 45' 43.73" | W75° 52' 34.50" | 1460922.230 | 1132182.369 | 14.007 |

Fuente: Elaboración propia
Tabla 12 Coordenadas definitivas del vértice BM3

| | |
|---|---|
| Puntos levantados | 1046 |

Fuente: Elaboración propia
Tabla 13 Total de puntos levantados

# 6 EQUIPOS UTILIZADOS

Durante el trabajo de campo se utilizaron equipos topográficos electrónicos, tales como GPS de doble frecuencia. En el **anexo 2** del presente informe se encuentra la información correspondiente a los certificados de calibración y especificaciones de los equipos respectivamente. Adicional, en la **tabla 13** se consignan algunas especificaciones de los equipos empleados en el presente estudio.

| Equipo | Marca | Serie/Modelo | Precisión | | Alcance |
|---|---|---|---|---|---|
| GPS Doble Frecuencia | Trimble | 20140764/ 4800 | ± (5 mm + 0.5ppm) Horizontal | ± (5 mm + 1ppm) Vertical | 21 frecuencias por rango |
| GPS Doble Frecuencia | Trimble | 20308919/ 5700 | ± (5 mm + 0.5ppm) Horizontal | ± (5 mm + 1ppm) Vertical | 21 frecuencias por rango |
| GPS RTK | CHCX91 | 954881 971193 | ±(8mm+1ppmRsm) Horizontal | ± (15mm+1ppmRsm) vertical | 15 km |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Relación de equipos utilizados

# 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El levantamiento topográfico tuvo como finalidad en el Barrio Cantaclaro, Municipio de Montería, 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 mas no imprimibles, ver **anexo 1.**

- ✓ Para el proceso de georreferenciación, se utilizaron equipos GPS de doble frecuencia 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 doble frecuencia y estación Total, generando una cartera de coordenadas donde se consignan los diferentes atributos medidos en campo, ver **anexo 6.**

- ✓ Se generó un plano en planta que permiten ver gráficamente los diferentes atributos medidos en campo con su respectiva nomenclatura y codificación. Adicional, se evidencia en el plano en planta las curvas de nivel de la superficie TIN y elevaciones, ver **anexo 7.**

- ✓ 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 Occidental, 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.