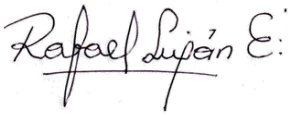
# ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y GEORREFERENCIACIÓN




**SEPTIEMBRE DE 2024**

**MONTERÍA - CÓRDOBA**

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

| **CONTROL DE COPIAS** | | |
|---|---|---|
| No. Copias | Física/Digital | |
| 1 | Física (Ejemplo) | |
| | | |
| Elaboró: JONATHAN ALEXANDER LÓPEZ GUERRERO | Revisó: RAFAEL ANTONIO LUJAN ESQUIVIA | Aprobó: JAMILTON ECHEVERRI DIAZ |
|  TOPÓGRAFO T.P. 01-14376 CPNT |  COORDINADOR DE ESTUDIOS Y DISEÑOS M.P 22202139018 COR |  DIRECTOR DE CONSULTORÍA T.P. 01-13521 CPNT |

## TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN ..... 6
2 LOCALIZACIÓN ..... 6
3 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA ..... 8
3.1 Datum geodésico horizontal ..... 8
3.2 Sistema geocéntrico de referencia global ..... 8
3.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas ..... 9
3.4 Sistema geocéntrico de referencia local ..... 10
3.5 Coordenadas planas en Colombia ..... 12
3.6 Selección de época de entrega información ..... 13
3.7 Modelo de velocidades adoptado ..... 14
3.8 Modelo geoidal para Colombia ..... 15
4 POST – PROCESAMIENTO GPS ..... 16
4.1 Materialización vértice GPS (Rover) ..... 16
4.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA ..... 17
4.3 Cálculo 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 ..... 21
5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO ..... 23
5.1 Materialización de vértices auxiliares ..... 23
5.2 Metodología de levantamiento por RTK ..... 24
5.3 Procesamiento de la información ..... 25
5.4 Resultados del estudio topográfico ..... 26
6 EQUIPOS UTILIZADOS ..... 27
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general ..... 7
Figura 2 Localización específica ..... 7
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B ..... 8
Figura 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales ..... 9
Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS ..... 9
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC ..... 11

Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC ..... 11
Figura 8 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger ..... 12
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009 ..... 14
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004 ..... 15
Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA ..... 18
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control ..... 19
Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control ..... 19
Figura 14 Coordenadas ajustadas de GPS ..... 20
Figura 15 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar. ..... 22
Figura 16 Vértices de control BMs ..... 24

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00 ..... 12
Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto ..... 13
Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas ..... 19
Tabla 4 Coordenadas de los BMs época 2018.00 ..... 21
Tabla 5 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC ..... 22
Tabla 6 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs ..... 23
Tabla 7 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva ..... 23
Tabla 8 Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico ..... 25
Tabla 9 Coordenadas definitivas del vértice **GPS1** ..... 26
Tabla 10 Coordenadas definitivas del vértice **GPS2** ..... 26
Tabla 11 Fuente: Puntos Total Levantado ..... 26
Tabla 12 Relación de equipos utilizados ..... 27

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Materialización vértice **GPS1** ..... 16
Fotografía 2 Materialización vértice **GPS2** ..... 17

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 ARCHIVOS CRUDOS

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 realizó el estudio topográfico y georreferenciación para el proyecto **"REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS REQUERIDOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN".** 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 LOCALIZACIÓN

El levantamiento se realizó en el estadio de béisbol del barrio La Pradera del municipio Montería, departamento del Córdoba.

El estudio topográfico y georreferenciación se realizó en el sitio de estudio correspondiente al proyecto, centroide con coordenadas geográficas datum WGS84 latitud N8° 44' 29.02"Longitud W75° 52' 26.21"y altura nivelada media 13.891 msnm.

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




Fuente: Google Earth y Wikipedia
Figura 1 Localización general




Fuente: Google Earth
Figura 2 Localización específica

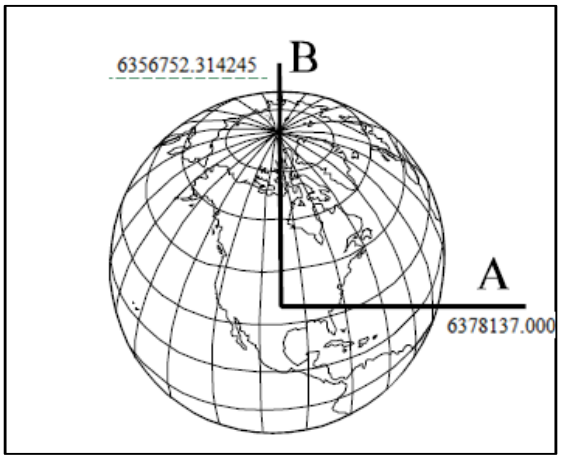
# 3 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA

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.

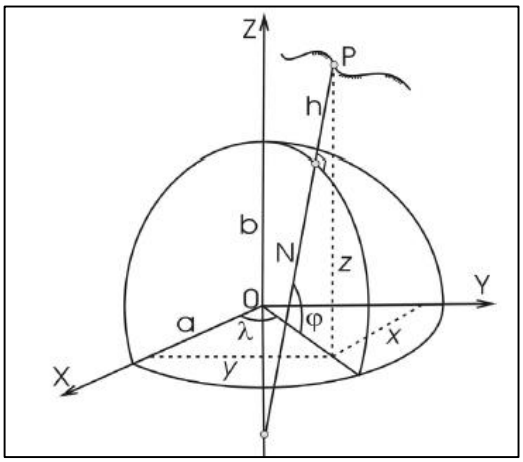
Normalmente, los sistemas de referencia o datum geodésico de cada elipsoide, están asociados a longitudes de un semi eje mayor y semi eje menor, ver **Figura 3.**




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




Fuente: Figura 8 Adopción marco de referencia MAGNA SIRGAS 2004

Figura 5 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 5,** se observa la red SIRGAS.

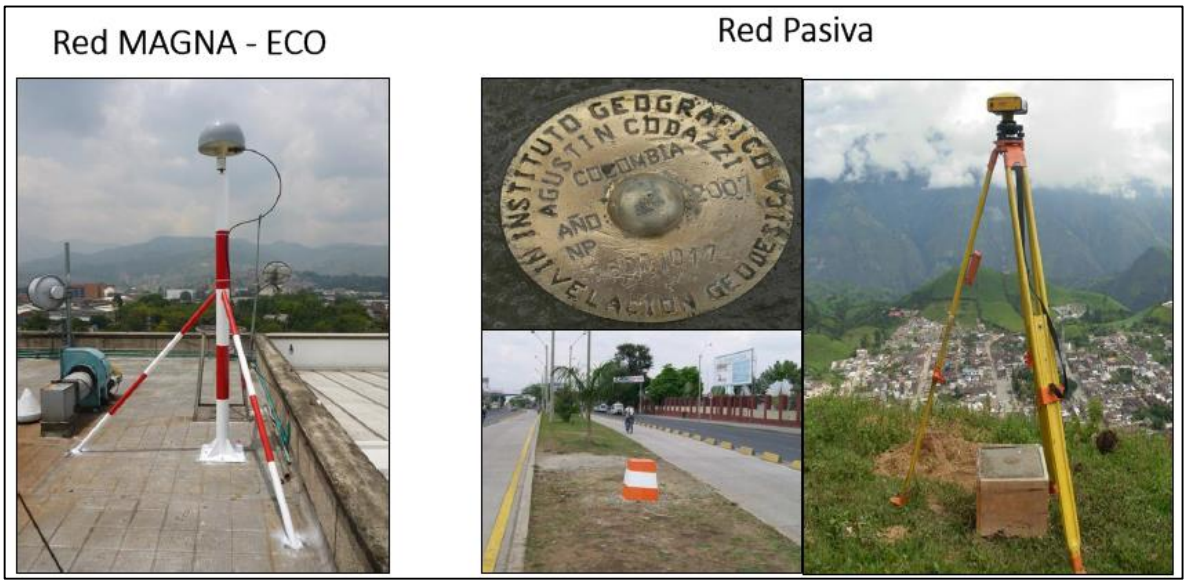
### 3.4 Sistema geocéntrico de referencia local

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.

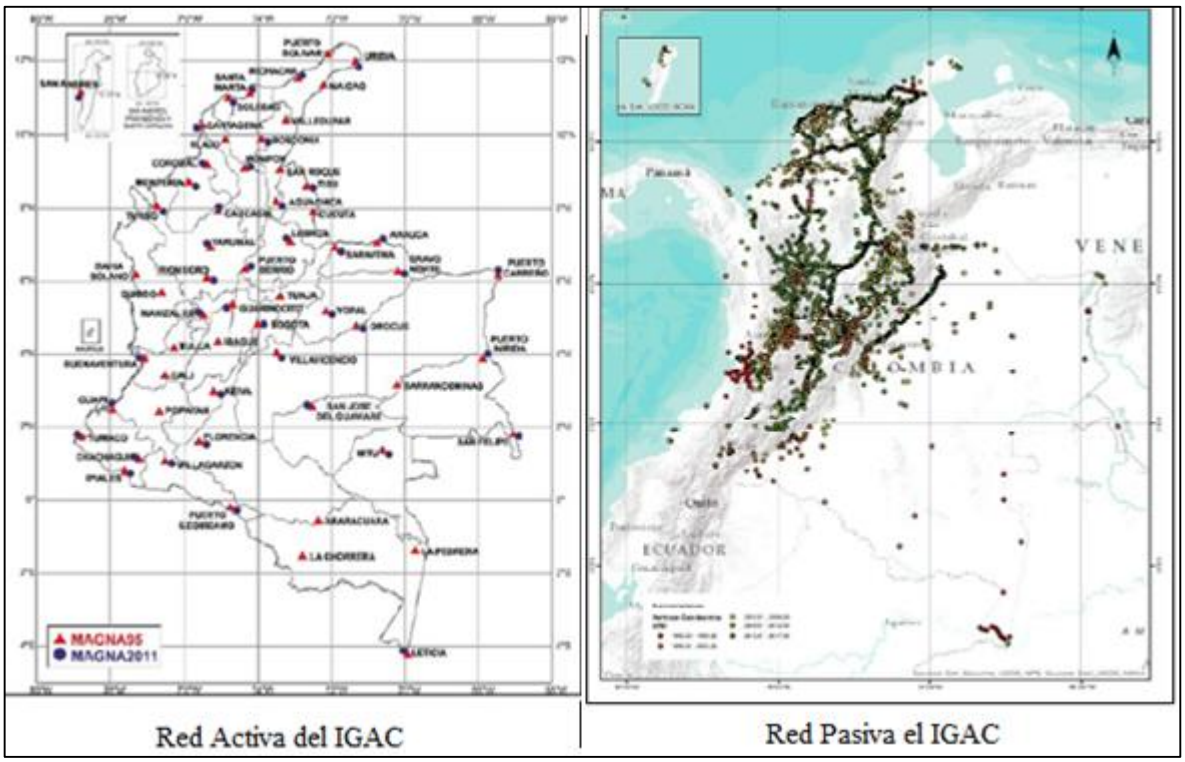
La información de la red activa del IGAC, se puede obtener de manera mensual de la página coordenadas semanales, sistema de referencia (http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/), en donde se cargan las coordenadas ajustadas en épocas recientes de la red MAGNA SIRGAS y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

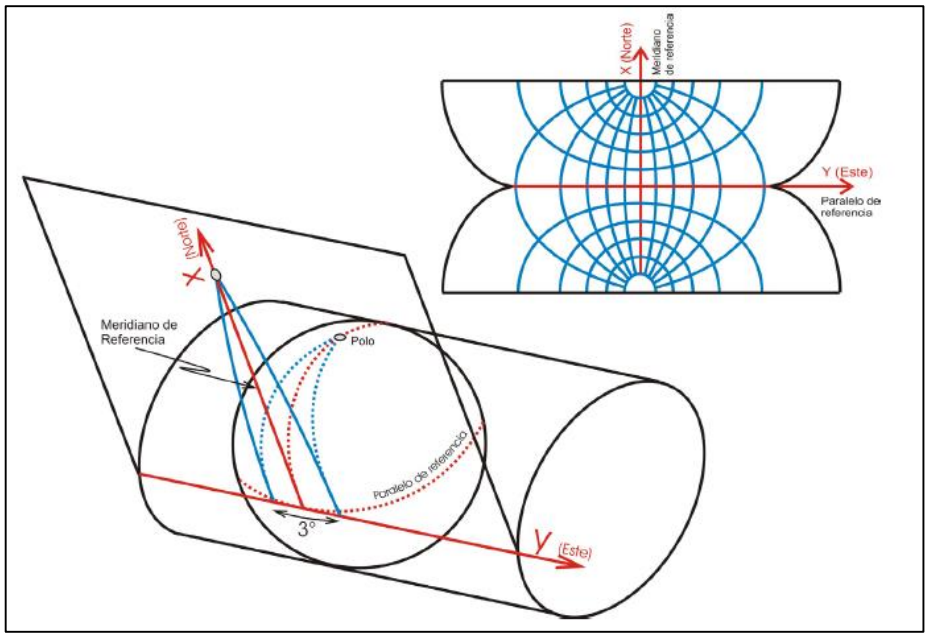



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC

### 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

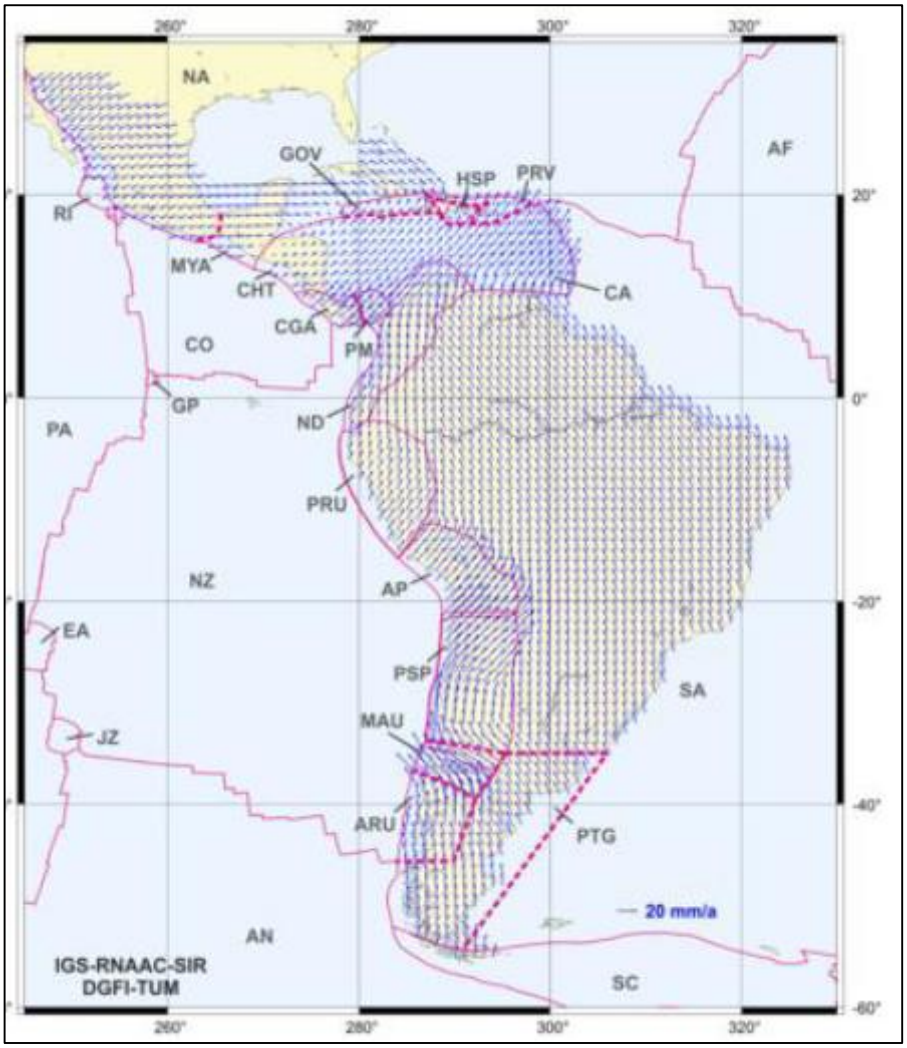
| Day | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 001 | 032 | 060 | 091 | 121 | 152 | 182 | 213 | 244 | 274 | 305 | 335 |
| 2 | 002 | 033 | 061 | 092 | 122 | 153 | 183 | 214 | 245 | 275 | 306 | 336 |
| 3 | 003 |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

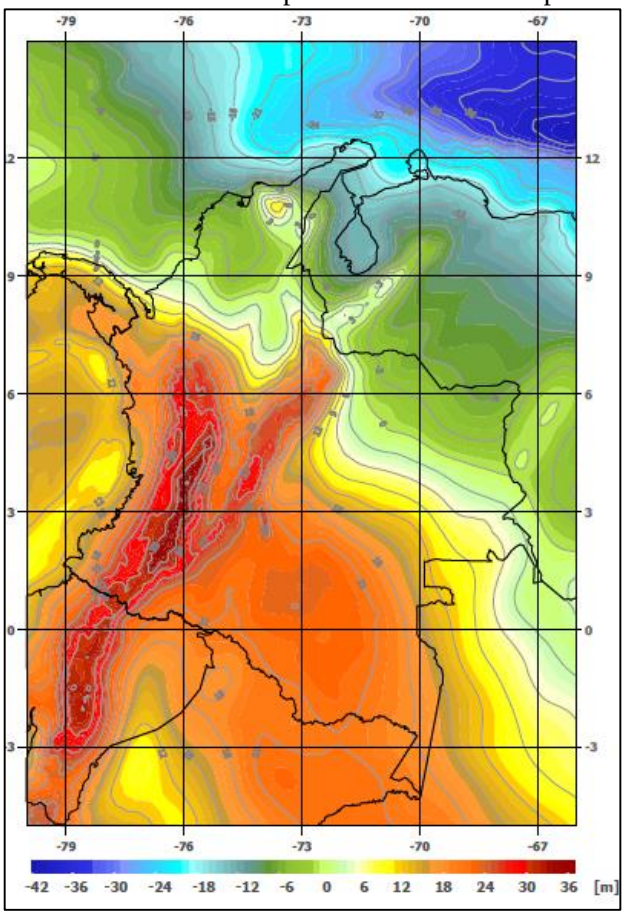
### 3.8 Modelo geoidal para Colombia

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 **GPS1 y GPS2** 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 y fotografía 2,** Se puede evidenciar el posicionamiento GPS en campo del **GPS1 y GPS2.**

| | |
|---|---|
|  |  |
| Posicionamiento GPS-Doble Frecuencia GPS1 | Posicionamiento GPS-RTK GPS1 |

Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 1 Materialización vértice **GPS1**

| | |
|---|---|
|  |   |
| Posicionamiento GPS-Doble Frecuencia GPS2 | Posicionamiento GPS-RTK GPS2 |

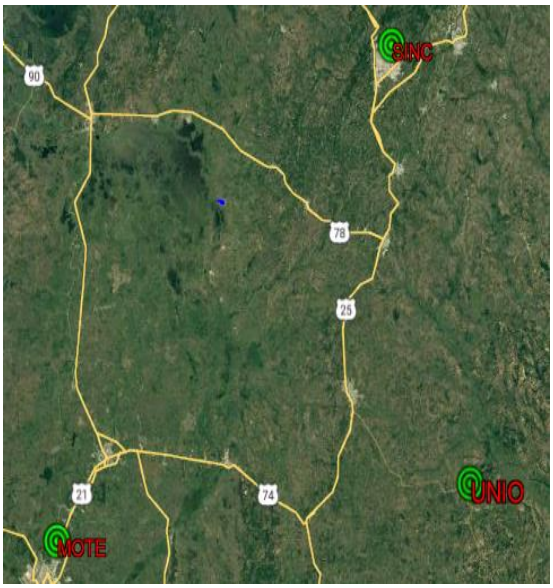
Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 2 Materialización vértice **GPS2**

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

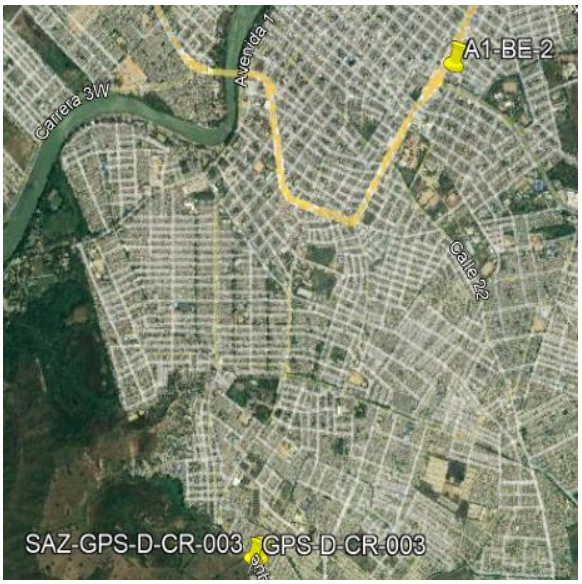
Una vez materializados los vértices GPS se debe seleccionar las antenas de la red activa para asignación de coordenadas y el vértice de la red pasiva para asignación de altura sobre el nivel del mar. Tal selección se realiza en función de la ubicación de los vértices materializados en el área de estudio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




Red Activa




Red Pasiva

Fuente: Google Earth

Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA

### 4.3 Cálculo 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 SERTET SAS, seleccionó las antenas de la red activa más cercanas del IGAC (**Tabla 3 y** Figura **11**) como antenas de control.

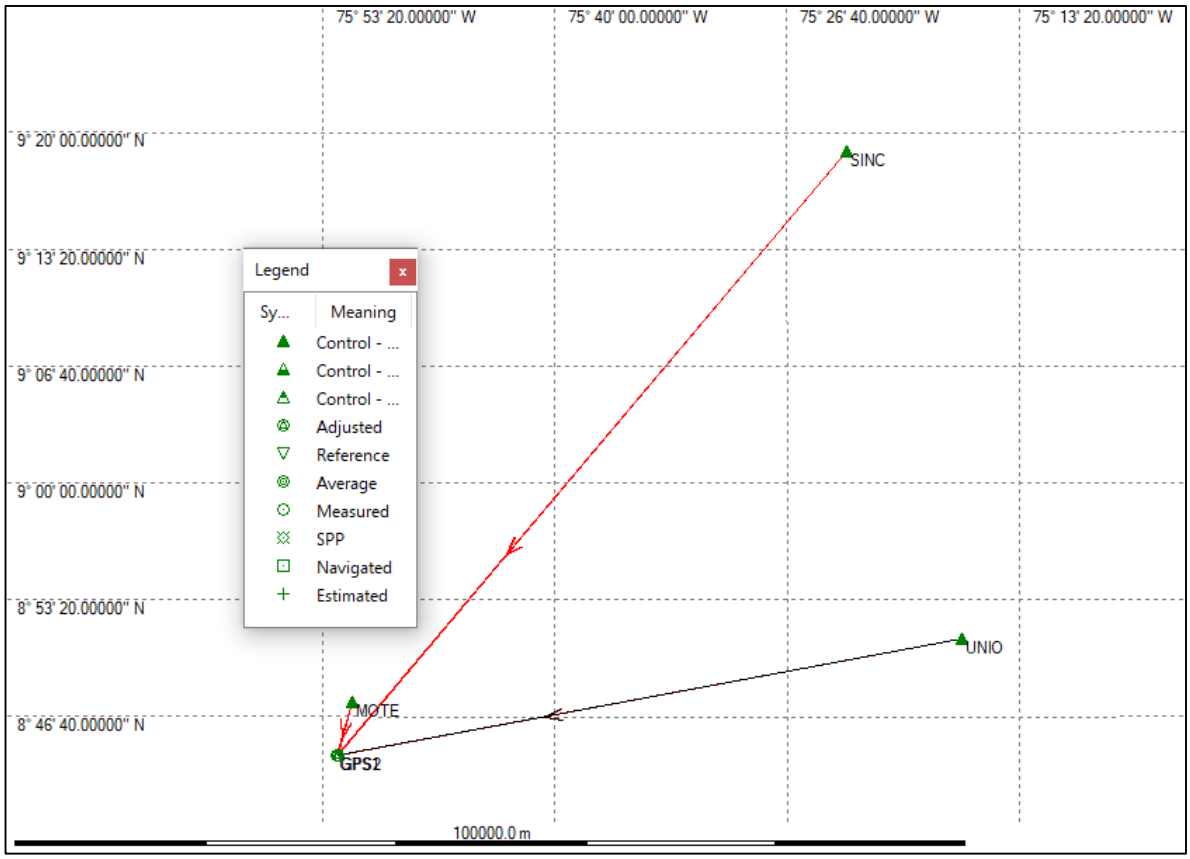
- ✓ Posteriormente, desde las antenas seleccionadas se ajustan los vértices de control materializados en el área de influencia del proyecto objeto de estudio aplicando la metodología presentada anteriormente y complementando que las coordenadas deben ser actualizadas a la época del posicionamiento (tiempo real); tal proceso se realiza asistido por el software Magna Sirgas Pro 4.2. El posicionamiento GPS en los vértices, se observa en la **fotografía 1**. 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 CORS.

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS20 EPOCH: 2024-06-12 12:00:00

| NUM | STATION NAME | X (M) | Y (M) | Z (M) | FLAG |
|---|---|---|---|---|---|
| 602 | MOTE 41922S001 | 1539877.13484 | -6112744.49052 | 968435.43779 | A |
| 925 | SINC 41946M001 | 1588028.34976 | -6091166.28078 | 1025655.17149 | A |
| 78 | UNIO | 1601778.29831 | -6095793.77890 | 974943.46673 | A |

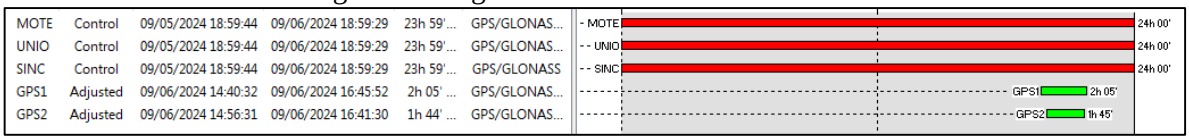
Fuente: http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/

Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas



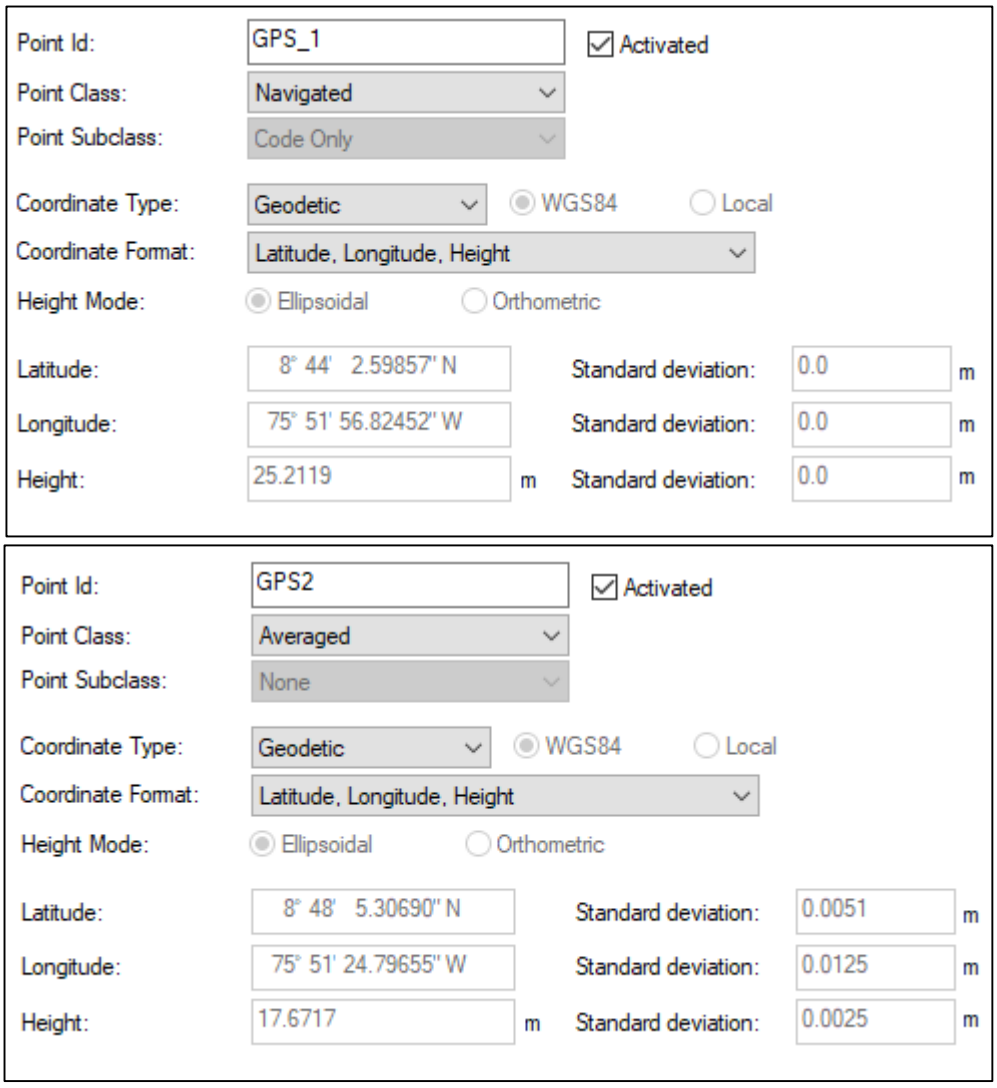

Fuente: Leica Geo Office

Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control




Fuente: Leica Geo Office

Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control




Fuente: Leica Geo Office
Figura 14 Coordenadas ajustadas de GPS

- ✓ Los reportes del post – proceso mencionado anteriormente, se pueden evidenciar en el **anexo 3.** Adicional, en la **Tabla 4** 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.

| Post procesamiento de los vertices del proyecto | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenadas Elipsoidales** | | | | | | | | | | | | | |
| **Vertice** | **Epoca 09-06-2024** | | | | | | **Epoca 01-01-2018** | | | | | | **H Elip** |
| | **Latitud** | | | **Longitud** | | | **Latitud** | | | **Longitud** | | | |
| | ° | ' | " | ° | ' | " | ° | ' | " | ° | ' | " | |
| GPS1 | 8 | 44 | 26.55986 | 75 | 52 | 28.05486 | 8 | 44 | 26.55753 | 75 | 52 | 28.05730 | 16.888 |
| GPS2 | 8 | 44 | 27.25759 | 75 | 52 | 24.27142 | 8 | 44 | 27.25526 | 75 | 52 | 24.27386 | 16.619 |
| *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** |
| GPS1 | 1538612.445 | | | -6113937.216 | | | 962830.2218 | | | 1458551.440 | | | 1132386.859 |
| GPS2 | 1538723.730 | | | -6113905.576 | | | 962851.3678 | | | 1458573.250 | | | 1132502.457 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Coordenadas de los 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 5.** 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 la **Tabla 6.** Por último, se asigna elevación sobre el nivel del mar de los vértices del proyecto partiendo desde los vértices de la red pasiva mostrados en la **Figura 11.** Los resultados para la obtención de altura están consignados en la **Tabla 6.**

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 los vértices del proyecto quedaron ajustados de forma correcta, ver **Tabla 7.**

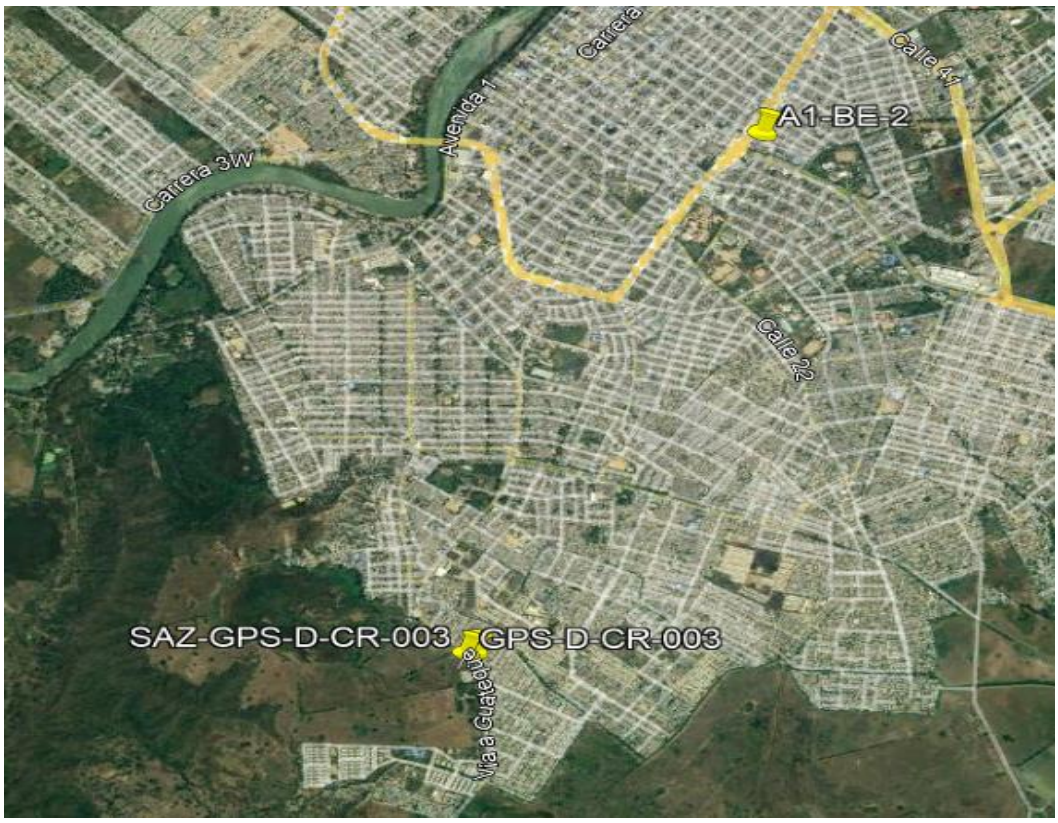
| GPS-D-CR-003 | |
|---|---|
| OGRGeoJSON:FID | 1586 |
| OGRGeoJSON:PUNTO | GPS-D-CR-003 |
| OGRGeoJSON:MUNICIPIO | MONTERÍA |
| OGRGeoJSON:DEPARTAMEN | Córdoba |
| OGRGeoJSON:FECHA_CALC | 2002 |
| OGRGeoJSON:LATITUD | 8.72146376667 |
| OGRGeoJSON:LONGITUD | -75.8908907778 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_ELI | 17.9677 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_NIV | 15.1 |
| OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR | Geocol |
| OGRGeoJSON:ONDULACION | 3.59 |
| OGRGeoJSON:X | 1536938.16025 |
| OGRGeoJSON:Y | -6114692.65012 |
| OGRGeoJSON:Z | 960726.377706 |
| OGRGeoJSON:VX | 0.0104 |
| OGRGeoJSON:VY | 0.0043 |
| OGRGeoJSON:VZ | 0.0106 |

| SAZ-GPS-D-CR-003 | |
|---|---|
| OGRGeoJSON:FID | 1587 |
| OGRGeoJSON:PUNTO | SAZ-GPS-D-CR-003 |
| OGRGeoJSON:MUNICIPIO | MONTERÍA |
| OGRGeoJSON:DEPARTAMEN | Córdoba |
| OGRGeoJSON:FECHA_CALC | 2002 |
| OGRGeoJSON:LATITUD | 8.72155086111 |
| OGRGeoJSON:LONGITUD | -75.8905066389 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_ELI | 17.8169 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_NIV | 14.9 |
| OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR | Geocol |
| OGRGeoJSON:ONDULACION | 3.59 |
| OGRGeoJSON:X | 1536978.7637 |
| OGRGeoJSON:Y | -6114680.78448 |
| OGRGeoJSON:Z | 960735.876114 |
| OGRGeoJSON:VX | 0.0104 |
| OGRGeoJSON:VY | 0.0043 |
| OGRGeoJSON:VZ | 0.0106 |

| A1-BE-2 | |
|---|---|
| OGRGeoJSON:FID | 1589 |
| OGRGeoJSON:PUNTO | A1-BE-2 |
| OGRGeoJSON:MUNICIPIO | MONTERÍA |
| OGRGeoJSON:DEPARTAMEN | Córdoba |
| OGRGeoJSON:FECHA_CALC | 2002 |
| OGRGeoJSON:LATITUD | 8.75080353611 |
| OGRGeoJSON:LONGITUD | -75.8778242778 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_ELI | 18.1074 |
| OGRGeoJSON:ALTURA_NIV | 15.409 |
| OGRGeoJSON:TIPO_ALTUR | Geométrica |
| OGRGeoJSON:ONDULACION | 3.44 |
| OGRGeoJSON:X | 1538212.37715 |
| OGRGeoJSON:Y | -6113864.15457 |
| OGRGeoJSON:Z | 963933.736198 |
| OGRGeoJSON:VX | 0.0104 |
| OGRGeoJSON:VY | 0.0043 |
| OGRGeoJSON:VZ | 0.0105 |

Fuente: Extraída de Certificación IGAC, red pasiva

Tabla 5 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC




Fuente: Leica Geo Office

Figura 15 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 |
| GPS-D-CR-003 | 17.968 m | 3.59 m | 15.100 m | 0.000 m | 0.000 m | 15.100 m |
| GPS1 | 16.888 | 3.50 m | | -0.990 m | -0.990 m | 14.110 m |
| GPS2 | 16.619 | 3.50 m | | -0.269 m | -0.269 m | 13.841 m |
| SAZ-GPS-D-CR-003 | 17.817 m | 3.59 m | | 1.108 m | 1.108 m | 14.949 m |
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | | 0.440 m | 0.440 m | 15.389 m |
| GPS-D-CR-003 | 17.968 m | 3.59 m | 15.100 m | -0.289 m | -0.289 m | 15.100 m |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 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 |
|---|---|---|---|---|
| GPS-D-CR-003 | 17.968 m | 3.59 m | 15.100 m | 15.100 m |
| SAZ-GPS-D-CR-003 | 17.817 m | 3.59 m | 14.900 m | 14.949 m |
| A1-BE-2 | 18.107 m | 3.44 m | 41.347 m | 15.389 m |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva

De la **Tabla 7,** 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 TOPOGRÁFICO

## 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 16,** se puede observar la ubicación de los vértices materializados en campo




Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Vértices de control BMs

## 5.2 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. Esta tecnología fue utilizada para el levantamiento del corredor vial. En el **anexo 1** se consignan los archivos RTK**,** la cartera de coordenadas con los puntos levantados se encuentra en el **anexo 6.** La Fuente: elaboración propía

Tabla 8, presenta un resumen de la cartera de coordenadas.

| NODO | NORTE | ESTE | LONGITUD | LATITUD | ALTURA NIVELADA | CÓDIGO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1458570.186 | 1132445.856 | W75° 52' 26.13" | N8° 44' 27.16" | 13.954 | ANDEN |
| 2 | 1458570.470 | 1132447.329 | W75° 52' 26.08" | N8° 44' 27.17" | 13.948 | ANDEN |
| 3 | 1458578.431 | 1132445.550 | W75° 52' 26.13" | N8° 44' 27.43" | 13.969 | ANDEN |
| 4 | 1458578.112 | 1132444.137 | W75° 52' 26.18" | N8° 44' 27.42" | 13.965 | ANDEN |
| 5 | 1458581.972 | 1132443.213 | W75° 52' 26.21" | N8° 44' 27.55" | 13.976 | ANDEN |
| 6 | 1458582.246 | 1132444.694 | W75° 52' 26.16" | N8° 44' 27.55" | 13.977 | ANDEN |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1458685.578 | 1132400.795 | W75° 52' 27.59" | N8° 44' 30.92" | 14.575 | ARBOL |
| 8 | 1458685.774 | 1132408.127 | W75° 52' 27.35" | N8° 44' 30.93" | 14.448 | ARBOL |
| 9 | 1458686.848 | 1132413.064 | W75° 52' 27.19" | N8° 44' 30.96" | 14.420 | ARBOL |
| 10 | 1458687.701 | 1132417.525 | W75° 52' 27.04" | N8° 44' 30.99" | 14.627 | ARBOL |
| 11 | 1458648.610 | 1132408.661 | W75° 52' 27.33" | N8° 44' 29.72" | 14.295 | ARBOL |
| 12 | 1458655.861 | 1132407.269 | W75° 52' 27.38" | N8° 44' 29.95" | 14.320 | ARBOL |
| 13 | 1458584.372 | 1132459.465 | W75° 52' 25.68" | N8° 44' 27.62" | 14.101 | BAÑO |
| 14 | 1458587.299 | 1132462.656 | W75° 52' 25.57" | N8° 44' 27.72" | 13.870 | BAÑO |
| 15 | 1458586.621 | 1132458.960 | W75° 52' 25.70" | N8° 44' 27.69" | 13.898 | BAÑO |
| 16 | 1458653.610 | 1132486.486 | W75° 52' 24.79" | N8° 44' 29.87" | 13.975 | BARANDA |
| 17 | 1458655.793 | 1132486.126 | W75° 52' 24.80" | N8° 44' 29.94" | 13.986 | BARANDA |
| 18 | 1458580.356 | 1132443.450 | W75° 52' 26.20" | N8° 44' 27.49" | 15.814 | BARANDA |
| 19 | 1458581.940 | 1132443.107 | W75° 52' 26.21" | N8° 44' 27.54" | 14.563 | BARANDA |
| 20 | 1458598.690 | 1132417.114 | W75° 52' 27.06" | N8° 44' 28.09" | 15.844 | BARANDA |
| 21 | 1458598.999 | 1132418.653 | W75° 52' 27.01" | N8° 44' 28.10" | 14.541 | BARANDA |
| 22 | 1458663.952 | 1132407.224 | W75° 52' 27.38" | N8° 44' 30.22" | 14.610 | CASA |
| 23 | 1458668.916 | 1132411.031 | W75° 52' 27.25" | N8° 44' 30.38" | 14.644 | CASA |
| 24 | 1458664.577 | 1132411.541 | W75° 52' 27.24" | N8° 44' 30.24" | 14.638 | CASA |
| 25 | 1458684.035 | 1132403.439 | W75° 52' 27.50" | N8° 44' 30.87" | 14.459 | CORREDOR |
| 26 | 1458685.996 | 1132403.038 | W75° 52' 27.51" | N8° 44' 30.93" | 14.507 | CORREDOR |
| 27 | 1458686.961 | 1132419.378 | W75° 52' 26.98" | N8° 44' 30.96" | 14.442 | CORREDOR |
| 28 | 1458686.953 | 1132419.382 | W75° 52' 26.98" | N8° 44' 30.96" | 14.619 | CORREDOR |
| 29 | 1458698.153 | 1132482.732 | W75° 52' 24.91" | N8° 44' 31.32" | 14.499 | CORREDOR |

Fuente: elaboración propía

Tabla 8 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 del colector del RTK y 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 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 – perfil y secciones transversales), 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 **Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11.**

| **Localización** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00)** | | | | | |
| **GPS** | **Coordenadas Geograficas** | | **Coordenadas Planas** | | **Altura SNMS** |
| | **Latitud** | **Longitud** | **Norte** | **Este** | |
| **GPS1** | N8° 44' 26.55753" | W75° 52' 28.0573" | 1458551.440 | 1132386.859 | 14.110 |

Fuente: Elaboración propia
Tabla 9 Coordenadas definitivas del vértice **GPS1**

| **Localización** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00)** | | | | | |
| **GPS** | **Coordenadas Geograficas** | | **Coordenadas Planas** | | **Altura SNMS** |
| | **Latitud** | **Longitud** | **Norte** | **Este** | |
| **GPS2** | N8° 44' 27.25526" | W75° 52' 24.27386" | 1458573.250 | 1132502.457 | 13.841 |

Fuente: Elaboración propia
Tabla 10 Coordenadas definitivas del vértice **GPS2**

| | |
|---|---|
| Total, de puntos del levantamiento | 736 |

Tabla 11 Fuente: Puntos Total Levantado

# 6 EQUIPOS UTILIZADOS

Durante el trabajo de campo se utilizaron equipos topográficos electrónicos, tales como GPS de doble frecuencia y GPS RTK. 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 12** se consignan algunas especificaciones de los equipos empleados en el presente estudio.

| Equipo | Marca | Serie/Modelo | Precisión | | Alcance |
|---|---|---|---|---|---|
| GPS RTK | CHCNAV | M3 3237760<br>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 12 Relación de equipos utilizados

# 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Estudio topográfico tuvo como finalidad en el Estadio de Béisbol Ubicado en el barrio La Pradera, 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 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.