Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Estudios a Distancia - FAEDIS

Ampliación De La Actual Red Geodésica Nacional (Magna-Sirgas), En La Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajica

Trabajo de grado presentado para obtener el título de:

Ingeniero civil

Presenta:

Oscar Vargas Melgarejo Código: D7302117

Jorge Luis González Ribera Código: D7301066

Director del trabajo:

ING. SAIETH BAUDILIO CHAVES PABON

Bogotá, D.C. Colombia Diciembre de 2016

Bogotá, D.C., Agosto 25 de 2016

.

Señores:

COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Ciudad.

Ref.: Presentación propuesta

En cumplimiento del reglamento de la Facultad para el desarrollo de la Opción de Grado, me permito presentar para los fines pertinentes la propuesta titulada:

"Ampliación De La Actual Red Geodésica Nacional (Magna-Sirgas), En La Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajica"

Atentamente,

Oscar Vargas Melgarejo
Código: D7302117
Estudiante de Ingeniería Civil

Jorge Luis González Ribera
Código: D7301066
Estudiante de Ingeniería Civil

APROBACIÓN

La propuesta de trabajo de grado, titulada “Ampliación De La Actual Red Geodésica Nacional (Magna-Sirgas), En La Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajica”, presentada por los estudiantes Jorge Luis González Ribera y Oscar Vargas Melgarejo, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el Director:

_____

Ing. Director Universidad Militar Nueva Granada

APROBACIÓN

La propuesta de trabajo de grado, titulada “Ampliación De La Actual Red Geodésica Nacional (Magna-Sirgas), En La Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajica”, presentada por los estudiantes Jorge Luis González Ribera y Oscar Vargas Melgarejo, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el Tutor:

_____

ING. SAIETH BAUDILIO CHAVES PABON
Docente Universidad Militar Nueva Granada
saieth.chaves@unimilitar.edu.co

AGRADECIMIENTOS

Ofrecemos nuestros agradecimientos en primer lugar al ser que nos guio durante este largo camino, Gracias Dios.

En segundo lugar a nuestros padres y familiares que son el motivo de inspiración.

De igual manera agradecemos a nuestro Director de Proyecto Ingeniero Saieth Baudilio Chaves, quien siempre estuvo atento a nuestras inquietudes.

Agradecimiento especial para las directivas y docentes del programa Ingeniería Civil de la universidad Militar.

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del director del proyecto

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

BOGOTÁ D.C Día ___ Mes ___ Año

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 17

2. OBJETIVOS 18

2.1 OBJETIVO GENERAL: 18

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 18

3. RESEÑA GENERAL 19

3.1 GENERALIDADES 20

3.1.1 Delimitación Geográfica 20

3.2 TOPOGRAFÍA 20

3.3 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 21

4. MARCO TEÓRICO 22

4.1 GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) 22

4.2 SISTEMA DE REFERENCIA 22

4.3 TIPOS DE COORDENADAS MANEJADAS EN COLOMBIA 24

4.4 COORDENADAS CARTESIANAS TRIDIMENSIONALES (GEOCÉNTRICAS) 24

4.5 COORDENADAS ELIPSOIDALES 25

4.6 PROYECCIÓN GAUSS KRÜGER 26

4.7 PROYECCIÓN CARTESIANA 28

4.8 SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA –SIRGAS 30

4.9 RED MAGNA – ECO 31

4.10 POSICIONAMIENTO SATELITAL 32

4.11 DISOLUCIÓN DE LA PRECISIÓN 32

4.12 MÉTODO ESTÁTICO DIFERENCIAL 33

4.13 EFEMÉRIDES PRECISAS 34

4.14 ERROR POR EFEMÉRIDES 34

4.15 EFECTO MULTI-CAMINO 35

4.16 CONCEPTOS DE PRECISIÓN Y EXACTITUD 36

‘4.17 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CALIDAD DEL TRIANGULO 37

4.18 ALTURAS ELIPSOIDALES, ORTOMÉTRICAS Y MODELOS DE GEOIDE 37

4.19 MÉTODO DE AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS 38

4.20 AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS SEGÚN EL MÉTODO DE LA ECUACIÓN DE OBSERVACIÓN 39

4.21 MÉTODOS MATRICIALES EN EL AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS 40

4.22 AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS EN CIRCUITOS DE NIVELACIÓN 40

5. DESARROLLO METODOLOGICO 41

5.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO 41

5.2 MONUMENTACIÓN 42

5.2.2 ..... Calidad De los Triángulo De Posicionamiento 48

5.3 MATERIALIZACIÓN DE LAS REDES DISEÑADA 49

5.3.1 EQUIPOS UTILIZADOS 49

5.3.2 ..... POSICIONAMIENTO GPS 50

5.4 ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DE DATOS 52

5.4.1 ARCHIVOS GPS= NATIVOS / RINEX: 52

5.4.3 CALCULO DE EPOCA Y CONVERSION DE COORDENADAS: . 53

5.5 POST-PROCESO DE DATOS 60

5.6 CONVERSIÓN Y CÁLCULO DE ÉPOCA 66

5.7 RESUMEN DE COORDENADAS FINALES 68

5.8 MÉTODO DE NIVELACIÓN..... 69

5.8.2 RESULTADOS NIVELACIÓN 69

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....70

7. RECOMENDACIONES.....71

8. CONCLUSIONES.....72

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....74

10. BIBLIOGRAFÍA.....75

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación general del campus Cajica de la universidad militar nueva granada. 20

Ilustración 2. Densificación (ITRF) International Terrestrial Reference 23

Ilustración 3. Coordenadas cartesianas tridimensionales [X, Y, Z] y elipsoidales [φ, λ, h] 25

Ilustración 4 : Sistema de proyección cartográfica Gauss-Krueger 27

Ilustración 5. Proyección cartesiana 29

Ilustración 6 Error por efemérides 35

Ilustración 7 Efecto Multi camino 36

Ilustración 8 Modelo de alturas 38

Ilustración 9 Ubicación de los puntos GPS 42

Ilustración 10: Placa de bronce 43

Ilustración 11. Excavación 44

Ilustración 12. Placa de bronce punto existente UMNG 44

Ilustración 13. Instalación Formaleta 45

Ilustración 15 *Instalación Nuevo punto Geodésico* 45

Ilustración 15 *Materialización GPS-6* 46

Ilustración 16 Mapa de Estaciones MAGNA-ECO 47

Ilustración 17 Mapa de Estaciones MAGNA-ECO 48

Ilustración 18 Diseño de la red tipo 1 49

Ilustración 19 Posicionamiento GPS-5 50

Ilustración 20 Posicionamiento GPS-6 51

Ilustración 21 Estructura de datos/ archivos GPS 53

Ilustración 22 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 54
Ilustración 23 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 55
Ilustración 24 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 56
Ilustración 25 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 57
Ilustración 26 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 57
Ilustración 27 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 58
Ilustración 28 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 58
Ilustración 29 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 59
Ilustración 30 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época..... 59
Ilustración 31 Configuración proyecto 61
Ilustración 32 Creación de proyección cartesiana 62
Ilustración 33 Occupation View 62
Ilustración 34 Carga de archivos GPS 63
Ilustración 35 Post-proceso de datos 64
Ilustración 36 Edición de satélites 65
Ilustración 37 Configuración de reporte final 66
Ilustración 38 Calculo de velocidades 67
Ilustración 39 Conversión de coordenadas 68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de información Geográfica ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2. Coordenadas MAGNA-SIRGAS..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3. Resumen de Monumentación..... 47

Tabla 4. Coordenadas finales..... 68

Tabla 5. Cotas geométricas Red Nivelación 69

Tabla 6. Presupuesto ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXOS

ANEXO 1. ARCHIVOS GPS

ANEXO 2. CALCULOS DE EPOCA Y CONVERSIÓN DE COORDENADAS

ANEXO 3. FORMATOS DE CAMPO

ANEXO 4. FICHAS TÉCNICAS

ANEXO 5. REPORTES POST-PROCESO

ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO 7. PROYECTO DE POST PROCESO

GLOSARIO

Altitud geodésica o elipsóidal (h): distancia del punto considerado al elipsoide.

Altura elipsoidal (h): Distancia que separa la superficie topográfica terrestre y el elipsoide. Dicha separación se calcula sobre la línea perpendicular al elipsoide.

Altura nivelada: Son obtenidas por medio de métodos de nivelación clásicos y no tienen en cuenta la falta de paralelismo entre las superficies equipotenciales.

Altura normal (HN): Distancia que separa la superficie topográfica terrestre y el cuasi geoide.

Altura Ortométrica (H): Distancia que separa la superficie topográfica terrestre y el geoide.

Coordenadas cartesianas geocéntricas o tridimensionales: Son las definidas en base a una terna ordenada de ejes ortogonales, siguiendo el origen y orientación a los ejes dados por el sistema de referencia terrestre internacional (convencional).

Cuasi-geoide (ver también Geoide): Superficie no equipotencial, muy próxima al geoide.

Datum geodésico: Concepto asociado a los marcos de referencia geodésicos clásicos

EGM 2008: Modelo de geoide a escala global desarrollado por la National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) de los Estados Unidos de América.

Elipsoide de referencia: Un elipsoide de revolución usado como superficie de referencia para los cálculos geodésicos.

Estación GPS/GNSS Permanente: Sitio ocupado en forma permanente por un receptor GPS/GNSS de tipo geodésico, con coordenadas precisas expresadas en un marco de referencia geocéntrico o global.

Geoide: Superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que mejor se ajusta al nivel medio del mar. Su estimación requiere de la formulación de hipótesis sobre la distribución de las masas internas del planeta.

GNSS: Acrónimo de Global Navigation Satellite Systems, utilizado para denominar al conjunto de sistemas de posicionamiento satelital e incluye a los actuales GPS y GLONASS, y al sistema de la Unión Europea, actualmente en desarrollo, GALILEO.

Latitud: ángulo que forma la normal al elipsoide con el plano del Ecuador.

Longitud: ángulo entre el meridiano geodésico del punto y el meridiano de Greenwich.

Marco de referencia (geodésico): Es la materialización o realización física y matemática de un sistema de referencia a través de un conjunto de puntos monumentados sobre la superficie terrestre.

Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF): Marco de referencia geodésico de orden 0 establecido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre (IERS) en el año 1988.

Modelo de geoide: Modelo físico-matemático que representa, con distintos grados de aproximación, la superficie irregular del geoide respecto a un elipsoide de referencia.

Ondulación del geoide, altura del geoide o separación geoide-elipsoide (N): Elevación o depresión del geoide respecto de un elipsoide de referencia. Se relaciona con h y H, a través de la expresión aproximada $h = N + H$.

Parámetros de transformación: Conjunto de cantidades que permiten transformar coordenadas dadas en un marco de referencia a otro: se utilizan básicamente tres traslaciones, a las que pueden agregarse tres rotaciones y un factor de escala.

Posicionamiento diferencial: Determinación de las coordenadas de un punto, mediante una técnica satelital en forma relativa respecto de una estación base.

Posicionamiento puntual o absoluto: Determinación de las coordenadas de un punto, mediante una técnica satelital en forma aislada.

Post-procesamiento: Procesamiento de datos de observación GPS/GNSS, luego que los mismos fueron grabados en terreno.

RINEX: Acrónimo de Receiver Independent Exchange Format = Formato de Intercambio Independiente del receptor.

SIRGAS: Acrónimo de Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Constituye una densificación continental del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF).

Sistema de referencia (geodésico): Recurso matemático que permite asignar coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre.

Sistema de referencia terrestre internacional (convencional): Es aquel cuyo origen se encuentra ubicado en el centro de masa de la Tierra, el eje x definido en intersección del plano Ecuatorial con el meridiano de Greenwich, el eje z coincidente con el eje de rotación terrestre, y el eje y ubicado en el plano del Ecuador a 90° del eje x hacia el Este.

Velocidad: En el contexto de la geodesia moderna, es el cambio de las coordenadas en función del tiempo, originado fundamentalmente por el movimiento de las placas tectónicas. Se expresa en mm/año.

WGS 1984: Acrónimo de Word Geodetic System = Sistema Geodésico Mundial de 1984.

1. INTRODUCCION

El Sistema GPS es un sistema espacial de navegación, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) a mediados de los setenta, para satisfacer las necesidades de la Fuerzas Armadas en lo que respecta a la determinación precisa de la posición, velocidad y tiempo en un sistema de referencia global, de forma permanente en cualquier lugar sobre la superficie de la tierra y bajo diferentes condiciones meteorológicas.

Mediante el uso de la tecnología GPS que hoy en día se encuentra al alcance y servicio de la comunidad universitaria de la Universidad Militar Nueva Granada, se propuso complementar y verificar el esquema de georreferenciación, Campus Cajica que actualmente se compone solamente de 2 puntos GPS y que además fueron instalados en el año 2004.

El nuevo esquema se amarro a estaciones continuas (CORS) administradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), las cuales están vinculadas al Sistema Geográfico Magna- Sirgas, (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia - Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) que es una densificación del ITRF (International Terrestrial Reference Frame).

Este nuevo esquema, comprende la medición satelital de vértices geodésicos y un circuito de nivelación geométrica entre los mismos, de esta forma se garantiza la precisión del sistema en el Datum vertical. Para el correcto desarrollo del proyecto se definieron tres etapas: diseño, ejecución y resultados.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Materializar la Ampliación De La Actual Red Geodésica Nacional (Magna-Sirgas), al interior de La Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajica. La cual estará conformada por 07 vértices geodésicos distribuidos estratégicamente por el campus de la universidad.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Definir la ubicación de los puntos en terreno.
2. Materializar 7 mojones o placas en el campus cajica de la Universidad Militar Nueva Granada.
3. Establecer las diferencias de altura entre los 7 vértices geodésicos que componen el diseño, mediante nivelación geométrica.
4. Documentar los respectivos cálculos de nivelación.
5. Realizar las correspondientes secciones de geo posicionamiento para cada punto.
6. Elaborar los modelos de micro simulación para cada sesión de posicionamiento mediante la recolección de toda la información primaria.
7. Documentar los procedimientos de pos proceso de información, experiencias, y resultados, que describan en detalle la ejecución y resultados del proyecto.
8. Presentar un informe final con la documentación de todo el procedimiento y sus respectivos resultados

3. RESEÑA GENERAL

Este documento ilustra los detalles más relevantes de la propuesta de trabajo de grado, que consiste en aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, en la línea de la topografía, fotogrametría, fotointerpretación.

El trabajo propuesto consiste en ampliar la Red Geodésica Nacional, en la sede del campus cajica de la Universidad Militar Nueva Granada. Dicha red servirá de apoyo en proyectos donde sea necesario cualquier tipo de georeferenciación.

Dicha red estará compuesta por 7 vértices que se posicionaran de manera homogénea y estratégica en el campus cajica de la universidad, y finalmente estará amarrada a la red geodésica del IGAC MAGNA-SIRGAS.

Al terminar este trabajo la universidad y la comunidad neogranadina contara con un listado de coordenadas planas Norte Este y Z, referenciadas al sistema MAGNA-SIRGAS, las cuales podrán ser utilizadas para la georeferenciacion de cualquier proyecto, bien sea de carácter académico o de desarrollo institucional.

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Delimitación Geográfica

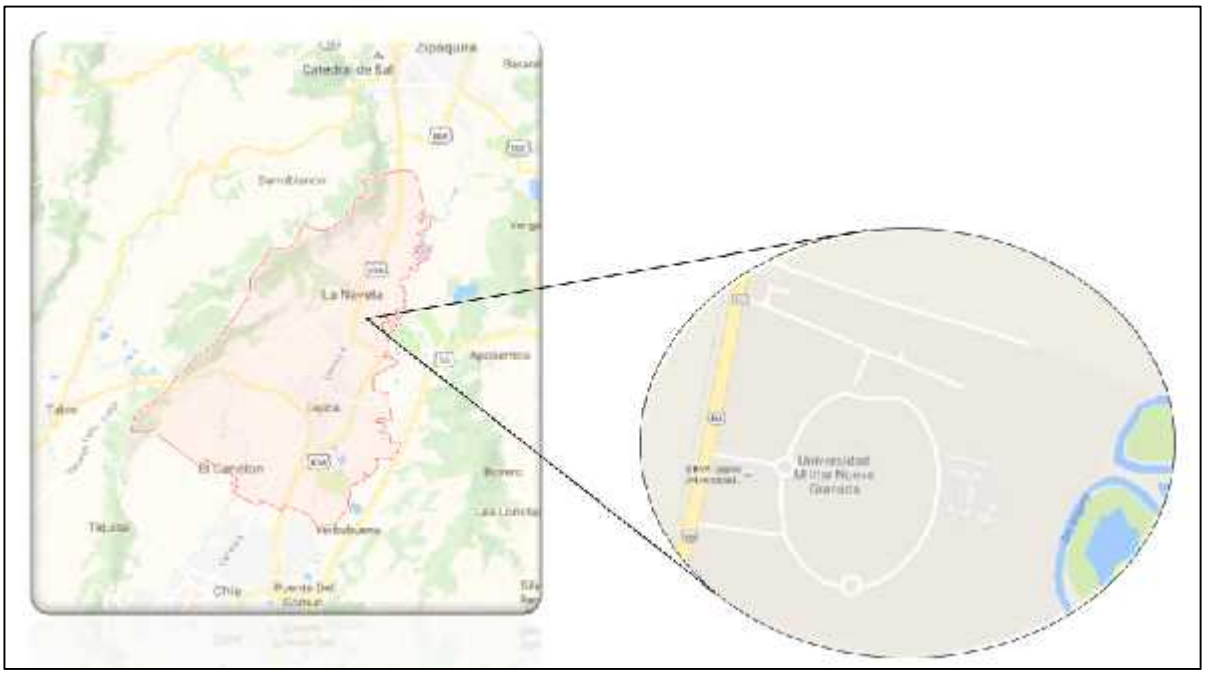

Ilustración 1. Ubicación general del campus Cajica de la universidad militar nueva granada.
FUENTE: Elaboración Propia

El municipio de cajica en el departamento de Cundinamarca. Se encuentra ubicado en la provincia de Sabana Centro y limita por el norte con el municipio de Zipaquirá; por el sur con Chía; por el oriente con Sopó; y por el occidente con Tabio.

3.2 TOPOGRAFÍA

El Municipio de cajica se encuentra en su mayor parte en una región Plana Ondulada, ubicada por encima de los 2500 metros sobre el nivel del mar. Limita por el norte con el municipio de Zipaquirá; por el sur con Chía; por el oriente con Sopó; y por el occidente con Tabio.

3.3 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Tabla 1. Sistema de información Geográfica

Coordenadas Geográficas		
Mas al Norte:	4°56'38"N	74°01'24"O
Más al Este:	4°55'17"N	74°01'30"O
Más al Sur:	4°54'47"N	74°01'40"O
Mas al Oeste:	4°55'45"N	74°02'40"O

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

Este es un sistema espacial para la determinación de coordenadas sobre la superficie terrestre, que utiliza como base el sistema de referencia oficial en el país, que fue adoptado por Colombia y está referido a MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación en Colombia del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).

La adopción de este sistema beneficia al país sobre todo en sectores de desarrollo económico, tecnológico y a nivel de infraestructura.

En cuanto a la infraestructura vial del país, se requiere que la geo-referenciación sea confiable, precisa y que sea de fácil acceso a todos los proyectos de ingeniería, facilitando el desarrollo planificado de las ciudades y en general de todos los sectores de producción.

4.2 SISTEMA DE REFERENCIA

Un sistema de referencia es el conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que definen, en cualquier momento, la orientación, ubicación y escala de tres ejes coordenados [X, Y, Z]. Dado que un sistema de referencia es un modelo (una concepción, una idea) éste es materializado (realizado, concretado) mediante puntos reales cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado, dicho conjunto de puntos se denomina marco de referencia (Reference Frame) (IERS 2000). Si el origen de coordenadas del sistema [X=0, Y=0, Z=0] coincide con el centro de masas terrestre éste se define como Sistema Geocéntrico de Referencia o Sistema Coordenado Geocéntrico mientras que, si dicho origen está desplazado del geo centro, se conoce como Sistema Geodésico Local (Vanicek and Steeves 1996).

El Sistema MAGNA-SIRGAS proporciona, primariamente, coordenadas tridimensionales geocéntricas [X, Y, Z], las cuales pueden expresarse en coordenadas geográficas, latitud (Φ) y longitud (λ) y alturas (h) sobre el elipsoide de referencia. La obtención de alturas clásicas (referidas al nivel medio del mar) requiere la determinación, a partir del análisis del campo de gravedad terrestre, de una superficie vertical de referencia (geoide o cuasi geoide) y su relación con dicho elipsoide1

Ilustración 2. Densificación (ITRF) International Terrestrial Reference

FUENTE: DOCUMENTO Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como Datum oficial de Colombia.

[1] FUENTE, DOCUMENTO Adopción Del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, Como Datum oficial de Colombia.

4.3 TIPOS DE COORDENADAS MANEJADAS EN COLOMBIA

En Colombia se utilizan básicamente tres tipos de coordenadas: las cartesianas tridimensionales (Geocéntricas), las curvilíneas o elipsoidales y las planas de proyección, las cuales pueden ser Gauss-Krueger o cartesianas bidimensionales. Si bien, cada uno de estos tipos tiene sus ventajas y desventajas, en esencia, son tres formas diferentes, pero equivalentes, de establecer la ubicación geográfica de un punto2

4.4 COORDENADAS CARTESIANAS TRIDIMENSIONALES (GEOCÉNTRICAS)

Corresponden con la extensión, en metros, de las líneas paralelas a los tres ejes coordenados [X, Y, Z] que se extienden entre el punto y su intersección con cada eje. La ubicación geográfica del punto se expresa únicamente con la tripleta [Xp, Yp, Zp].

Si el origen del sistema cartesiano [X=0, Y=0, Z=0] coincide con el centro de masas terrestre, éstas se definen como coordenadas cartesianas geocéntricas3

.

[2] FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

[3] FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

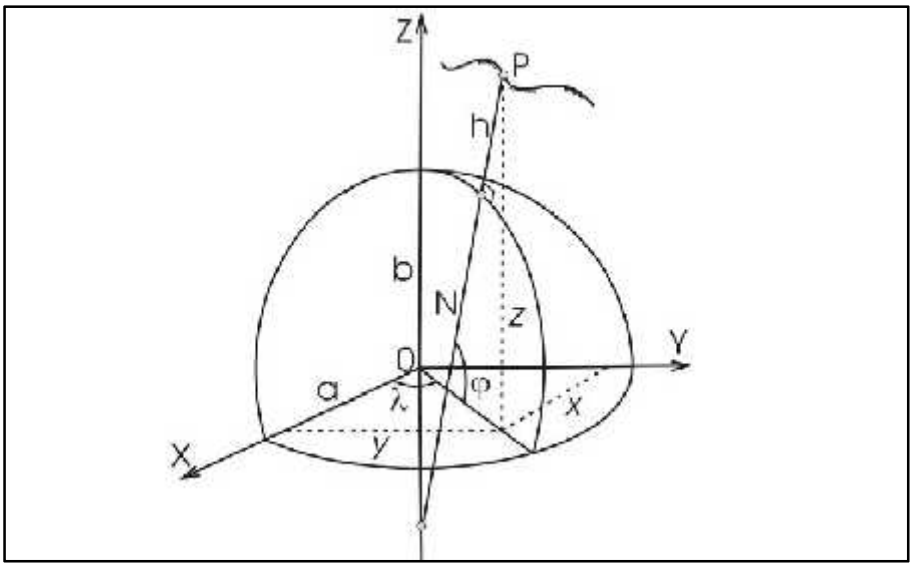

Ilustración 3. Coordenadas cartesianas tridimensionales [X, Y, Z] y elipsoidales [φ, λ, h]
FUENTE: DOCUMENTO Adopción Del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

4.5 COORDENADAS ELIPSOIDALES

También conocidas como geográficas o curvilíneas, corresponden con las cantidades latitud y longitud, las cuales se expresan en el sistema sexagesimal de grados, minutos y segundos. La latitud (Φ) se define como el ángulo entre el plano ecuatorial y la normal (N) al elipsoide que pasa por el punto de interés; es positiva hacia el norte de la línea ecuatorial y negativa hacia el sur. Su rango está dado por $-90° \leq \Phi \leq +90°$ o $90°$ S $\leq \Phi \leq 90°$ N.

La longitud (L) es el ángulo, medido sobre el plano ecuatorial, entre el meridiano de referencia (normalmente Greenwich) y el meridiano del punto de interés; es positiva al este de Greenwich y negativa hacia el oeste. Su rango se define mediante $-180° \leq L \leq +180°$ o $180°$ W $\leq L \leq 180°$ E, lo que también equivale a $0° \leq L \leq 360°$.

Los valores de la latitud y la longitud están en función del tamaño, forma y ubicación del elipsoide de referencia seleccionado, es decir, que dependen completamente del datum geodésico; pero una vez ésta se ha definido, sus valores son únicos. La tercera dimensión en este tipo de coordenadas está dada por la altura elipsoidal, la cual equivale a la distancia,

medida a lo largo de la normal elipsoidal que pasa por el punto de interés, entre la superficie del elipsoide y dicho punto; ésta se expresa en metros4

4.6 PROYECCIÓN GAUSS KRÜGER

La proyección cartográfica oficial de Colombia es el sistema Gauss-Krueger. Éste es una representación conforme del elipsoide sobre un plano, es decir, que el ángulo formado entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser éstas proyectadas sobre el plano. Los meridianos y paralelos se interceptan perpendicularmente, pero no son líneas rectas, sino curvas complejas, excepto el meridiano central (de tangencia) y el paralelo de referencia figura X. La escala de la representación permanece constante sobre el meridiano central, pero ésta varía al alejarse de aquel, introduciendo deformaciones en función de la longitud (L). Por tal razón, el desarrollo de la proyección se controla mediante husos, que en el caso de Colombia se extienden 1,5° al lado y lado del meridiano central5

[4] FUEN.TE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

[5] FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

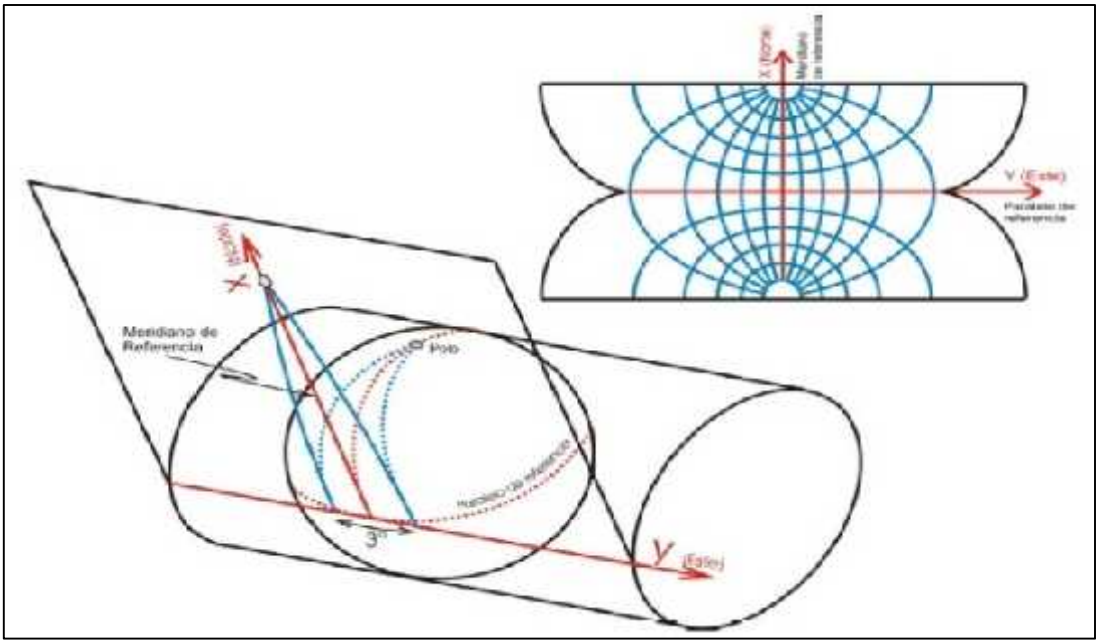

Ilustración 4 : Sistema de proyección cartográfica Gauss-Krueger
FUENTE: Documento Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

El sistema de proyección UTM (Universal Transverse Mercator) corresponde con el de Gauss-Krueger, sólo que utiliza un factor de escala equivalente a m = 0,9996 para el meridiano central y usos de 6°. En Colombia, el origen principal de las coordenadas Gauss-Krüger se definió en la pilastra sur del Observatorio Astronómico de Bogotá, asignándose los valores N = 1 000 000 m y E = 1 000 000 m. Los orígenes complementarios se han establecido a 3° y 6° de longitud al este y oeste de dicho punto. Este sistema se utiliza para la elaboración de cartografía a escalas menores que 1:1 500 000, donde se proyecta la totalidad del territorio nacional. También se utiliza para cartografía a escalas entre 1:10 000 y 1:500 000 de las comarcas comprendidas en la zona de 3° correspondiente6.

Las coordenadas MAGNA-SIRGAS de los orígenes Gauss-Krueger en Colombia corresponden con:

[6]FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

Tabla 2. Coordenadas MAGNA-SIRGAS

ORIGEN	COORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS- KRÜGUER		CODIGO EPSG
	LATITUD (N)	LONGITUD(W)	NORTE(m)	ESTE(m)	
Bogotá-MAGNA	4°35°46.3215"	74°04°39.0285"	1.000.000	1.000.000	3116
Este Central - MAGNA	4°35°46.3215"	71°04°39.0285"	1.000.000	1.000.000	3117
Este Este - MAGNA	4°35°46.3215"	68°04°39.0285"	1.000.000	1.000.000	3118
Oeste - MAGNA	4°35°46.3215"	77°04°39.0285"	1.000.000	1.000.000	3115
Oeste Oeste - MAGNA	4°35°46.3215"	80°04°39.0285"	1.000.000	1.000.000	3114

Fuente: Elaboración propia

Dado el requerimiento propio de la proyección Gauss-Krueger de introducir varios orígenes para la representación cartográfica del territorio colombiano, pueden presentarse puntos diferentes con valores de coordenadas idénticos, de allí debe prestarse especial atención al huso o zona en la que se encuentra el punto de interés, de modo que se eviten incongruencias al obtener coordenadas geográficas a partir de las planas (N, E) 7.

4.7 PROYECCIÓN CARTESIANA

El sistema de proyección cartesiana equivale a una representación conforme del elipsoide sobre un plano paralelo al tangente que rozaría al elipsoide en el punto origen [Lo,

[7]FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

Φo] Figura 4. La proyección del meridiano que pasa por este punto representa el eje de la coordenada Norte. No obstante, los puntos sobre el elipsoide y los equivalentes proyectados sobre el plano no tienen una relación geométrica, ésta es puramente matemática. La proyección cartesiana es utilizada para la elaboración de planos de ciudades (cartografía a escalas mayores que 1:5000), de allí, existen tantos orígenes de coordenadas cartesianas como ciudades o municipios. El plano de proyección se define sobre la altitud media de la comarca a representar8.

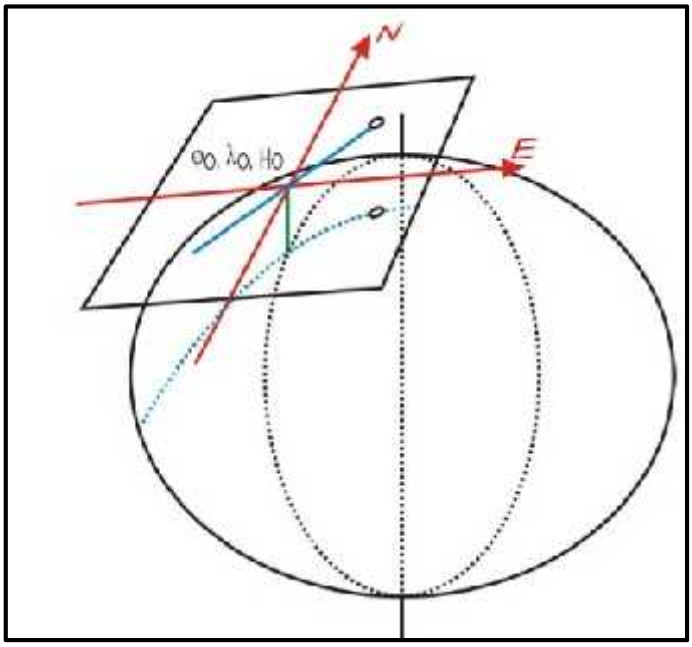

Ilustración 5. Proyección cartesiana
FUENTE: Elaboración Propia

[8] FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos
de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

Al igual que en el sistema de Gauss-Krüger, la proyección cartesiana puede prestarse para ambigüedades en la definición unívoca de coordenadas, por tal razón, éstas siempre van acompañadas del origen al que se refieren.

La determinación de coordenadas mediante sistemas satelitales, entre ellos el GPS (Global Positioning System), ofrece niveles de precisión lo suficientemente altos como para determinar el cambio de la posición de un mismo punto a través del tiempo. Dicho cambio se ha denominado convencionalmente velocidad de las coordenadas. Estas velocidades son resultado de la dinámica terrestre (movimientos tectónicos, variación de la orientación de la tierra en el espacio, etc.) y sus magnitudes pueden alcanzar varios centímetros en un año.

Por tal razón, en los sistemas de referencia modernos un punto geodésico se describe mediante cuatro coordenadas: las geocéntricas [X, Y, Z] o curvilíneas [φ, λ, h] junto con la época de referencia t0 (tiempo para el cual estos tres valores son válidos) 9.

4.8 SISTEMA DE REFERENCIA MAGNA –SIRGAS

El sistema de referencia tridimensional en Colombia es MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación en Colombia del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), el cual es una densificación del marco global ITRF94 (International Terrestrial Reference Frame 1994). Las coordenadas de los vértices MAGNA y de todas aquellas estaciones que han sido determinadas a partir de ellos están definidas en el ITRF94, época 1995.4. Es decir, las coordenadas tridimensionales que la División de Geodesia del Instituto Geográfico Agustín Codazzi certifica a sus usuarios son válidas para el mes de mayo de 1995. Su traslado en el tiempo se adelanta mediante la aplicación de un modelo de velocidades calculado por el proyecto SIRGAS a partir de mediciones geodésicas de alta precisión por más de 15 años.

---

[9]FUENTE, DOCUMENTO Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia.

En un posicionamiento GPS las observaciones se refieren a la época misma de ocupación, por ejemplo, para un levantamiento adelantado en marzo de 2004, la época de las seudo-distancias medidas corresponde con 2004.3. Si dicho levantamiento es diferencial y se apoya en un punto con coordenadas MAGNA, la combinación de los diferentes tiempos (1995.4 y 2004.3) puede generar errores hasta el nivel del decímetro en las posiciones de los puntos nuevos10.

4.9 RED MAGNA – ECO

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) cuenta con una Red de Estaciones GNSS de funcionamiento continuo denominada MAGNA-ECO (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia - Estaciones Continuas) integrada por 34 dispositivos de última tecnología que cubren la mayor parte del territorio nacional. La operatividad de MAGNA-ECO se fundamenta en la contribución voluntaria de más de 30 institutos y universidades, que han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para ponerlas a disposición del centro de análisis del IGAC, así como la información observada.

La información rastreada por las diferentes estaciones es proporcionada en formato RINEX (Receiver Independent Exchange Format) a nuestros usuarios, recopilada cada 24 horas en intervalos de muestreo de 15 segundos. Las estaciones están programadas para generar estos archivos desde las 00:00:00 horas UTC (19:00:00 horas tiempo local para Colombia) hasta las 23:59:45 horas UTC (18:59:45 horas tiempo local para Colombia). El formato de archivos está dado por la siguiente convención NNNNDDD0.AAT.gz En donde NNNN es el nombre de la estación, DDD es el día juliano del año, AA son las dos últimas cifras del año y T es el tipo de observación: O para observados y N para navegados.

Las coordenadas de las estaciones MAGNA-ECO son procesadas semanalmente con precisión milimétrica, en cooperación con el centro de análisis regional del servicio

[10]FUENTE, DOCUMENTO IGAC, La nueva plataforma de georreferenciación en Colombia (2004).

internacional (IGS-RNAAC-SIR) Regional Network Asocciate Analisys Center – SIRGAS), lo cual garantiza su orientación permanente dentro del mismo sistema coordenado al que se refieren los satélites GNSS11.

4.10 POSICIONAMIENTO SATELITAL

La determinación de la posición de un punto mediante GPS, se basa en la medida de la distancia entre el receptor y el satélite (Arvizu, 2003a). El concepto de observable se relaciona a la manera que la misma se determina ya sea por medidas de tiempo o por diferencia de fase. Debido a que en el proceso intervienen dos relojes, el del satélite y el del receptor, las distancias medidas estarán afectadas por los errores de dichos relojes. Los observables GPS se agrupan en dos grupos, los de tiempo, conocidos como observable de código y los observables de diferencia de fase. La señal del satélite es modulada por dos códigos, Código P, código de alta precisión y el Código C/A, código menos preciso (course adquisition) éste código está definido por el tiempo marcado por un reloj atómico de alta precisión12.

4.11 DISOLUCIÓN DE LA PRECISIÓN

El DOP dilución de precisión (Dilution of Precision) es la contribución puramente geométrica a la incertidumbre de un posicionamiento satelital; es decir, cómo afecta a la precisión del levantamiento la cantidad de satélites disponibles, así como la distribución en el horizonte del observador. Por dentición es un valor adimensional que describe la solidez de la figura formada por el receptor en Tierra y los vectores hacia los satélites a la vista, su valor ideal es 1, y por su puesto si la geometría cambia el valor también cambiará. Dependiendo de la dimensión se puede calcular diferentes tipos de DOP, el más útil de

---

[11]FUENTE, DOCUMENTO IGAC, La nueva plataforma de georreferenciación en Colombia (2004).

[12] FUENTE, Raquel Pachas L, Posicionamiento estático diferencial: errores y post proceso, Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo - Venezuela

conocer es el GDOP, Dilución de la Precisión Geométrica, proporciona la degradación de la exactitud en posición 3D y en tiempo, ya que el mismo es una combinación de todos los factores. Sin embargo, algunos receptores calculan el PDOP, Dilución de la Precisión Posicional (tridimensional), o HDOP, Dilución de la Precisión Horizontal, valores que no toman en consideración al componente de tiempo.

La mejor manera de minimizar este efecto es observar tantos satélites como sean posibles, es necesario recordar que las señales de satélites de poca elevación tienen gran influencia en las fuentes de error, es por esto que se recomienda observar satélites con ángulo de elevación de 15º sobre el horizonte13.

4.12 MÉTODO ESTÁTICO DIFERENCIAL

En el posicionamiento relativo o diferencial en modo estático se utilizan dos receptores que registran de manera simultánea las señales de varios satélites y donde uno de ellos se encuentra ubicado en un punto cuya posición se ha determinado con anterioridad de manera muy precisa y el otro se coloca en el punto cuya posición se desea obtener. Luego en el pos proceso, etapa en que los datos brutos registrados en los receptores son depurados, mediante la aplicación del software apropiado es posible determinar las diferencias de coordenadas del punto BASE lo cual permite determinar la posición del nuevo punto con respecto al punto fijo con una aproximación milimétrica.

El receptor que se encuentra en el punto BASE o punto de referencia puede estimar de forma precisa la distancia a los satélites, y, calcular las correcciones o diferencias que

[13] FUENTE, Raquel Pachas L, Posicionamiento estático diferencial: errores y post proceso, Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo - Venezuela

van a ser aplicadas a las distancias entre los satélites y el segundo receptor colocado en el punto cuyas coordenadas se desea obtener14.

4.13 EFEMÉRIDES PRECISAS

La determinación precisa de la órbita de los satélites es fundamental para la determinación de la posición del receptor, las efemérides precisas consisten en un conjunto de posiciones del satélite a un intervalo determinado de tiempo, está basada en las observaciones registradas por las cinco estaciones que conforman el segmento de control del Sistema de Posicionamiento Global GPS15.

4.14 ERROR POR EFEMÉRIDES

El satélite transmite su posición la mayor parte del tiempo con gran precisión pero conservando pequeños errores, estas se conocen como efemérides transmitidas. Las aplicaciones del GPS dependen en gran medida del conocimiento de las órbitas de los satélites. La determinación precisa de la órbita es esencial para conseguir el objetivo fundamental del GPS, es decir, la determinación de la posición del observador.

---

[14] FUENTE, Raquel Pachas L, Posicionamiento estático diferencial: errores y post proceso, Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo - Venezuela

[15] FUENTE, Raquel Pachas L, Posicionamiento estático diferencial: errores y post proceso, Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo - Venezuela

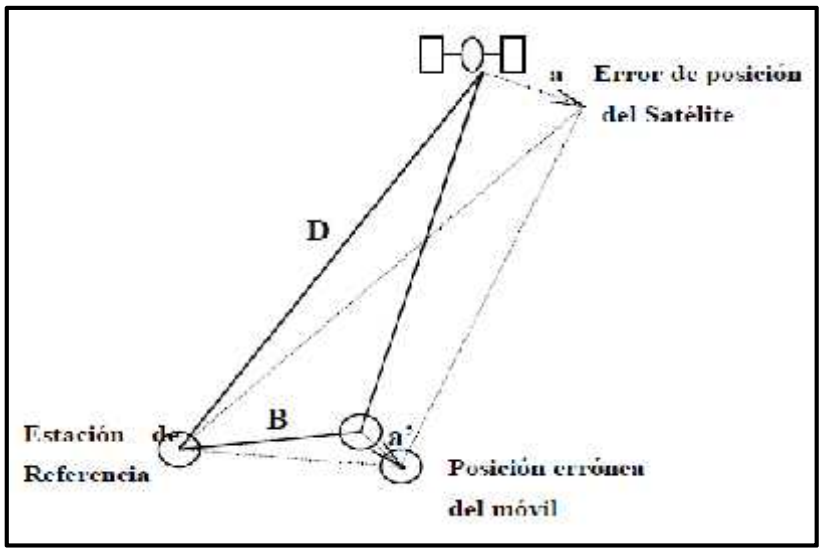

Ilustración 6 Error por efemérides
FUENTE: Propia

4.15 EFECTO MULTI-CAMINO

El efecto multisenda o multicamino se debe a que la señal entrante en el receptor enmascara el pico real de la correlación causado por la reflexión de ésta en zonas cercanas a la antena. Otra manera de definir este efecto es que la señal del satélite llega al receptor por dos o más caminos diferentes (Wells D., et al 1986). (Ver Ilustración 7) 16

[16] FUENTE, Aguilera Ureña Mara de Jesús L, Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS , Universidad de Córdoba, Córdoba - España

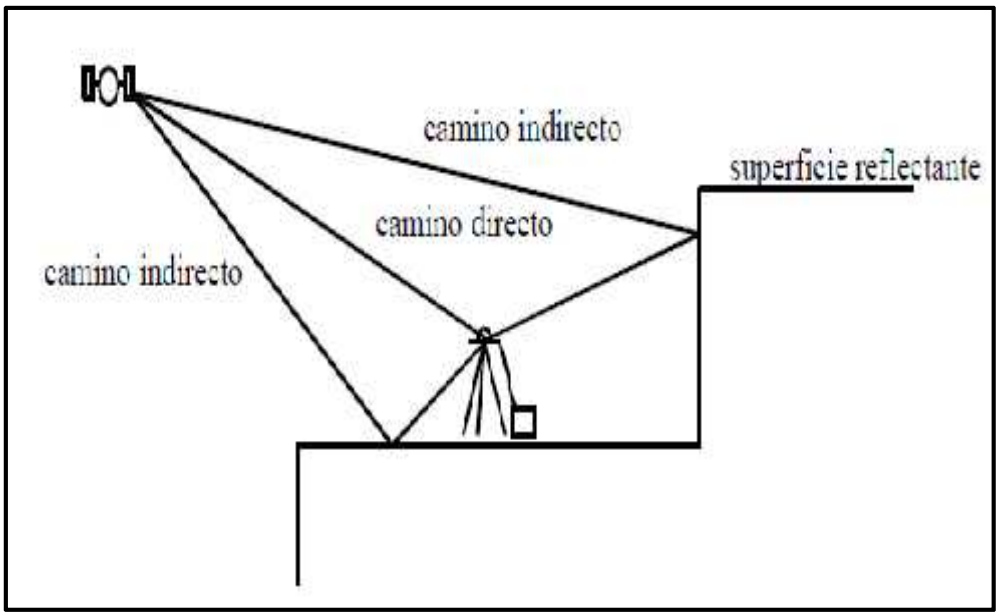

Ilustración 7 Efecto Multi camino
FUENTE: Elaboración Propia

4.16 CONCEPTOS DE PRECISIÓN Y EXACTITUD

Las observaciones realizadas, bien con un instrumento topográfico, bien con GPS, no son valores reales sino mediciones de una magnitud real. Estas mediciones puntuales pueden considerarse como elementos de una población, siendo esta última una función de probabilidad de ocurrencia del evento, la magnitud real. El término exactitud ("accuracy" en la bibliografía anglosajona) hace referencia a la proximidad de las observaciones redundantes al valor real, Por otro lado, el término precisión ("precisión" en la bibliografía anglosajona) hace referencia a la proximidad de las observaciones redundantes al valor medio de éstas, sería la dispersión que tienen los valores observados respecto de su media17.

[17] FUENTE, Aguilera Ureña Mara de Jesús L, Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS , Universidad de Córdoba, Córdoba - España

`4.17 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CALIDAD DEL TRIANGULO

La medida de la calidad del triángulo (abreviada como CT) está determinada por el triple producto de las sumas de dos de sus lados menos el tercero, dividido entre el producto de todos sus lados; y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$CT = \frac{(b+c-a)(c+a-b)(a+b-c)}{abc}$$

Donde a, b, c son las longitudes de los lados del triángulo

Por lo tanto, si

CT = 1 es un triángulo equilátero.

CT = 0 es un triángulo degenerado.

CT > 0.5 es un triángulo de calidad buena.

4.18 ALTURAS ELIPSOIDALES, ORTOMÉTRICAS Y MODELOS DE GEOIDE

Es sabido que las alturas elipsoidales (h) y las ortométricas (H) están referidas a distintas superficies de referencia, el elipsoide y el geoide respectivamente.

Las alturas de tipo físico, particularmente las ortométricas, son esenciales para todas las aplicaciones prácticas que requieran información sobre las pendientes gravitacionales, además de ser las utilizadas en la cartografía topográfica.

Para aprovechar el potencial de la tecnología GNSS podemos obtener alturas ortométricas, siempre que podamos determinar la relación entre los sistemas de alturas físico y geométrico (derivado del posicionamiento satelital), a través de la conocida fórmula aproximada:

H = h – N (1),

Donde N es la separación entre el geoide y el elipsoide, u ondulación del geoidal18

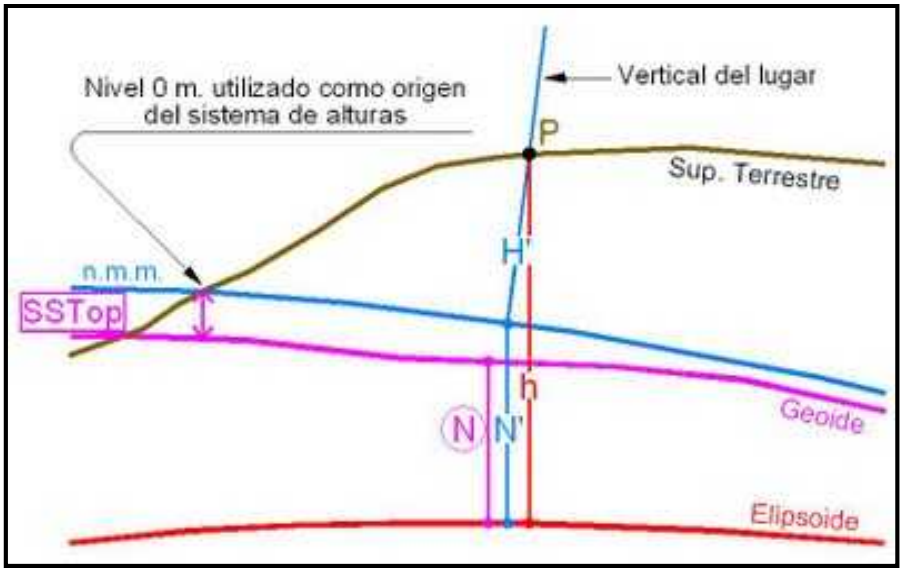

Ilustración 8 Modelo de alturas

FUENTE: DOCUMENTO, Sistema de Referencia Geocéntrica para las américas SIRGAS.www.sirgas.org

4.19 MÉTODO DE AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS

La mayoría de las mediciones de levantamientos se deben ajustar a ciertas condiciones geométricas, las magnitudes por las que las mediciones no satisfacen estas condiciones necesarias se denominan errores de cierre, e indican la presencia de errores aleatorios. Para distribuir estos errores se aplican distintos procedimientos, como por ejemplo dar correcciones del mismo tamaño a todos los valores medidos, otros corrigen las observaciones en proporción a las ponderaciones asignadas, entre otras.

Debido a que los errores aleatorios en topografía ocurren conforme a las leyes matemáticas de la probabilidad y se distribuyen normalmente, el proceso de ajuste más

[18] FUENTE, Recuperado de: http://cafegeodesico.blogspot.com/2011/07/alturas-elipsoidales-ortometricas-y.html, publicado por Rubén C. Rodríguez.

adecuado deberá basarse en estas leyes. El procedimiento de los mínimos cuadrados es uno de tales métodos.

El método de mínimos cuadrados es adecuado para ajustar cualquiera de los tipos básicos de mediciones, en este caso mediciones verticales, y es aplicado a todos los procedimientos empleados comúnmente en la topografía. Este método refuerza la condición que la suma de la ponderación de las mediciones multiplicada por sus residuos correspondientes elevados al cuadrado se minimiza. También determina las precisiones de los valores ajustados, revela la presencia de errores grandes y equivocaciones, de manera que puedan tomarse medidas para eliminarlos, y hace posible el diseño óptimo de procedimientos topográficos en el gabinete antes de tomar medidas en campo.

Aunque estas hipótesis no siempre se cumplen, el ajuste por mínimos cuadrados proporciona el tratamiento más riguroso de los errores y por ello es tan popular e importante en la topografía moderna[19]

4.20 AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS SEGÚN EL MÉTODO DE LA ECUACIÓN DE OBSERVACIÓN

Existen dos métodos básicos en el ajuste por mínimos cuadrados, 1 el método de la ecuación de observación y 2 el procedimiento de la ecuación de condición, siendo el de ecuación de observación más usado. En este método se escriben ecuaciones que relacionan los valores medidos con sus errores residuales y con los parámetros desconocidos. Se escribe una ecuación de observación para cada medición, para obtener una solución única, el número de ecuaciones debe ser igual al número de incógnitas. Se recomienda tener observaciones redundantes ya que de otra manera no se podría aplicar el ajuste por mínimos cuadrados[20].

---

[19] FUENTE, Wolf & Brinker, Topografía, 9 Edición, 1994

[20] FUENTE, Wolf & Brinker, Topografía, 9 Edición, 1994

4.21 MÉTODOS MATRICIALES EN EL AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS

Los cálculos con el método de mínimos cuadrados son bastante largos, por lo que generalmente se ejecutan con ayuda de una computadora. La solución sigue un procedimiento sistemático que se adapta convenientemente a los métodos matriciales. En general, cualquier grupo de ecuaciones de observación puede representarse en forma matricial21.

4.22 AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS EN CIRCUITOS DE NIVELACIÓN

Cuando se efectúa un trabajo de nivelación para obtener la cota de puntos nuevos a través de puntos conocidos, es indispensable obtener redundancia en las medidas, esto quiere decir que para poder ajustar con ecuaciones de observación la medida a los puntos con incógnita se debe realizar desde varios lugares y en distintos sentidos para que sea posible el ajuste.

Para el ajuste se escriben las ecuaciones de condición que relacionan las diferencias de nivel medidas y sus errores residuales con las elevaciones desconocidas. Los datos pueden procesarse por medio de ecuaciones matriciales para obtener valores ajustados y sus desviaciones estándar22.

---

[21] FUENTE, DOCUEMNTO, Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS, universidad de Córdoba, España.

[22] FUENTE, DOCUEMNTO, Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS, universidad de Córdoba, España.

5. DESARROLLO METODOLOGICO

A continuación se relaciona, los procesos y aspectos relevantes en la ejecución del proyecto:

5.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

Esta fue una actividad previa a la monumentación de los vértices geodésicos, es aquí donde por medio de inspecciones de campo, se materializa en terreno la Red Geodésica anteriormente diseñada, o se determina si algún lugar no es apto y se dispone de un lugar aledaño óptimo.

Además se verifica la inter visibilidad entre los vértices y se verifica que la ubicación propuesta sirva para el desarrollo de futuros proyectos.

Para hacer la materialización y determinación de los vértices se verificó que cumplieran condiciones tales como:

- Perdurabilidad: Se escogió un sitio donde el vértice geodésico se mantenga en el tiempo, es decir, el sitio elegido garantiza que en lo posible el punto no sufra ningún deterioro o desplazamiento que implique el cambio de los valores en las coordenadas obtenidas.

- Confiabilidad: se seleccionó un sitio que contara con un horizonte despejado, libre de obstáculos como: cuerpos de agua, vegetación tupida, fuentes de energía (transformadores, motores, transmisores), antenas de comunicación receptoras y emisoras, dentro de un radio de 50 metros de distancia, construcciones y todo aquello que interfiera o desvíe (generando multi-caminos) la señal transmitida por la constelación de satélites GPS NAVSTAR.

- Estabilidad: En el lugar de monumentación se verificó visualmente que los suelos no tuvieran problemas como: inestabilidad, deslizamientos por pendientes fuertes,

presencia de flujo de líquidos, sedimentos, pantanos, fallas geológicas, terrenos fangosos, riveras de los ríos, hundimientos, etc.

- Accesibilidad: por último los sitios elegidos fueron de fácil acceso, para permitir la ocupación con equipos de medición (estación total y/o GPS), de igual forma facilitará la nivelación geométrica teniendo en cuenta que el traslado de cota será llevado de vértice en vértice.

Ilustración 9 Ubicación de los puntos GPS
FUENTE: Propia

5.2 MONUMENTACIÓN

Para la materialización de los vértices se optó por la construcción, sobre el terreno, de monumentos enterrados, de concreto armado de forma cuadrada con dimensiones de 0.25 m

(ancho) x 0.25 m (largo) y por 0.70 m de profundidad. En su base se dispuso concreto ciclópeo para mayor solides en su estructura, en ambos casos se utilizó una placa de bronce de 3.5 cm de radio (Ver Ilustración 9)

Ilustración 10: Placa de bronce
FUENTE: Propia

Los monumentos o incrustaciones se identifican mediante una placa de bronce que contiene la siguiente leyenda:

En la parte superior se identificará el nombre RED UMNG (Iniciativas De Una Red Perteneciente a La Universidad Militar Nueva Granada)

En el centro de la placa tiene un círculo que contiene un punto hendido para el centrado de los equipos de medición mediante plomada óptica o mecánica.

En la parte inferior del círculo está el nombre que se le asignó al vértice, en un orden consecutivo según su materialización.

Y en la parte inferior va el año de la monumentación.

La inscripción sobre la placa se hizo mediante marcadores alfanuméricos de golpe de un calibre de 4 milímetros.

Ilustración 11. Excavación
FUENTE: Elaboración propia

Ilustración 12. Placa de bronce punto existente UMNG
FUENTE: Elaboración propia

Ilustración 13. Instalación Formaleta
FUENTE: Elaboración propia

Ilustración 14 *Instalación Nuevo punto Geodésico*
FUENTE: Elaboración propia

Ilustración 15 *Materialización GPS-6*
FUENTE: Elaboración propia

Posteriormente se determinó cuál de las estaciones de la Red MAGNA-ECO, se utilizarían para el posicionamiento de los vértices. Se acordó que debía cumplir posicionamiento GPS con doble determinación (2 bases MAGNA-ECO), cumpliendo con exigencia de IGAC, la doble determinación nos garantiza mayor redundancia de datos, al tener 2 bases se formará un red geométrica, la cual puede ser ajustada en función de las presiones obtenidas por los vectores que la componen y en dado caso de que el software detecte alguna incoherencia entre los vectores componentes, dicha incoherencia se verá reflejada en la precisión final del punto. E n el caso contrario (de solo tener una base), dejará de ser una red, y funcionará únicamente con la precisión del vector individual, de la misma manera; si el vector procesado posee algún error, con respecto a la ubicación geográfica absoluta, este no se detectará por el software, al no tener otro vector para poder comparar.

A continuación se relaciona el tipo de marca realizado, para cada vértice geodésico:

TIPO DE MARCA	VERTICES GEODESICOS	TOTAL	PORCENTAJE
	INICIAL		
Mojón Construido	GPS-3	***5***	***71%***
	GPS-4		
	GPS-5		
	GPS-6		
	GPS-7		
Mojon Existente	GPS-1	***2***	***29%***
	GPS-2		
	TOTAL	7	

Tabla 3. Resumen de Monumentación

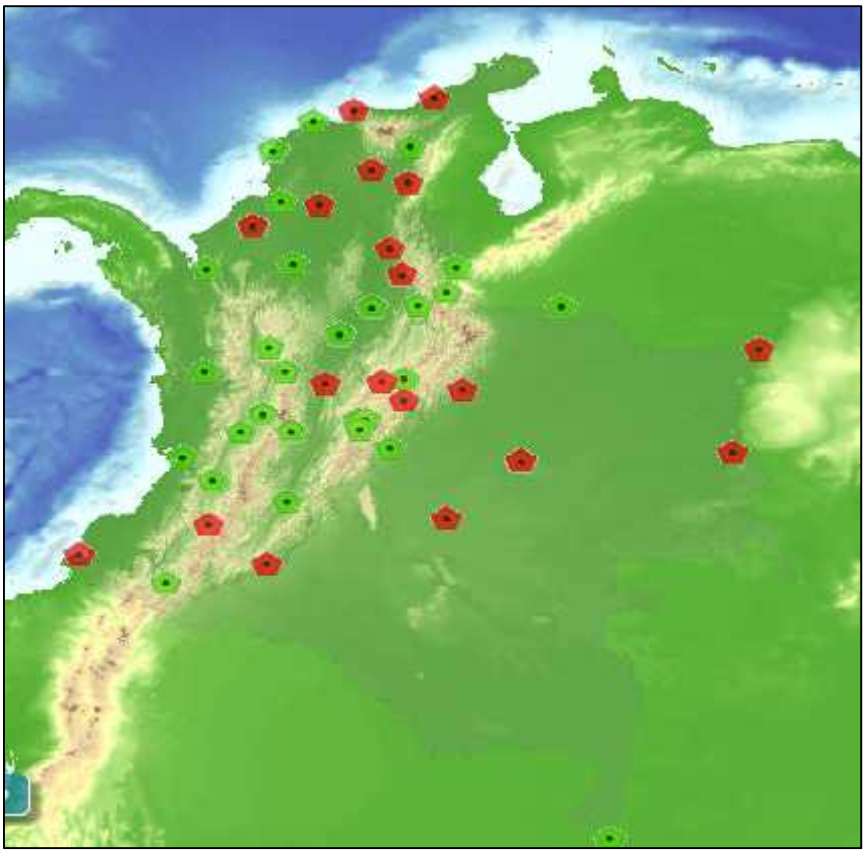

Ilustración 16 Mapa de Estaciones MAGNA-ECO
FUENTE: IGAC

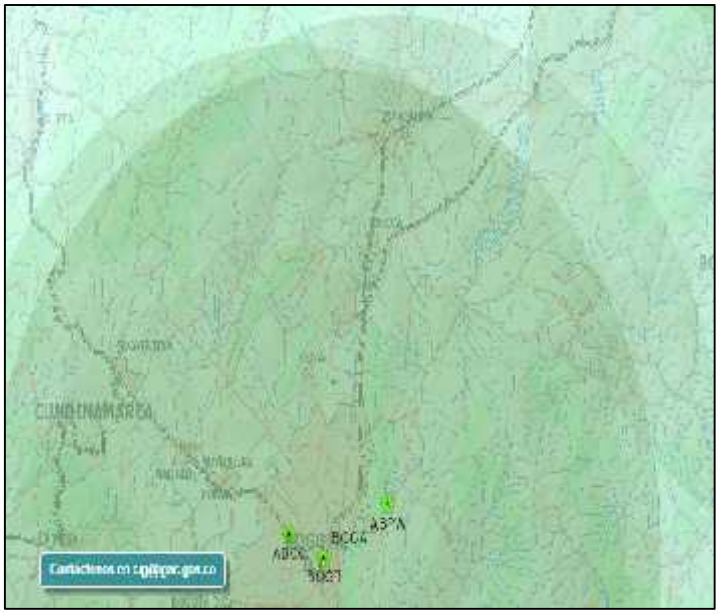

Ilustración 17 Mapa de Estaciones MAGNA-ECO
FUENTE: IGAC

5.2.2 Calidad De los Triángulo De Posicionamiento

Para garantizar la rigidez de la figura se procedió a calcular la calidad de cada triángulo (Ver capítulo 4.17) que integran el posicionamiento inicial.

ABCC-ABPW	a=	14836
ABPW-GPS1	b=	28028
GPS1-ABCC	c=	33628

$$CT= \frac{(28028 + 33628 - 14836)(33628 + 14836 - 28028)(14836 + 28028 - 33628)}{(14836 \,.\, 28028 \,.\, 33628)}$$

CT=	0.63
TIPO=	Bueno

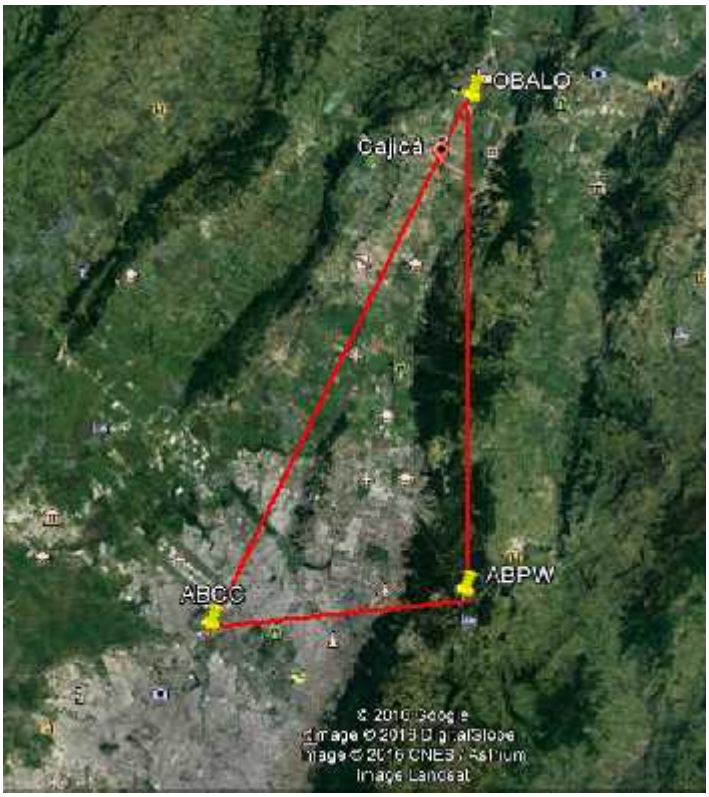

Ilustración 18 Diseño de la red tipo 1
FUENTE: Google Earth

5.3 MATERIALIZACIÓN DE LAS REDES DISEÑADA

5.3.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos GPS utilizados fueron los siguientes:

- 2 receptores Marca Trimble, referencia 5700 - doble frecuencia (L1+L2) y multi constelaciones (NAVSTAR y GLONASS), con su respectiva antena referencia Zefir y base nivelante con plomada óptica.

Mediante el uso de la aplicación PC-CDU, se configuró los parámetros de medición tales como:

- Modo de Medición: Estático

- Intervalo de Grabación : 1 Seg
- Mascara de Elevación : 10°
- Se activa la función reducir Multipath.
- El hecho de utilizar más de dos equipos proporciona redundancia de datos observados y aumenta la rigidez geométrica.

5.3.2 POSICIONAMIENTO GPS

Se programó los días 6 Y 7 de Septiembre del año 2016, para realizar las observaciones GPS, y llevar a cabo las sesiones diseñadas y de esta manera dar posicionamiento global a todos los vértices.

Ilustración 19 Posicionamiento GPS-5
FUENTE: Elaboración Propia

Este trabajo de campo, requirió de planeación previa, ya que en el diseño de sesiones se determinó los tiempos mínimos de rastreo para cada sesión, sin embargo, en el posicionamiento se planifican horarios y de esta manera no incurrir en que las observaciones se realicen en tiempos NO simultáneos, y de esta manera poner en riesgo la eficacia del posicionamiento, hay que recordar que caer en estos errores generan sobrecostos y pérdida de tiempo.

Ilustración 20 Posicionamiento GPS-6
FUENTE: Elaboración Propia

Se procedió a dar posicionamiento inicial y a la Red Tipo 1, mediante el método Estático-Diferencial con Post-proceso que es el más recomendable ya que minimiza los errores sistemáticos asociados a los relojes de los satélites y las efemérides (Ver capítulo 4.14).

En cada posicionamiento el operador debía llenar el FORMATO DE CAMPO DE GPS (Ver anexo 4 Formatos de Campo), el cual debe ser diligenciado como su nombre lo indica, con datos de campo, tales como Horas de inicio, horas fin, altura instrumental, Diagrama de obstáculos, entre otros, estos datos resultan de gran utilidad al momento de realizar la organización de datos para proceder al cálculo y ajuste de la red.

5.4 ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DE DATOS

Este procedimiento comprende la descarga de los archivos crudos de los receptores GPS, los cuales se realizaron mediante el uso del aplicativo PC-CDU.

- ARCHIVOS GPS‘= NATIVOS / RINEX
- CALCULO DE EPOCA Y CONVERSION DE COORDENADAS
- CERTIFICADOS BASES
- EFEMERIDES PRECISAS
- HOJAS DE CAMPO
- FICHA TECNICA
- INFORME DE POST-PROCESO
- PROYECTO TOPCON TOOLS

5.4.1 ARCHIVOS GPS= NATIVOS / RINEX:

esta carpeta contiene los archivos originales descargados desde los receptores Topcon , los cuales se les asigna la extensión .tps (Topcon Positioning Systems), cada sub-carpeta se enumera con el nombre del punto posicionado e indicando su status de base o rover; del mismo modo se realizó la conversión de archivos .tps a Rinex, esto con el fin de entregar este formato que es de carácter más general y puede ser usado en cualquier software de post-proceso distinto al

Topcon, en dado caso que se requiera realizar una interventoría al trabajo realizado.

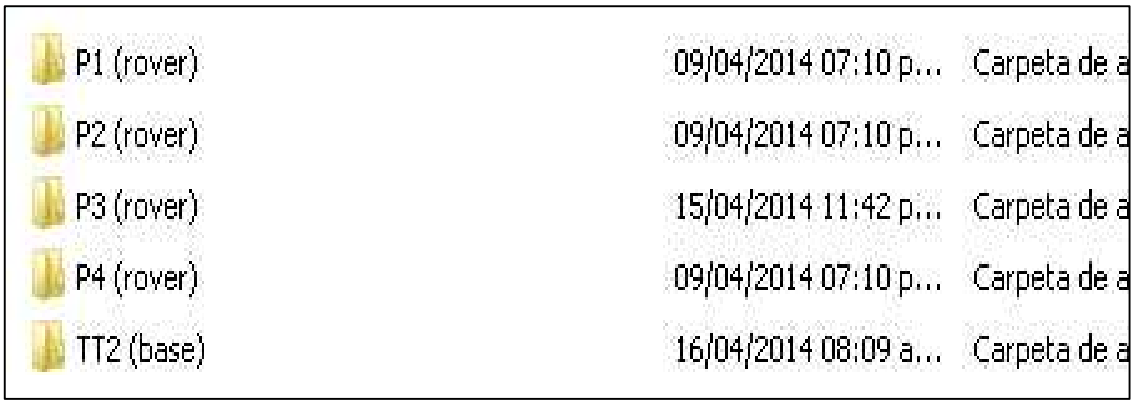

Ilustración 21 Estructura de datos/ archivos GPS
FUENTE: Explorador de Windows

5.4.3 CALCULO DE EPOCA Y CONVERSION DE COORDENADAS:

Esta carpeta contiene un archivo extensión (.xlsx). El cual contiene las conversiones de coordenadas (Geocéntricas a Elipsoidales a Cartesianas) realizadas mediante el aplicativo gratuito del IGAC Magna-Sirgas Pro Versión 3.0 , también contiene los cambios de época realizados de la época de posicionamiento a época Magna y viceversa, las coordenadas que refleja este cuadro son las que ya fueron post-procesadas y ajustadas, por ende son las coordenadas finales en época Magna (1995.4)

CALCULO DE VELOCIDADES SESION A

		AÑO	MES	DIA
EPOCA POSICIONAMIENTO	2016,71	2016	9	6
EPOCA MAGNA	1995,4			
DIFERENCIA EPOCA	21,31		SEMANA GPS	1913

CONVERSION DE COORDENADA (DE GEOCENTRICA -ELIPSOIDAL)

BASE= ABCC (MAGNA-ECO)

COORDENADAS GEOCENTRICAS		
	2016,71	
X	1739438,00765	
Y	-6117252,47840	
Z	513065,06216	

* Bajadas de la pagina www.sirgas.org, soluciones semanales semana 1909
ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/1909/SIR16P1909.crd

COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	2016,71
LAT/ N	4°39'40,44569"N
LONG/E	74°07'36,91980"W
h Elipsoidal	2576,259

* Conversión de Coordenadas Mediante software TOPCON TOOLS, versión gratuita

CONVERSION DE COORDENADA (DE GEOCENTRICA -ELIPSOIDAL)

BASE= ABPW (MAGNA-ECO)

COORDENADAS GEOCENTRICAS	COORDENADAS GEOGRAFICAS

Ilustración 22 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

CONVERSION DE COORDENADA (DE GEOCENTRICA -ELIPSOIDAL)

BASE= ABCC (MAGNA-ECO)

COORDENADAS GEOCENTRICAS		
	2016,71	
X	1739438,00765	
Y	-6117252,47840	
Z	515065,06216	

* Bajados de la pagina www.sirgas.org, soluciones semanales semana 1909
ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/1909/SIR16P1909.crd

COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	2016,71
LAT/ N	4°39'40,44569"N
LONG/E	74°07'36,31980"W
h Elipsoidal	2576,259

* Conversión de Coordenadas Mediante software TOPCON TOOLS, versión gratuita

CONVERSION DE COORDENADA (DE GEOCENTRICA -ELIPSOIDAL)

BASE= ABPW (MAGNA-ECO)

COORDENADAS GEOCENTRICAS		
	2016,71	
X	1753507,20711	
Y	-6113239,03695	
Z	518210,57326	

* Bajados de la pagina www.sirgas.org, soluciones semanales semana 1909
ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/1909/SIR16P1909.crd

COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	2016,71
LAT/ N	4°41'22,45209"N
LONG/E	73°59'42,41271"W
h Elipsoidal	2837,085

* Conversión de Coordenadas Mediante software TOPCON TOOLS, versión gratuita

Ilustración 23 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

CAMBIO DE EPOCA ROBERT'S (DE POSICIONAMIENTO A MAGNA)	
Software Post-proceso=	Topcon Tools v. 8.2.3
Conversor de Coordenadas=	Magna-Sirgas Pro 3.0 Beta

COORDENADAS PROCESADAS Y AJUSTADAS						2016,71
	GEOGRAFICAS			GEOCENTRICAS		
PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ELIPSOIDAL(m)	X	Y	Z
GPS-1	4°56'41,45683"N	74°00'45,68780"W	2586,075	1750909,69501	-6111256,31772	546331,09551
GPS-2	4°56'47,10888"N	74°00'50,03700"W	2589,809	1750777,73595	-6111282,41624	546504,45752
GPS-3	4°56'23,60794"N	74°00'33,19549"W	2582,521	1751291,85864	-6111192,28492	545784,33407
GPS-4	4°56'18,23460"N	74°00'38,58447"W	2583,390	1751136,34835	-6111252,53665	545619,89987
GPS-5	4°56'20,93659"N	74°00'47,67414"W	2584,016	1750865,23927	-6111323,42828	545702,67743
GPS-6	4°56'24,13285"N	74°00'58,55636"W	2585,482	1750540,89304	-6111409,14658	545799,74093

CALCULO DE VELOCIDADES						
PUNTO	Vx	Vy	Vz	Δx=	Δy=	Δz=
GPS-1	0,0013	0,0015	0,0125	0,027700	0,031962	0,266346
GPS-2	0,0013	0,0015	0,0125	0,027700	0,031962	0,266346
GPS-3	0,0013	0,0015	0,0125	0,027700	0,031962	0,266346
GPS-4	0,0013	0,0015	0,0125	0,027700	0,031962	0,266346
GPS-5	0,0013	0,0015	0,0125	0,027700	0,031962	0,266346
GPS-6	0,0013	0,0015	0,0125	0,027700	0,031962	0,266346

COORDENADAS 1995.4 (Época MAGNA)						
PUNTO	GEOCENTRICAS			GEOGRAFICAS		
	X	Y	Z	LATITUD(N)	LONGITUD(W)	ELIPSOIDAL(m)
GPS-1	1750909,5673	-6111256,3497	546330,8252	4°56'41,44813"N	74°00'45,68895"W	2586,076
GPS-2	1750777,7033	-6111282,4482	546504,1912	4°56'47,10018"N	74°00'50,03815"W	2589,810
GPS-3	1751291,8309	-6111192,3169	545784,0677	4°56'23,59925"N	74°00'33,19663"W	2582,521
GPS-4	1751136,3207	-6111252,5585	545619,6335	4°56'18,22590"N	74°00'38,58561"W	2583,390
GPS-5	1750865,2116	-6111323,4502	545702,4111	4°56'20,92790"N	74°00'47,67529"W	2584,016
GPS-6	1750540,8653	-6111409,1785	545799,4746	4°56'24,09415"N	74°00'58,55801"W	2585,482

* Origen Gauss: Central

Ilustración 24 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

COORDENADAS 1995.4 (Época MAGNA)						
PUNTO	GAUSS-KRUEGER*		PLANAS CARTESIANAS*		ONDULACION GEOIDAL (GEOCOL 2004)	ALT. GEOIDAL (GEOCOL 2004)
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE		
GPS-1	1038554,340	1007188,670	138567,582	107191,421	25,5	2560,58
GPS-2	1038727,943	1007054,664	138741,241	107057,343	25,5	2564,31
GPS-3	1038006,107	1007573,587	138019,169	107576,548	25,49	2557,03
GPS-4	1037841,035	1007407,580	137854,017	107410,492	25,49	2557,90
GPS-5	1037924,006	1007127,536	137936,994	107130,328	25,49	2558,53
GPS-6	1038021,233	1006792,252	138034,229	106794,900	25,49	2559,99

* Origen Cartesiano BOGOTA D.C. con origen, Falso Norte= 109320,965 y Falso Este= 92334,879 Plano de proyección= 2550,000m

** ELEVACION O ALTURA GEOIDAL = h ELIPSOIDAL - OND GEOIDAL

DE GPS-1 A GPS-2	
DISTANCIA HORIZONTAL =	219,395m
DIFERENCIA DE NIVEL =	3,73m

DE GPS-3 A GPS-4	
DISTANCIA HORIZONTAL =	234,2m
DIFERENCIA DE NIVEL =	0,87m

DE GPS-5 A GPS-5	
DISTANCIA HORIZONTAL =	349,237m
DIFERENCIA DE NIVEL =	1,47m

Ilustración 25 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

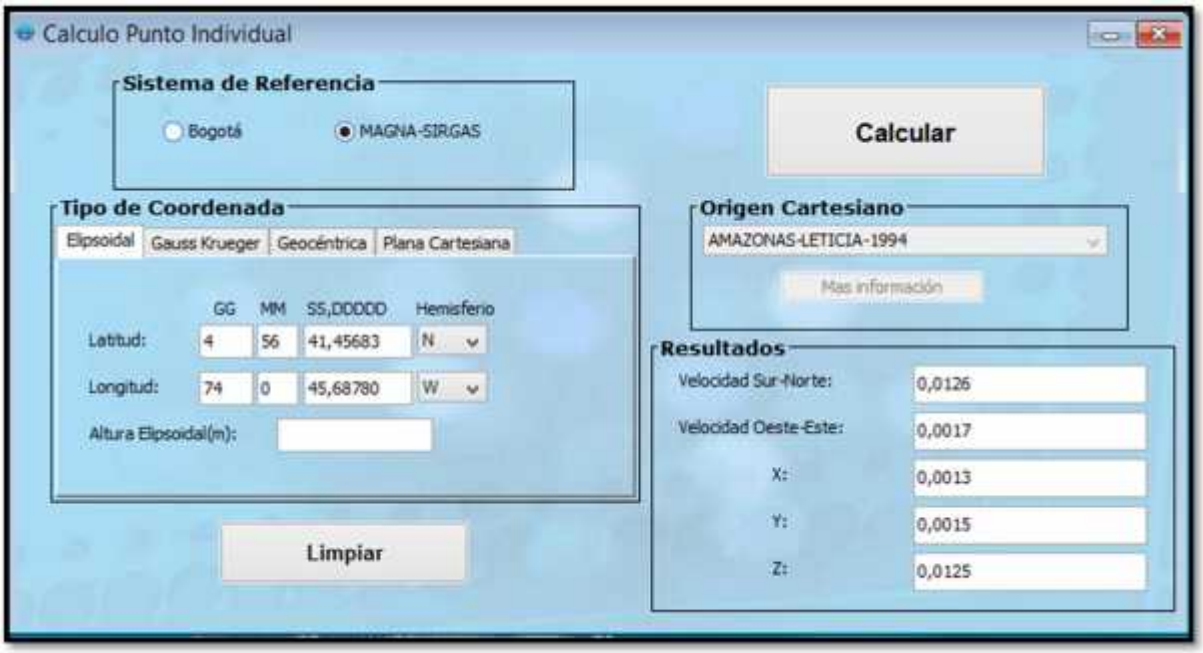

Ilustración 26 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

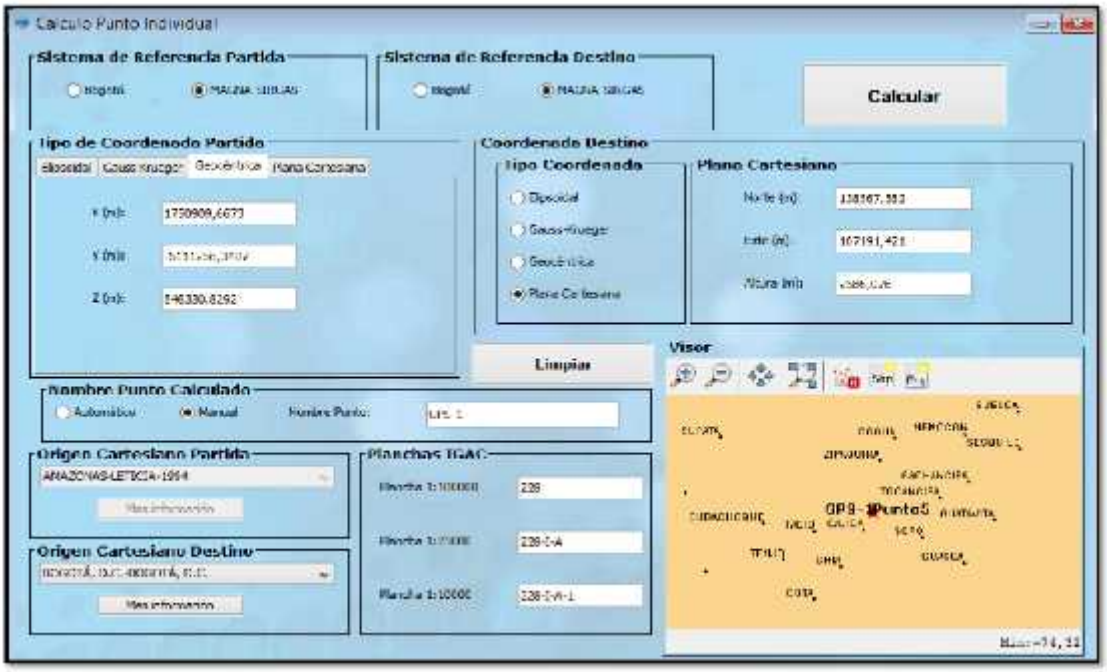

Ilustración 27 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

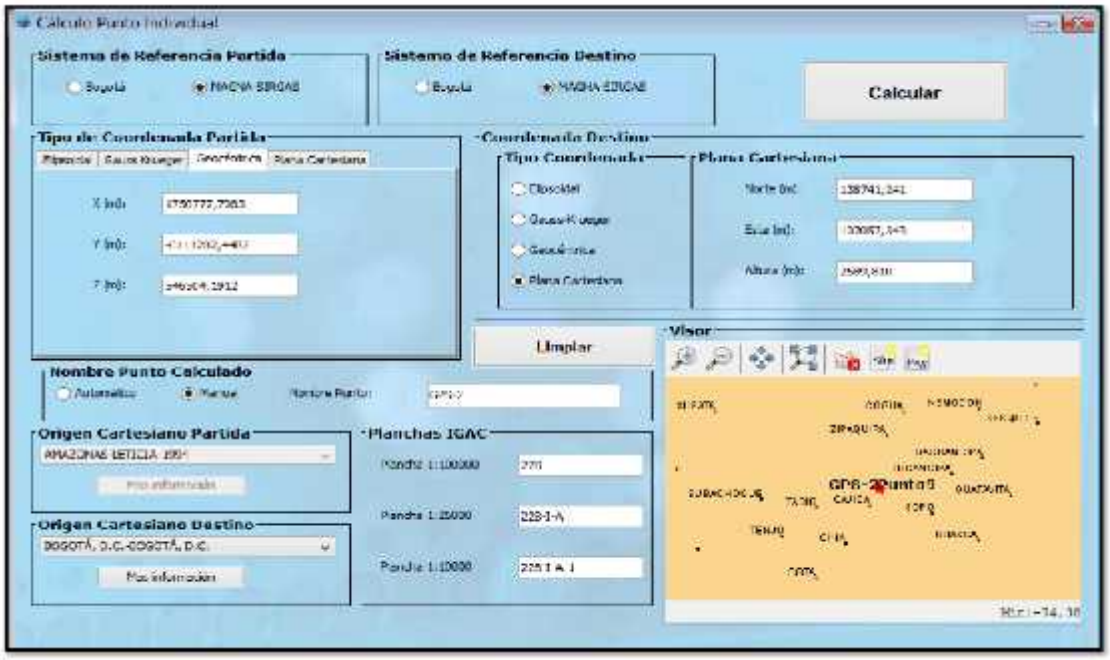

Ilustración 28 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

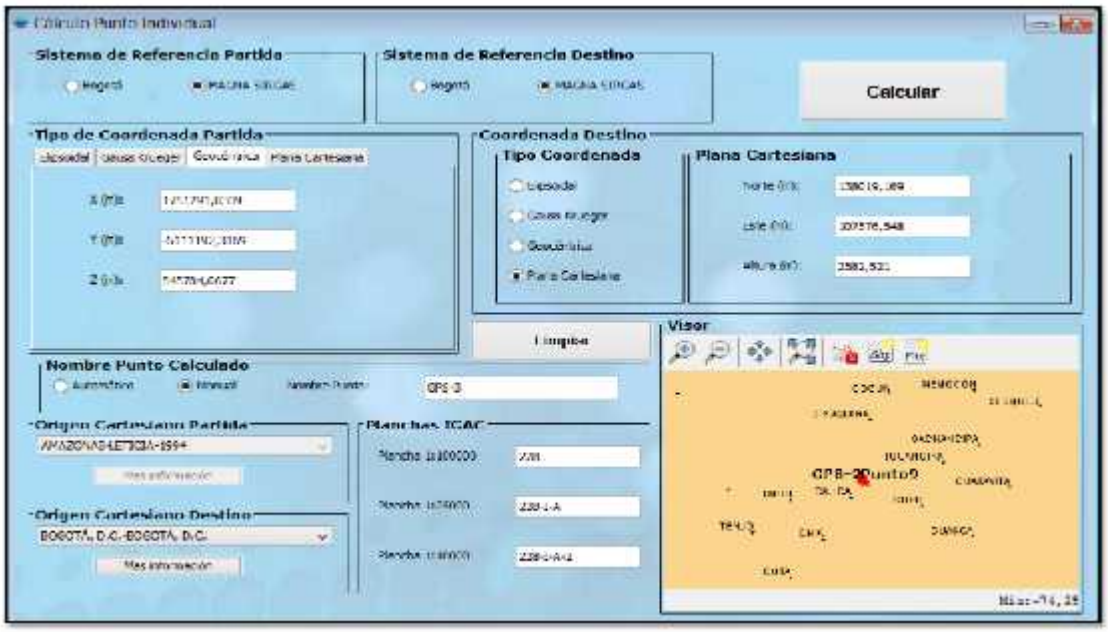

Ilustración 29 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

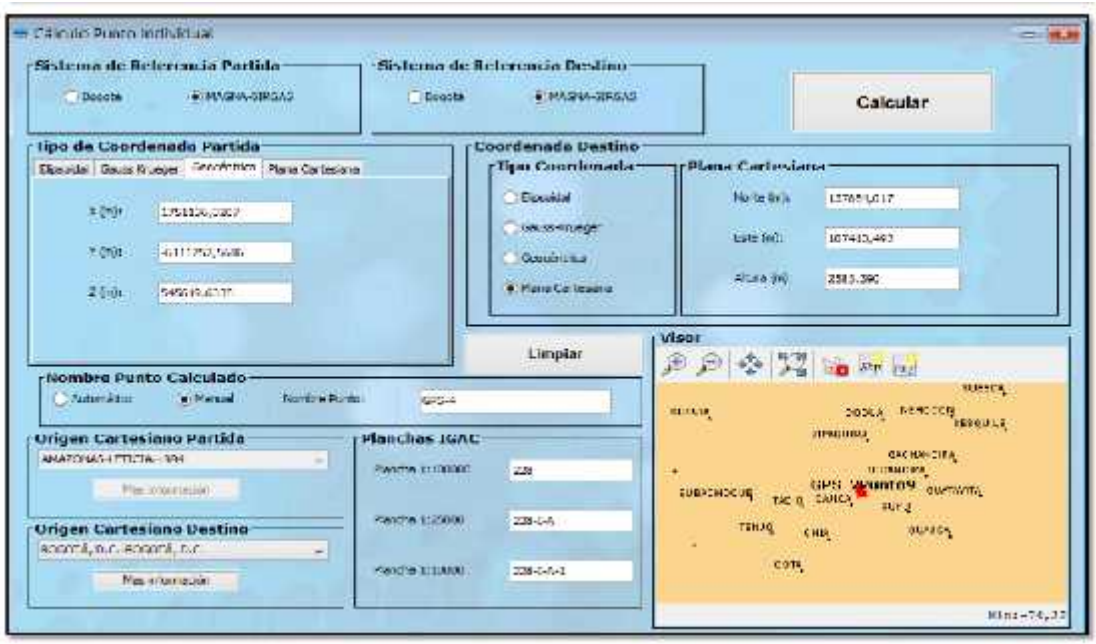

Ilustración 30 Estructura de datos/ conversión coord. y cambio de época
FUENTE: Hoja de Excel

CERTIFICADOS BASES: contiene un archivo en extensión .xls, “FICHA TECNICA” con las coordenadas certificadas, que servirán como control horizontal y vertical a la sesión post-procesada y calculada, cabe resaltar que estas coordenadas están en época Magna.

EFEMERIDES PRECISAS: Las efemérides precisas son suministradas por el IGS, en el portal web oficial de la entidad (http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html), estos archivos de efemérides se descargan en un formato comprimido y los publican de acuerdo a la necesidad del procesamiento de la información del posicionamiento.

HOJAS DE CAMPO: En esta carpeta están ubicados los archivos en extensión .xls, que contiene la información recopilada en campo al momento de realizar el posicionamiento con los receptores GPS, esta información resulta muy necesaria al momento de post-procesar, (Ver anexos 4. Formatos de Campo).

FICHA TECNICA: Archivo en extensión .xls, el cual contiene la información general del vértice geodésico (nombre, localización, fotografías y esquemas de ubicación), resume la información en las coordenadas finales (geográficas o elipsoidales y planas cartesianas de Gauss) en época Magna, (Ver anexos 5. Fichas de Técnica).

5.5 POST-PROCESO DE DATOS

Para el post-proceso de datos, en el mercado actual se pueden encontrar diferentes software que varían en su operatividad, en la casa que los produce, o el algoritmo de cálculo que ejecuta, para este proyecto se utilizó el Software Topcon Tools versión demostrativa. A continuación se detalla el proceso.

CREACIÓN Y CONFIGURACION DE PROYECTO:

Es en este paso donde se le atribuyen parámetros de ejecución de proceso, tales como, sistema de coordenadas, usos horario, tolerancia de precisiones, cabe resaltar algunos parámetros de configuración que presentan mayor relevancia.

Precisions/ Coordinate (N,E,X,Y;Z) = 4

Time / GPS Time = UTC -5 Bogotá, Lima, Quito

Coordinate Systems: Proyection: Gauss Central (Ver Ilustración 41)

Datum : WGS-84

Geoid: EGM-96

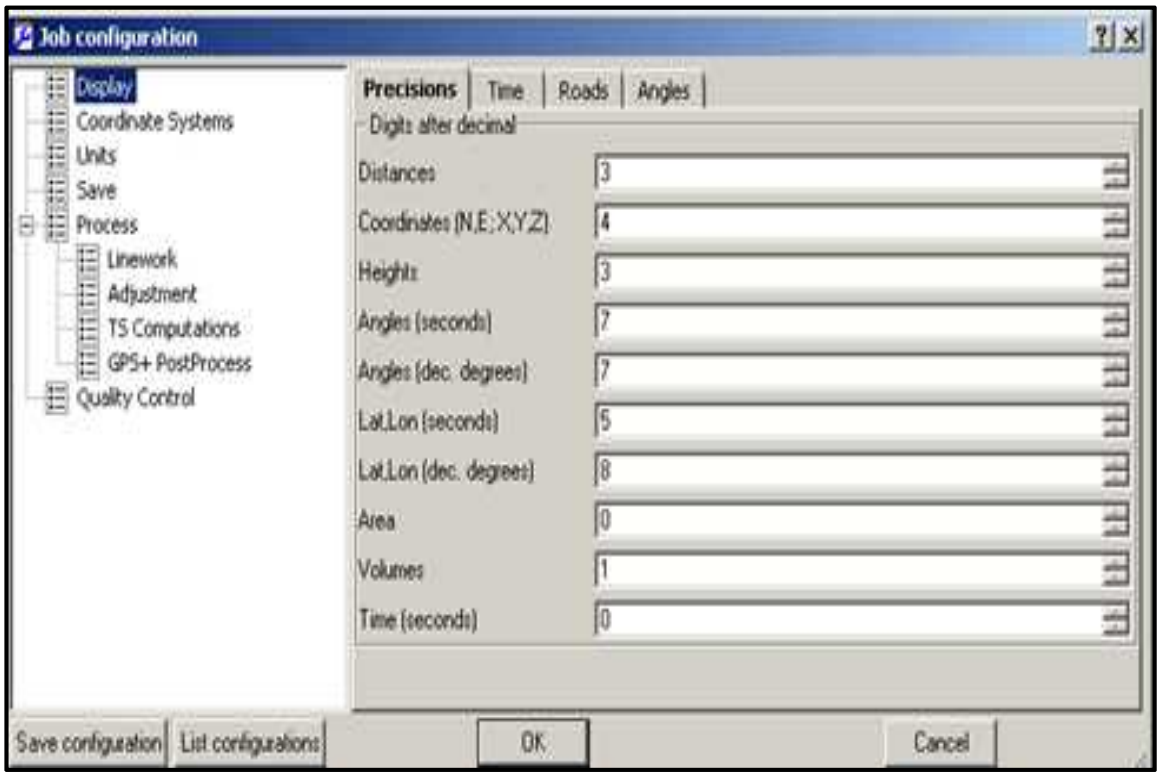

Ilustración 31 Configuración proyecto
FUENTE: Topcon Tools

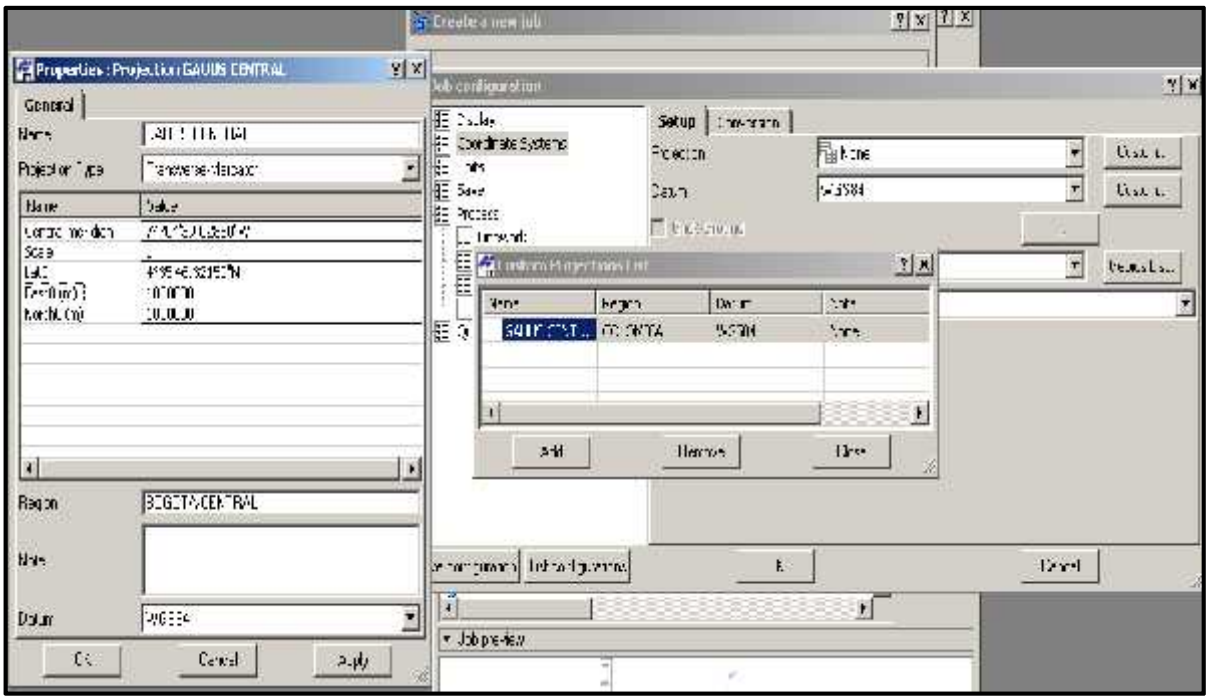

Ilustración 32 Creación de proyección cartesiana
FUENTE: Topcon Tools

Importación de archivos GPS: Configurado el proyecto se procedió a cargar los archivos de rastreo obtenidos el día del posicionamiento, mediante (import from files), en la medida que se van cargando dichos archivos se observa que se van creando los vectores de trabajo y en la vista Occupation View, se puede observar los esquemas de ubicación de cada punto en función del tiempo.

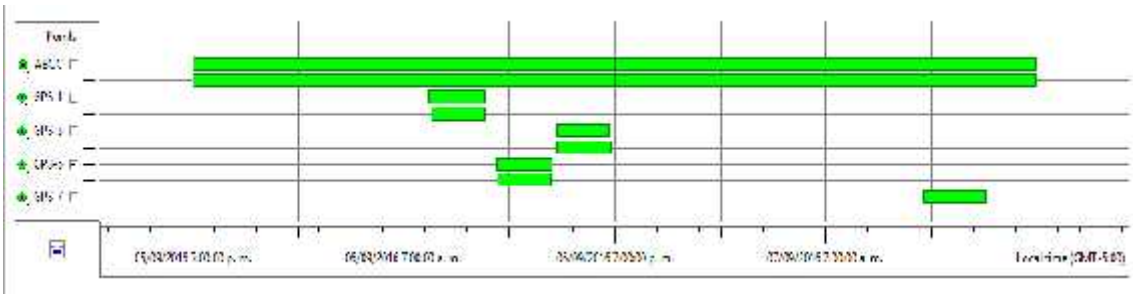

Ilustración 33 Occupation View
FUENTE: Topcon Tools

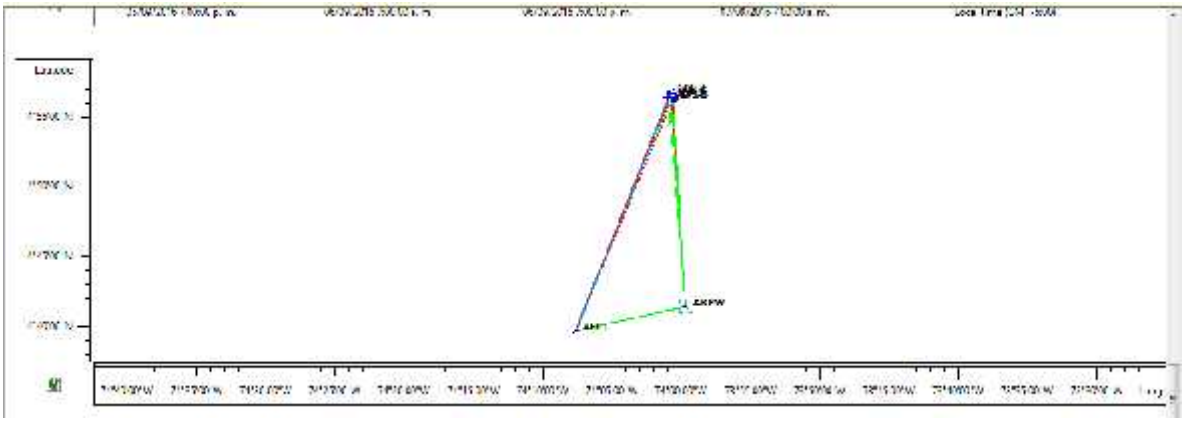

Ilustración 34 Carga de archivos GPS
FUENTE: Topcon Tools

Del mismo modo se cargó las efemérides precisas descargadas de la página Web del IGS, al proyecto recordando que la solución final de las efemérides de precisión que procesa el IGS (International GNSS Service), código igs resulta de una combinación ponderada de todos sus centros de análisis, siendo su actualización semanal y no está disponible hasta 13 días después de concluida la semana GPS, a las 24 horas UTC de cada sábado.

Datos de campo y control Horizontal y vertical: el paso a seguir, es valiéndose de la información recopilada en campo, ver "FORMATO DE CAMPO", se ingresó los datos de las posiciones GPS tales como, tipo de antena, altura de antena, se le dio nombre al punto, se revisó los tiempos simultáneos, en este paso se puede observar y corregir algunos errores de campo.

Procesamiento de datos: al momento del geo-posicionamiento se observó causas que afectan la precisión de las observaciones GPS ,como por ejemplo, condiciones atmosféricas u obstáculos e igualmente existen variables o errores que también pueden alterar la precisión que no son visibles, tales como efecto multi-camino, efemérides imprecisas, errores de reloj, retrasos en la señal a causa de las capas atmosféricas, factores DOP, entre

otros; es aquí cuando mediante la herramienta GPS+ Postprocesing, el software procede a calcular mediante algoritmos matemáticos, un ajuste por mínimos cuadrados.

Realizado el procedimiento gráficamente los vectores, cambian a un color verde, esto es sinónimo de que las precisiones están dentro de las tolerancias permitidas, se observa las precisiones horizontales y verticales por cada vector procesado, la máscara de elevación utilizada, y el tipo de solución presentada.

`

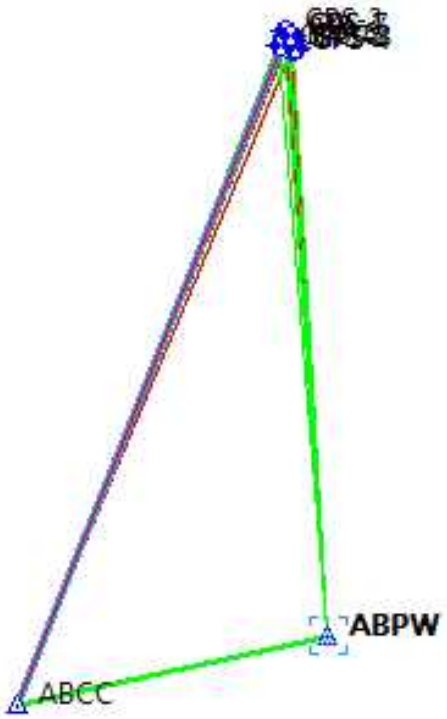

Ilustración 35 Post-proceso de datos
FUENTE: Topcon Tools

Si las precisiones obtenidas no son las permitidas, la versión demo de Topcon Tools, permite la edición de satélites que generen dispersión en los datos, desde la vista Occupation View, se puede desplegar gráficamente los satélites rastreados y se puede observar que existen algunos que no mantienen continuidad, es decir salieron y entraron

constantemente en el rastreo del receptor GPS, este tipo de rastreo genero lo que se conoce como “ruido” y lo más adecuado son deshabilitar dichos satélites.

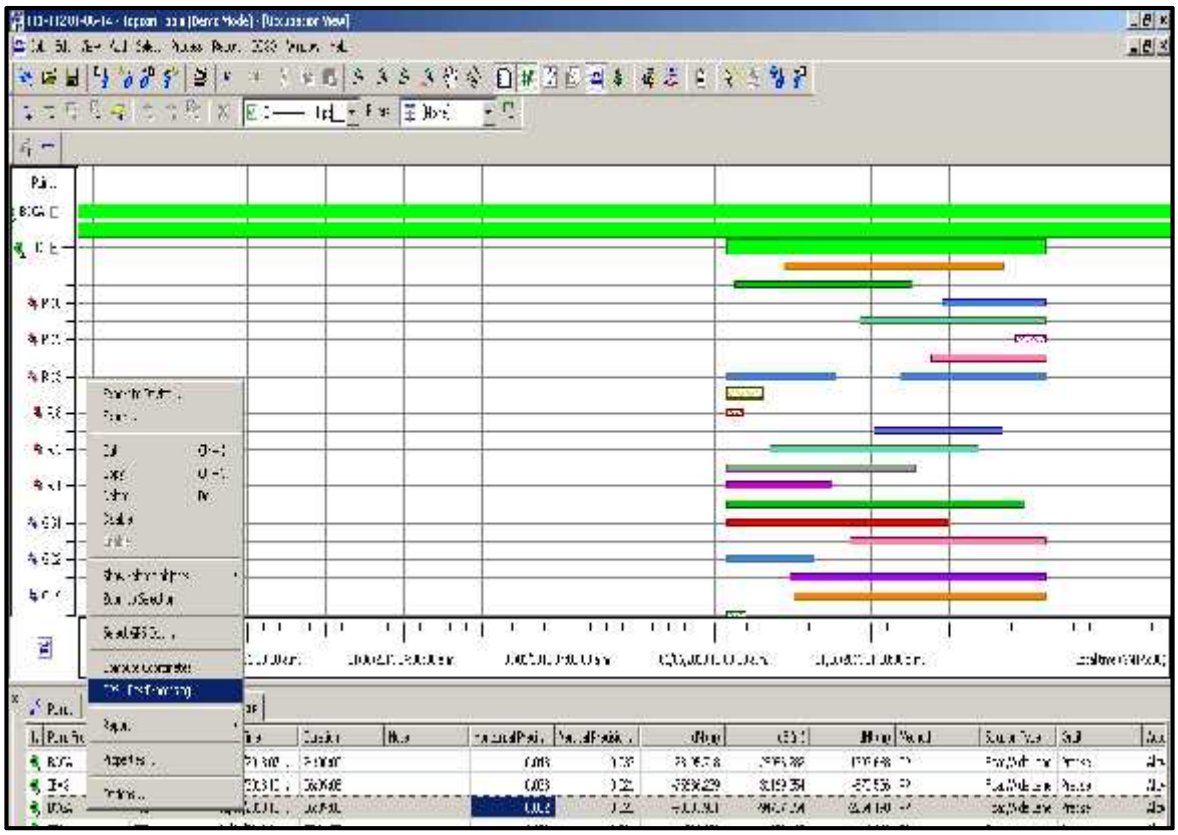

Ilustración 36 Edición de satélites
FUENTE: Topcon Tools

-Reporte de Resultados: para finalizar se configuró el reporte, que no es más que un resumen de los resultados , donde se pueden analizar valores como precisiones, tiempos, variables DOP, distancia entre vértices , las diferentes vistas que ofrece el software, entre otros.

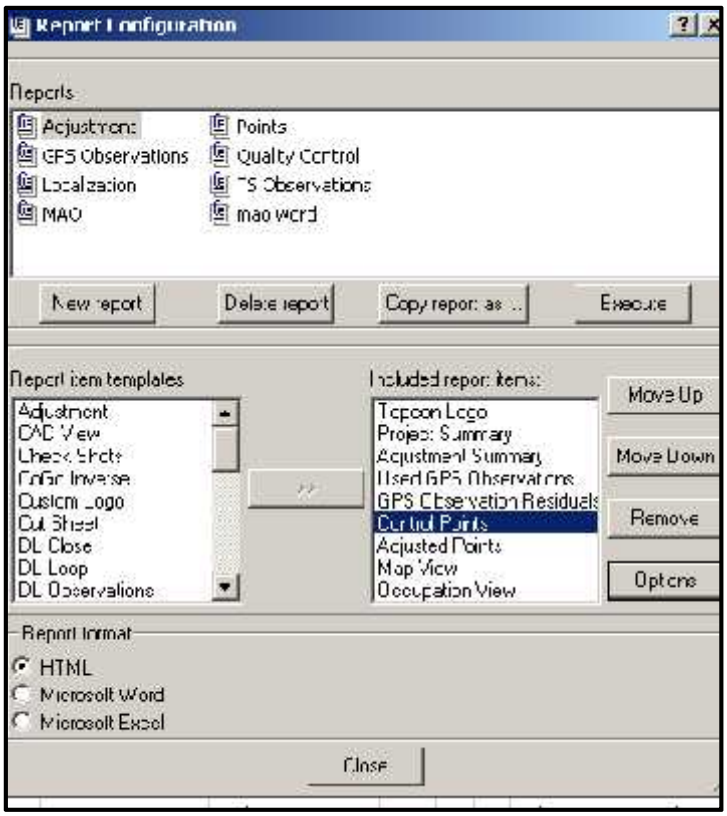

Ilustración 37 Configuración de reporte final
FUENTE: Topcon Tools

5.6 CONVERSIÓN Y CÁLCULO DE ÉPOCA

La información geográfica a nacional esta unificada en el sistema Magna - SIRGAS que no es más que una extensión del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF) en América, por ende toda la información cartográfica debe estar referida a la época 1995.4, esta integración garantiza que las coordenadas de la red básica Nacional estén definidas sobre el mismo sistema que sirve como base para el cálculo de las orbitas de los satélites GPS, por ende es necesario, realizar un traslado de época de las coordenadas obtenidos en el procedimiento anterior, recordando que el post-proceso se realizó con coordenadas de la fecha del geo-posicionamiento.

Para realizar este traslado de época se debe prescindir de las velocidades promedio del punto geo-posicionado y el cálculo del Δ de tiempo, y de este modo poder obtener el desplazamiento del punto en función del tiempo.

Para el cálculo de la velocidad se empleó la aplicación Magna-Sirgas Pro, de uso libre, desarrollado por el IGAC, esta aplicación utiliza el modelo de velocidades Sirgas para Colombia, en el módulo "Calculo Velocidades", se ingresó las coordenadas obtenidas del post-proceso, se activó la opción "MAGNA-SIRGAS" y se calcula, los resultados están dados en velocidades Sur-Norte y Oeste Occidente, que en términos de coordinadas Geocéntricas (X.Y,Z) corresponden a Sur-Norte= desplazamiento en Z y Oeste –Este = desplazamiento en X y Y.

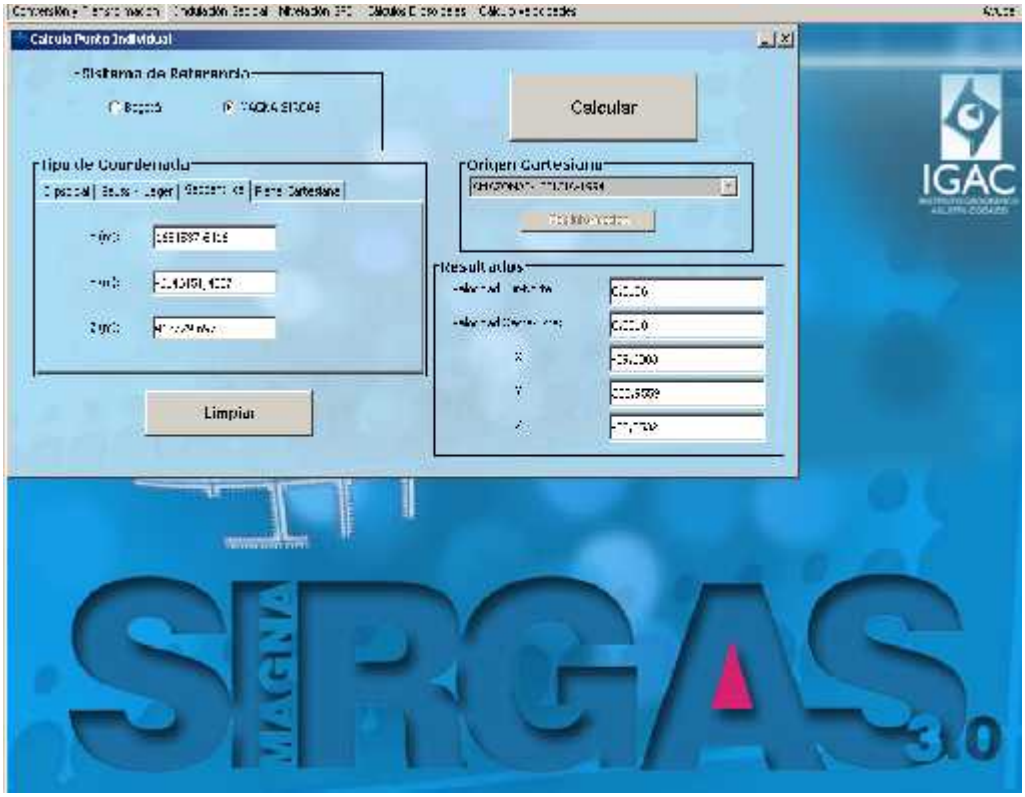

Ilustración 38 Calculo de velocidades
FUENTE: Magna-Sirgas Pro 3.0

Realizado el cambio de época se procedió, a realizar las conversiones de coordenadas correspondientes, igualmente se recurrió al aplicativo Magna- Sirgas Pro, en el módulo "Conversión y Transformación", se debe tener especial cuidado en tener activado el modo "MAGNA-SIRGAS" tanto en la partida como en el destino, se ingresó las coordenadas de

partida, y se calculan las coordenadas de destino en el sistema de referencia deseado (Elipsoidales, Gauss Krueger, Geocéntricas, Planas cartesianas), teniendo en cuentas que las coordenadas de proyección plana debe contar con un origen cartesiano, para nuestro caso un origen central (Gauss Krueger)

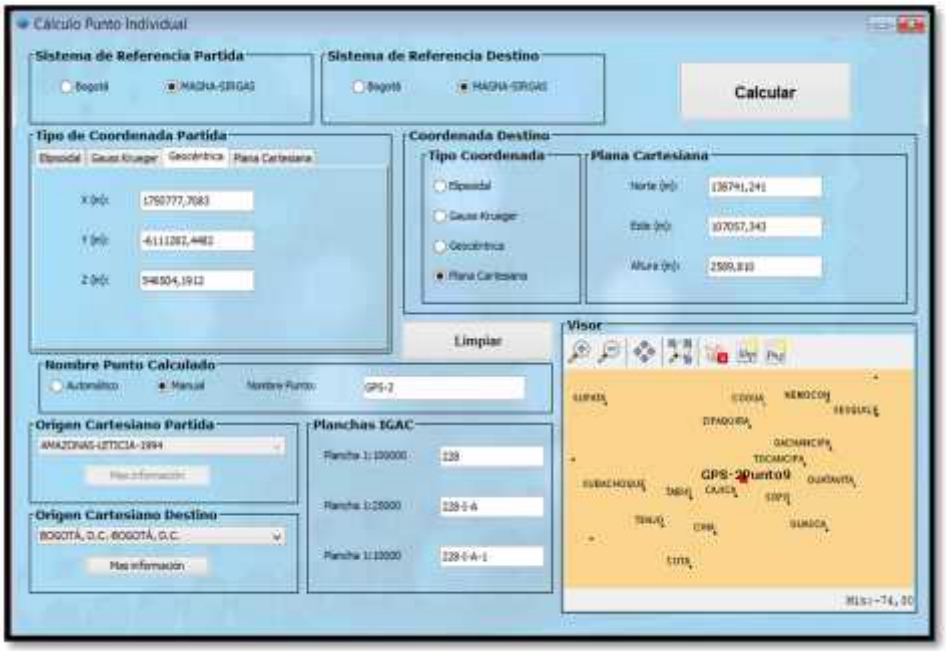

Ilustración 39 Conversión de coordenadas
FUENTE: Magna-Sirgas Pro 3.0

5.7 RESUMEN DE COORDENADAS FINALES

Tabla 4. Coordenadas finales

PUNTO	GAUSS-KRUEGER*		PLANAS CARTESIANAS*	
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
GPS-1	1038554.340	1007188.670	138567.582	107191.421
GPS-2	1038727.943	1007054.664	138741.241	107057.343
GPS-3	1038006.107	1007573.587	138019.169	107576.548
GPS-4	1037841.035	1007407.580	137854.017	107410.492
GPS-5	1037924.006	1007127.536	137936.994	107130.328
GPS-6	1038021.233	1006792.252	138034.229	106794.900
GPS-7	1038538.845	1007327.356	138552.094	107330.164

Fuente: Elaboración propia

5.8 MÉTODO DE NIVELACIÓN

Se usó el método de nivelación diferencial tratando de armar el instrumento en la mitad de la distancia entre los dos cambios haciendo doble lectura a cada punto, nivelando y contra-nivelando, realizando el cálculo en campo para determinar posibles errores en las lecturas y de esta manera corregirlos en sitio para avanzar de una forma segura.

5.8.2 RESULTADOS NIVELACIÓN

Tabla 5. Cotas geométricas Red Nivelación

NIVELACION GEOMETRICA					
Δ	**V+**	**V-INT**	**V-**	**Ah**	**COTA**
GPS - 2	**0.406**			**2566.994**	**2566.588**
GPS - 1		**4.088**			**2562.906**
CAMBIO#1	0.769		4.054	2563.709	2562.940
CAMBIO#2	0.882		2.08	2562.511	2561.629
CAMBIO#3	1.751		1.68	2562.582	2560.831
GPS - 6		**0.382**			**2562.200**
CAMBIO#4	1.43		1.65	2562.362	2560.932
CAMBIO#5	0.902		1.632	2561.632	2560.730
CAMBIO#6	0.675		1.461	2560.846	2560.171
GPS-4		**0.731**			**2560.115**
CAMBIO#7	1.9		2.062	2560.684	2558.784
GPS-3		**1.416**			**2559.268**
CAMBIO#8	1.812		1.816	2560.680	2558.868
CAMBIO#9	2.131		1.274	2561.537	2559.406
CAMBIO#10	1.55		1.783	2561.304	2559.754
CAMBIO#11	3.63		0.875	2564.059	2560.429
GPS-1		**1.153**			**2562.906**
CAMBIO#12	3.352		0.795	2566.616	2563.264
GPS-2			**0.028**		**2566.588**
SUMATORIA=	**21.190**		**21.190**		

Fuente: Elaboración propia

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- No se encontraron diferencias, entre las coordenadas obtenidas en el año 2004 por la universidad (GPS-1 y GPS-2), y las obtenidas en el presente trabajo de grado.
  Lo cual nos da un alto grado de confiabilidad para las coordenadas obtenidas actualmente en los GPS 3, 4, 5, 6 y 7.

- En términos de niveles, la red geodésica sigue siendo de carácter local, ya que no se actualizo el nivel con una Base Nivelada certificada y actualizada por el IGAC.
  Por tal motivo a futuro se recomienda actualizar la cota de referencia, trasladando la cota con nivel electrónico desde una base certificada por el IGAC.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante resaltar que la precisión del sistema se debe a que este funciona en base a un modelo matemático. No obstante los resultados obtenidos dependen de la manipulación que el operador le dé a los equipos GPS y también de las condiciones climáticas.
- Los datos obtenidos hacen parte de un ejercicio de “agrimensura” y como tal se debe entender que en este contexto. NO es posible hablar de “Exactitud”. Se debe hablar de “Precisión”.

  Por tal motivo se recomienda optimizar los procedimientos de campo por medio de un riguroso registro de la información de campo, una rutina de tiempos, y un mantenimiento adecuado de los equipos.
- En lo posible se debe respetar la máscara de elevación asignada (15 grados). En caso contrario se debe compensar este déficit, aumentando los tiempos de rastreo para dichos puntos.

  En caso de no ser suficiente una compensación por tiempos; se recomienda buscar una nueva posición para el punto y luego realizar el traslado de coordenadas por medio de topografía convencional. (Uso de estación total).

8. CONCLUSIONES

- Las cotas geoidales u ortométricas no generan la precisión requerida puesto que son el resultado del cálculo de un modelo matemático. Por tal motivo es necesario asignar cota geométrica a estos vértices.

- Este trabajo de grado evidencia que a la fecha, el sistema de posicionamiento de coordenadas por el método de rastreo diferencial, es el más preciso para este tipo de trabajos, ya que su precisión es de orden milimétrico.

- El sistema de GPS diferencial funciona bajo el principio básico de la asignación de una posición en base las correcciones realizadas por un segundo receptor ubicado en un punto de coordenadas conocidas. Esto quiere decir que dichos posicionamientos se pueden realizar a lo largo de grandes distancias; realizando posicionamientos en cadena. Es decir tomando el punto recién posicionado como base el posicionamiento de uno nuevo.

- Para la realización de redes geodésicas es indispensable una programación organizada del trabajo a desarrollar ya que en este proyecto se evidencio varias discrepancias en la coordinación de los tiempos de rastreo dando como resultado la eliminación de puntos en algunas sesiones aunque esta operación no afecto el producto.

- Debido a la imposibilidad de encontrar una Base Nivelada y certificada por el IGAC, se optó por referenciar la cota de todos los GPS al GPS-2.

- La buena calidad de los resultados se le atribuye a diferentes aspectos como: La suficiente duración de las sesiones para los puntos de cada. La redundancia de datos obtenidos. La cercanía de las estaciones satelitales. La organización en la logística del trabajo realizado en campo. El buen estado del tiempo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas, como datum oficial de Colombia

(GOMEZ, LIZCANO, BELTRAN, ORDOÑES, MARTINEZ, 2004, p. 3 – 27)

Recuperado de: http://cafegeodesico.blogspot.com/2011/07/alturas-elipsoidales-ortometricas-y.html, publicado por Rubén C. Rodríguez.

Wolf & Brinker, Topografía, 9 Edición, (1994)

10. BIBLIOGRAFÍA

Aguilera María de Jesús. (2001). Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS. Análisis de la influencia de los métodos de cálculo en la precisión. Universidad de Córdoba, Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos y de montes, Córdoba, España.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004).Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia. Recuperado de http://www2.igac.gov.co:-8080/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/adopcion.pdf.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004).Aspectos Prácticos de la Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia. Recuperado de http://www2.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/aspectos%20practicos.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). MAGNA-SIRGAS La nueva plataforma de geo referenciación en Colombia. Recuperado de http://www2.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_fi-nal/documentos/MAGNA-SIRGAS%20en%20su%20entidad.pdf.