

REALIZAR LA MODELACIÓN DIGITAL DEL TERRENO, A PARTIR DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y ESTUDIOS TOPOBATIMÉTRICOS PARA LA ZONA DE ESTUDIO DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LIMAS COMO INSUMO PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DETALLADA DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES.

INFORME TECNICO

DICIEMBRE 2019

Tabla de Contenido

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVO.....	7
3. ALCANCE	8
4. LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	9
5. SISTEMA DE REFERENCIA	11
5.1 SISTEMA INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE ITRS.....	11
5.2 SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS: SIRGAS	11
5.3 SISTEMA TRIDIMENSIONAL DE REFERENCIA PARA COLOMBIA MAGNA: MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA	12
6. MARCO DE REFERENCIA.....	13
6.1 RED MAGNA ECO DE ESTACIONES PERMANENTES.....	13
6.2 RED MAGNA SIRGAS DE ESTACIONES PASIVAS.....	15
6.3 LINEAS DE NIVELACIÓN IGAC	16
7. METODOLOGÍA.....	18
7.1 ESTABLECIMIENTO DE LA RED GEODESICA DEL PROYECTO.....	18
7.2 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO.....	51
7.3 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS.....	65
7.4 LEVANTAMIENTO LIDAR Y FOTOGRAMÉTRICO	81
7.5 AJUSTE ALTURAS MODELO DIGITAL DE TERRENO	104
7.6 GENERACIÓN DE LOS MODELOS DE SUPERFICIE - DSM Y DE TERRENO – DTM	106
7.7 GENERACIÓN DEL MODELO INTEGRADO – DTM.....	108
7.8 RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA	109
8. ANEXOS	111

Índice de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Localidad de Ciudad Bolívar.....	9
Ilustración 2. Localización cuenca quebrada Limas – Bogotá D.C.	10
Ilustración 3. International Terrestrial Reference Frame (ITRF).....	11
Ilustración 4. Red SIRGAS-CON	12
Ilustración 5. Distribución de estaciones MAGNA ECO en Colombia.....	13
Ilustración 6. Estaciones MAGNA-ECO influyentes en la zona de estudio – BOGA – BOGT – ABPD - ABCC.....	14
Ilustración 7. Estaciones MAGNA-ECO influyentes en la zona de estudio y su recubrimiento a 60 Km	15
Ilustración 8. Estaciones pasivas MAGNA-SIRGAS cercanas a la cuenca Quebrada Limas.....	16
Ilustración 9. Línea CM-15 Bogotá.....	17
Ilustración 10. Localización estaciones activas.....	19
Ilustración 11. Vértices pertenecientes a la red terciaria nacional	20
Ilustración 12. Vértices IGAC localizados	23
Ilustración 13. Punto encontrado CD – 610	24
Ilustración 14. Punto encontrado CD – 611	24

Ilustración 15. Punto encontrado CD – 616 A.....	24
Ilustración 16. Disposición densificación vértices red geodésica.....	25
Ilustración 17. Materialización vértice principal.....	26
Ilustración 18. Placa aluminio mojón red principal.....	27
Ilustración 19. Materialización punto BM.....	27
Ilustración 20. Ficha descriptiva de acceso vértice GPS-03.....	31
Ilustración 21. Formato de control y registro de ocupaciones por satélite.....	34
Ilustración 22. Ocupación GNSS vertices red geodésica.....	35
Ilustración 23. Ocupación GNSS punto BM.....	36
Ilustración 24. Determinación red geodésica principal.....	37
Ilustración 25. Esquema de determinación de puntos de cierre BM.....	38
Ilustración 26. Circuito para traslado de cota red principal.....	42
Ilustración 27. Der. Poligonal 1. Izq. Poligonal 2.....	52
Ilustración 28. Der. Poligonal 3. Izq. Poligonal 6.....	52
Ilustración 29. Der. Poligonal 4. Izq. Poligonal 5.....	53
Ilustración 30. Der. Poligonal 7. Izq. Poligonal 8.....	53
Ilustración 31. Der. Poligonal 9. Izq. Poligonal 10.....	54
Ilustración 32. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles.....	55
Ilustración 33. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles.....	56
Ilustración 34. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles.....	57
Ilustración 35. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles.....	58
Ilustración 36. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles.....	59
Ilustración 37. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles.....	60
Ilustración 38. Levantamiento de detalles mediante RTK.....	60
Ilustración 39. Levantamiento de detalles mediante RTK.....	61
Ilustración 40. Levantamiento de detalles mediante RTK.....	62
Ilustración 41. Formato de campo para toma de detalles con estación total.....	63
Ilustración 42. Formato de campo para toma de detalles con estación RTK.....	63
Ilustración 43. Nube de puntos ACAD de levantamiento topobatimetrico.....	64
Ilustración 44. Localización estructuras para inventario.....	66
Ilustración 45. Ficha puente vehicular No. 5.....	67
Ilustración 46. Puente vehicular No. 5.....	67
Ilustración 47. Ficha puente vehicular No. 7.....	68
Ilustración 48. Puente vehicular No. 7.....	68
Ilustración 49. Ficha puente vehicular No. 11.....	69
Ilustración 50. Puente vehicular No. 11.....	69
Ilustración 51. Ficha puente vehicular No. 13.....	70
Ilustración 52. Puente vehicular No. 13.....	70
Ilustración 53. Ficha puente vehicular No. 14.....	71
Ilustración 54. Puente vehicular No. 14.....	71
Ilustración 55. Ficha puente vehicular No. 15.....	72
Ilustración 56. Puente vehicular No. 15.....	72
Ilustración 57. Ficha puente vehicular No. 18.....	73
Ilustración 58. Puente vehicular No. 18.....	73
Ilustración 59. Ficha puente vehicular No. 20.....	74

Ilustración 60. Puente vehicular No. 20	74
Ilustración 61. Ficha puente vehicular No. 21	75
Ilustración 62. Puente vehicular No. 21	75
Ilustración 63. Ficha puente vehicular No. 22	76
Ilustración 64. Puente vehicular No. 22	76
Ilustración 65. Ficha puente vehicular No. 26	77
Ilustración 66. Puente vehicular No. 26	77
Ilustración 67. Ficha puente vehicular No. 27	78
Ilustración 68. Puente vehicular No. 27	78
Ilustración 69. Ficha puente vehicular No. 29	79
Ilustración 70. Puente vehicular No. 29	79
Ilustración 71. Ficha puente vehicular No. 42	80
Ilustración 72. Puente vehicular No. 29	80
Ilustración 73. Aeronave Cessna 402 HK4933	81
Ilustración 74. Medición de level arms y sensor láser y fotogramétrico ALS70 + RDC30.....	82
Ilustración 75. Características sensor Leica ALS70 1 de 6	83
Ilustración 76. Características sensor Leica ALS70 2 de 6	84
Ilustración 77. Características sensor Leica ALS70 3 de 6	85
Ilustración 78. Características sensor Leica ALS70 4 de 6	86
Ilustración 79. Características sensor Leica ALS70 5 de 6	87
Ilustración 80. Características sensor Leica ALS70 6 de 6	88
Ilustración 81. Características Cámara Leica RDC30 1 de 2	89
Ilustración 82. Características Cámara Leica RDC30 2 de 2	90
Ilustración 83. Montaje del sensor ALS70HP + RDC30 en la aeronave Cessna 402B.....	91
Ilustración 84. Plan de vuelo del proyecto	92
Ilustración 85. Vuelo de calibración ALS70HP + RDC30	94
Ilustración 86. Set de datos luego de la calibración del sensor en la aeronave.....	95
Ilustración 87. Resultados de la calibración.....	95
Ilustración 88. Cobertura total del vuelo.....	96
Ilustración 89. Base de operaciones aéreas BOGA.....	97
Ilustración 90. Reporte de vuelo	98
Ilustración 91. LiDAR sin clasificar (Izq) y LiDAR clasificado (Der).....	99
Ilustración 92. Edición de líneas de corte	102
Ilustración 93. Mosaico integrado completo RGB.	103
Ilustración 94. Modelo geoidal local completo	105
Ilustración 95. Modelo de Superficie - DSM completo	106
Ilustración 96. Detalle modelo de superficie – DSM.....	107
Ilustración 97. Detalle modelo de terreno integrado – DTM.....	108
Ilustración 98. Restitución fotogramétrica	109
Ilustración 99. Restitución fotogramétrica	110
Ilustración 100. Detalle restitución fotogramétrica	110
Ilustración 101. Catálogo de Objetos (fuente ley 1392 de 2016 IGAC)	111
Ilustración 102. Anexos.....	112

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas SIRGAS estación MAGNA-ECO.....	19
Tabla 2. Coordenadas geodésicas estaciones MAGNA-ECO	20
Tabla 3. Información puntos red terciaria IGAC	21
Tabla 4. Información Exploración Vértices hallados	23
Tabla 5. Materialización de vértices y BM para cierres.....	28
Tabla 6. Posicionamiento de vértices	32
Tabla 7. Ajuste por mínimos cuadrados.....	40
Tabla 8. Subcircuito 1	43
Tabla 9. Subcircuito 2	44
Tabla 10. Subcircuito 3	45
Tabla 11. Subcircuito 4	46
Tabla 12. Subcircuito 5	46
Tabla 13. Subcircuito 6	46
Tabla 14. Resumen de coordenadas red geodésica – época 2018.00.....	48
Tabla 15. Resumen de coordenadas puntos de cierre – época 2018.00.....	48

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las actividades realizadas en campo y oficina, acompañadas de los aspectos técnicos más importantes efectuados para la modelación digital del terreno, a partir de estudios topográficos y estudios topobatimétricos para la zona de estudio de la cuenca de la quebrada limas como insumo para realizar la evaluación detallada de amenaza por avenidas torrenciales.

Los procesos descritos a continuación están enmarcados en las especificaciones establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC para este tipo de trabajos, y sus metodologías complementarias.

2. OBJETIVO

Presentar la metodología y resultados obtenidos de la modelación digital del terreno, a partir de estudios topográficos y estudios topobatimétricos para la zona de estudio de la cuenca de la quebrada limas como insumo para realizar la evaluación detallada de amenaza por avenidas torrenciales.

3. ALCANCE

Realizar el levantamiento topográfico del área de estudio ubicada en la cuenca de la quebrada Limas, la cual corresponde aproximadamente a 260 Ha y el levantamiento topobatimétrico de 20 Km de cauces, para lograr el alcance de las obligaciones y el cumplimiento contractual se deben realizar las siguientes actividades:

- Materialización y georreferenciación de 6 parejas de vértices geodésicos.
- Poligonales con BM $c/250$ m.
- Levantamiento Batimétrico con secciones máximo cada 100 m, en una longitud de 20 Km.
- Levantamiento de cada una de las estructuras hidráulicas encontradas en los cauces.
- Adquisición y procesamiento de datos LÍDAR y fotogramétricos, generación de productos cartográficos. Restitución 1:2000, curvas de nivel cada 50 cm, DTM 50x50 cms, para una franja de 100 metros.

4. LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos de campo se llevaron a cabo en la zona de la cuenca de la quebrada Limas, la cual se localiza en la localidad de ciudad Bolívar, zona sur de la ciudad de Bogotá, como se aprecia en las siguientes ilustraciones.



Ilustración 1. Localidad de Ciudad Bolívar

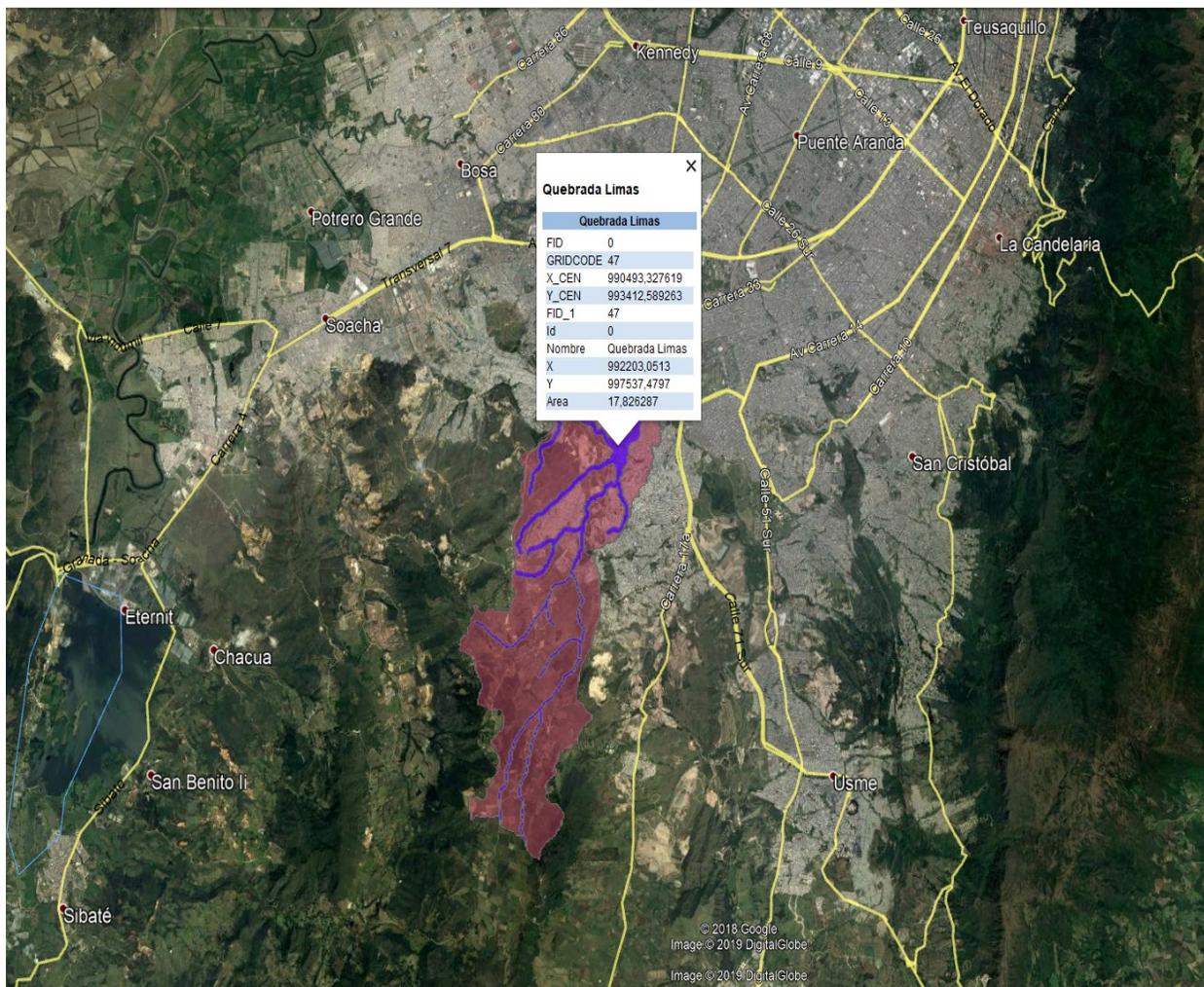


Ilustración 2. Localización cuenca quebrada Limas – Bogotá D.C.

5. SISTEMA DE REFERENCIA

5.1 SISTEMA INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE ITRS

El Sistema Terrestre Internacional de Referencia ITRS es un conjunto de parámetros que definen un origen, una escala, orientación y evolución en el tiempo del Sistema de Referencia Terrestre Convencional CTRS (IERS, 2018).

- Definición: El ITRS es un sistema geocéntrico cuyo centro coincide con el centro de masas terrestre, su eje Z coincide con el polo definido por el CIO y adoptado por la IAG, el eje X es orientado hacia el meridiano de Greenwich y el eje Y es perpendicular a los ejes X y Z. El ITRS es un sistema coordenado de mano derecha. (IGAC, 2005).

El Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF es la materialización del ITRS en sitios estratégicos cuyas coordenadas son producto de analizar resultados de varias técnicas geodésicas, entre ellas VLBI, SLR, LLR, DORIS y GNSS. Se calculan soluciones periódicamente para el marco de referencia, denominadas ITRFyy, donde yy corresponde al año en que se realizan las observaciones. (Argentina, 2017).

De esta manera se tiene: ITRF88, ITRF90, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008, ITRF2014.

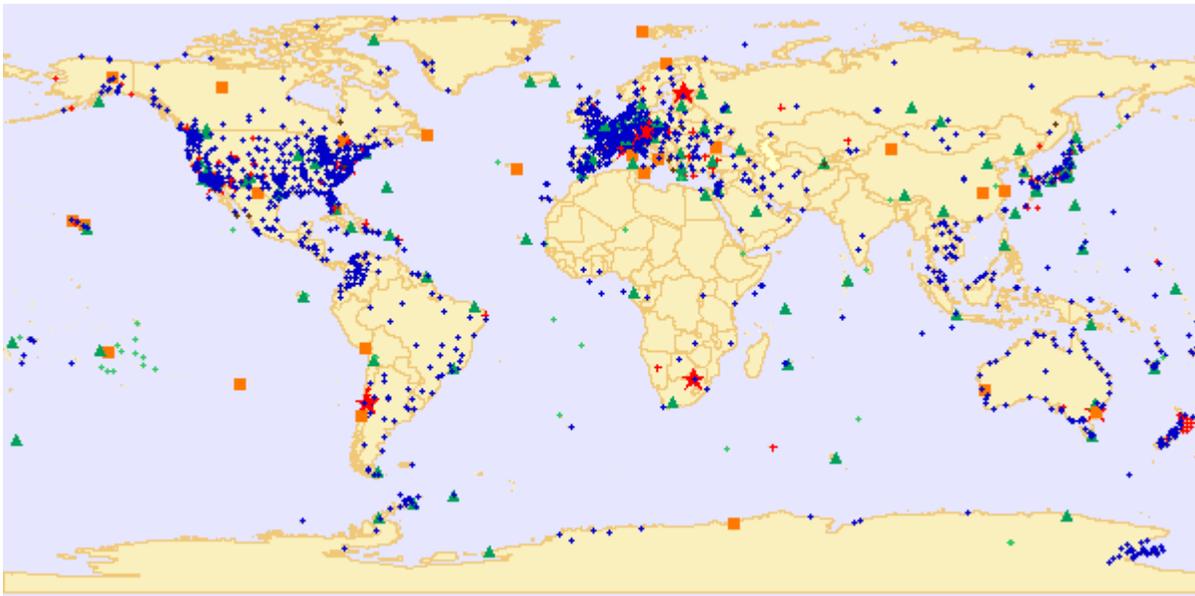


Ilustración 3. International Terrestrial Reference Frame (ITRF)

Fuente: ITRF web site (<http://itrf.ign.fr/>)

5.2 SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS: SIRGAS

SIRGAS es la densificación del ITRS en América. La red SIRGAS está compuesta por estaciones de funcionamiento continuo. El Datum geodésico está definido por el elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980) (IGAC, 2005).

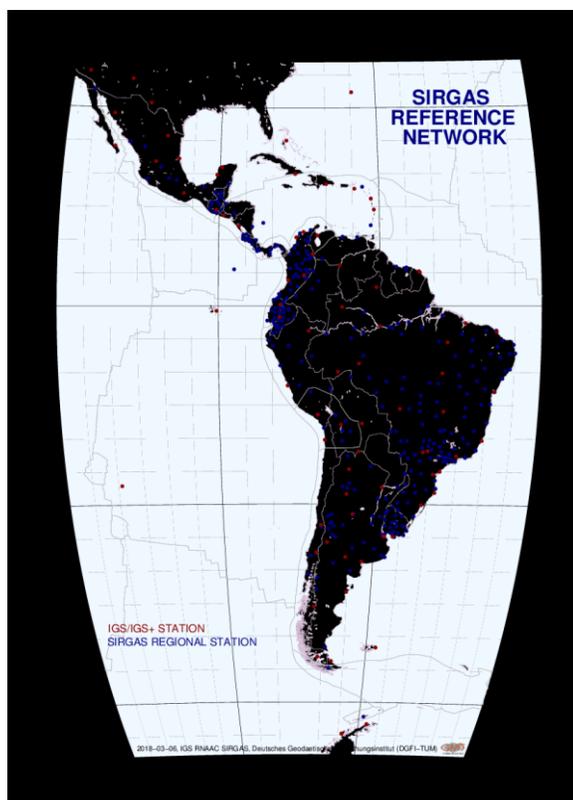


Ilustración 4. Red SIRGAS-CON

FUENTE: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas SIRGAS
<http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/>

5.3 SISTEMA TRIDIMENSIONAL DE REFERENCIA PARA COLOMBIA MAGNA: MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA

MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia) es el sistema de referencia oficial para Colombia y está definido sobre SIRGAS, de esta manera el sistema se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS. Las coordenadas de las estaciones de la red que hacen parte del Marco Geocéntrico Nacional están referidas al ITRF2014 época 2018.0, mediante resolución 715 del 08 de junio de 2018.

- Características del Sistemas Magna-Sirgas
 - Sistema geocéntrico cuyo origen coincide con el centro de masas de la tierra
 - Sistemas de coordenadas tridimensionales (φ , λ , h).
 - Elipsoide asociado: GRS80 (Geodetic Reference System 1980).
 - Precisión (consistencia interna de la red): 2-7 mm.
 - Exactitud (con respecto a las coordenadas SIRGAS=ITRF=WGS84): φ , λ = 2 cm; h = 6 cm.
 - Coordenadas del punto datum (Observatorio Astronómico de Bogotá): φ = 04° 35' 46,3215"N
 λ = 74° 04' 39,0285"O
 - h = 2641,469 m

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1 RED MAGNA ECO DE ESTACIONES PERMANENTES

La Red Magna Eco es la red de estaciones continuas oficial para Colombia la cual hace parte de la red SIRGAS-CON (Estaciones continuas del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). Las estaciones que conforman la RED MAGNA ECO son los puntos de partida para la georreferenciación horizontal del proyecto. En la siguiente ilustración se muestra la disposición de las estaciones continuas en todo el país y específicamente las más cercanas a los municipios objeto de estudio.



Ilustración 5. Distribución de estaciones MAGNA ECO en Colombia

FUENTE: MAGNA-ECO

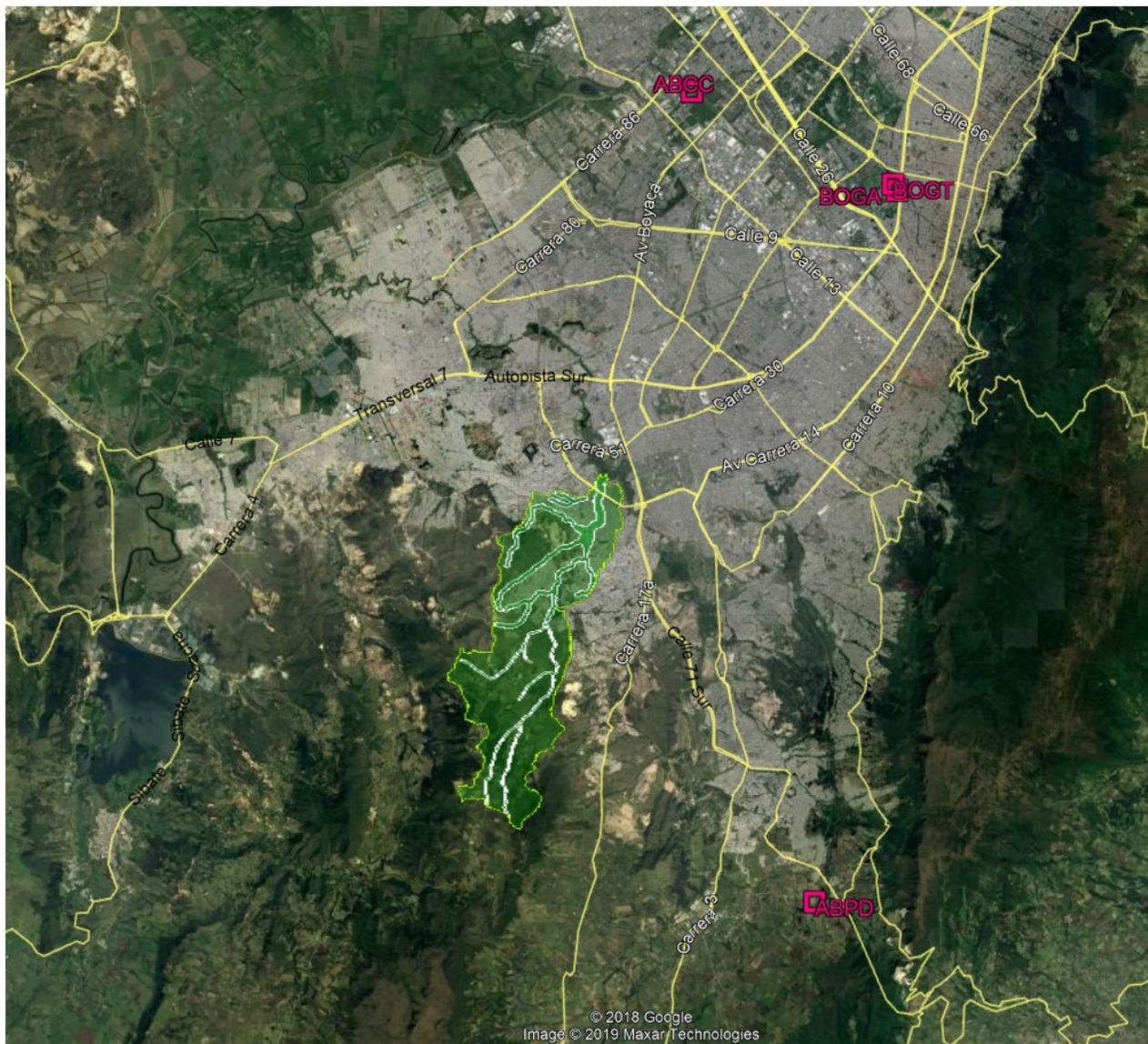


Ilustración 6. Estaciones MAGNA-ECO influentes en la zona de estudio – BOGA – BOGT – ABPD - ABCC

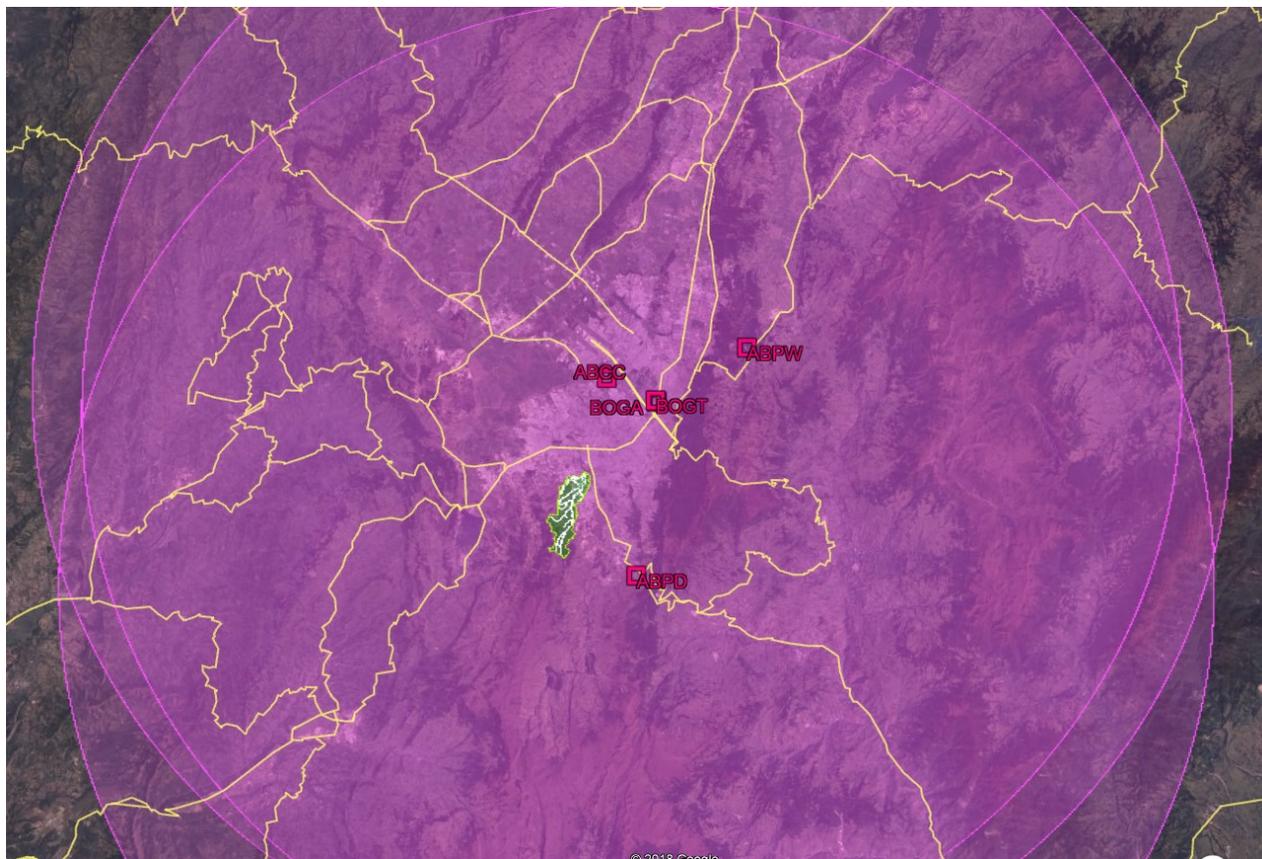


Ilustración 7. Estaciones MAGNA-ECO influyentes en la zona de estudio y su recubrimiento a 60 Km
FUENTE: MAGNA-ECO

6.2 RED MAGNA SIRGAS DE ESTACIONES PASIVAS

A continuación, se presenta la disposición de placas o estaciones pasivas, pertenecientes a la red MAGNA-SIRGAS oficial, que se reportan existentes en la zona de estudio.

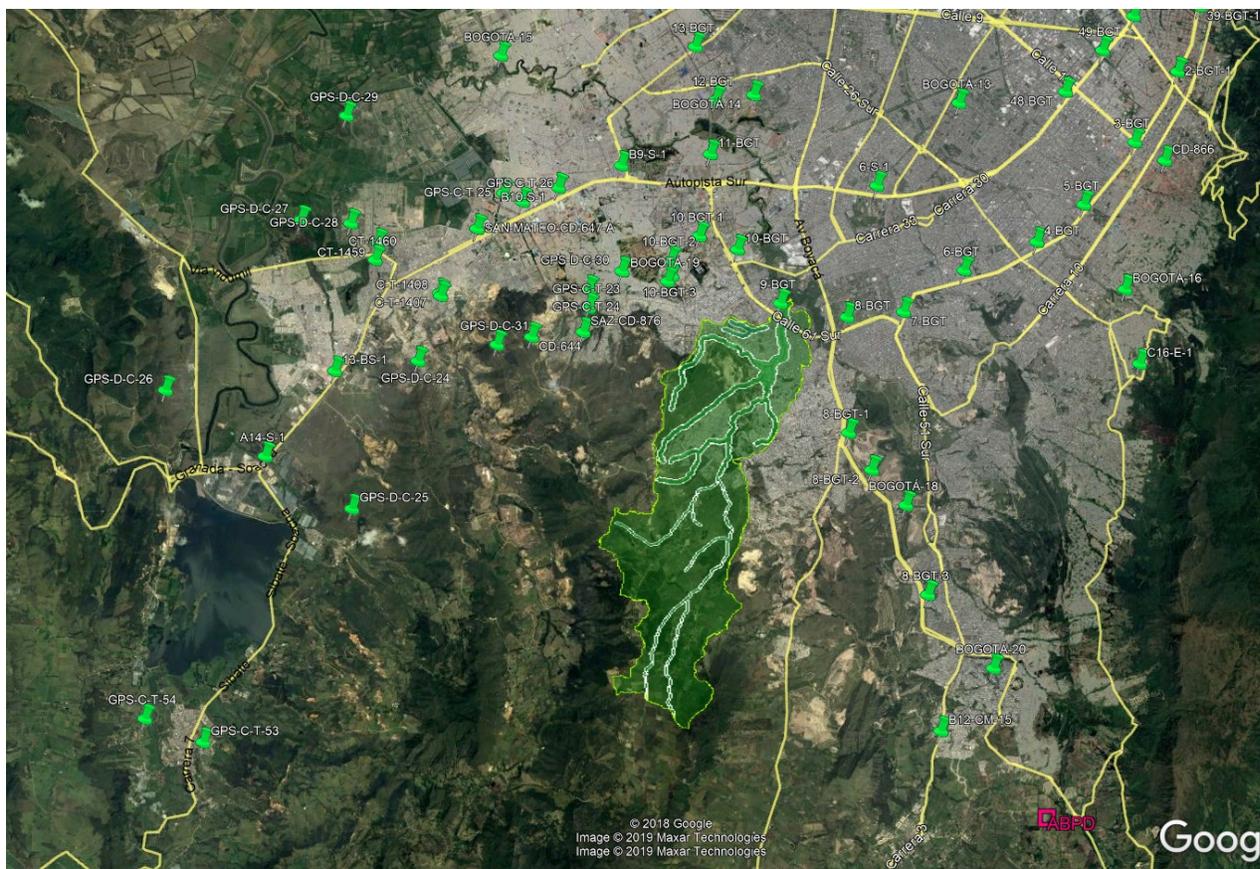


Ilustración 8. Estaciones pasivas MAGNA-SIRGAS cercanas a la cuenca Quebrada Limas
 FUENTE: Capas IGAC.

6.3 LINEAS DE NIVELACIÓN IGAC

La georreferenciación vertical del proyecto se realizó mediante determinación de alturas ortométricas a partir de alturas elipsoidales, siguiendo la metodología establecida por el IGAC, realizando ajustes por mínimos cuadrados para reducción de residuales. Asimismo, se realizó la exploración de las líneas existentes cerca de las zonas de estudio para localizar vértices pertenecientes a estas líneas y vincularlos al proyecto. A continuación, se describen las líneas de nivelación presentes, cercanas a la zona de estudio, que se implementaron en la georreferenciación vertical.

- Línea CM-15 Bogotá

7. METODOLOGÍA

En la ejecución de las diferentes actividades desarrolladas para alcanzar los objetivos establecidos, se implementó la metodología descrita a continuación.

7.1 ESTABLECIMIENTO DE LA RED GEODESICA DEL PROYECTO

Materialización y determinación de coordenadas de 6 parejas de vértices distribuidos en la zona del proyecto. Se llevará a cabo mediante la monumentación de mojones que sirvan como puntos de apoyo para los estudios topográficos, toma de información Aero fotogramétrica con tecnología LiDAR y estudios topobatemétricos como insumo para la modelación digital de terreno. A continuación, se numeran las actividades contempladas dentro del alcance de los objetivos propuestos.

- Materialización de seis (6) parejas de mojones, distribuidas a lo largo de los cauces objeto de estudio.
- Se realizará también materialización de vértices BM cada Km, los cuales conformarán la red secundaria del proyecto, y servirán como puntos de cierre para poligonales.
- Georreferenciación de los vértices materializados utilizando equipos GNSS en modo estático diferencial con precisión horizontal de (5mm-10mm + 1ppm) ajustados en red.
- Georreferenciación vertical sobre el nivel medio del mar, implementando modelo Geocol 2004 y la guía metodológica IGAC para el cálculo de alturas ortométricas a partir de alturas elipsoidales.

7.1.1 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA ESTABLECIMIENTO DE LA RED GEODESICA

El proyecto fue apoyado a partir de estaciones permanentes del IGAC pertenecientes a la red MAGNA ECO. Se investigó sobre las estaciones de rastreo GNSS permanentes, localizadas dentro de la zona de estudio. Se encontraron en funcionamiento las estaciones más cercanas BOGA, ABPD y BOGT. Estas estaciones fueron utilizadas como puntos de partida para determinación de coordenadas. En la siguiente imagen se muestra la localización de las estaciones continuas implementadas. Estas se encuentran a una distancia de menos de 20 Km de la zona de estudio.

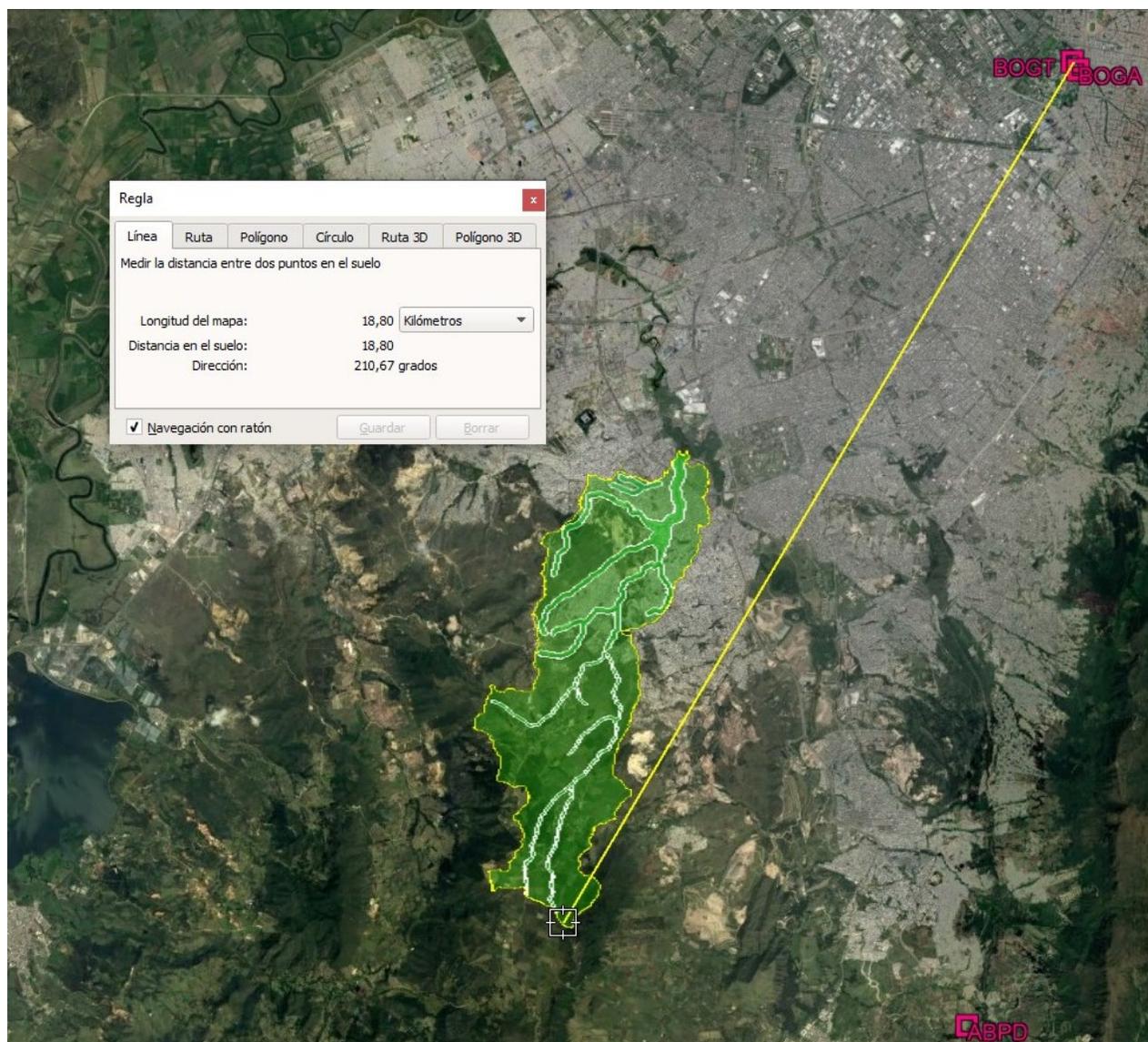


Ilustración 10. Localización estaciones activas

FUENTE: Propia

A continuación se muestran la solución de coordenadas para la semana 2079, obtenidas desde la página SIRGAS <http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/>.

Tabla 1. Coordenadas SIRGAS estación MAGNA-ECO

Week 2079: SIRGAS solution aligned to IGS14 (wrt igs19P2079) 11-DEC-19 17:15						
LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14				EPOCH: 2019-11-13 12:00:00		
NUM	STATION	NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
6	ABPD	41941M001	1742983.246900	-6118331.498890	494730.753980	A
124	BOGA	41901M002	1744517.152830	-6116051.010000	512581.132920	A
127	BOGT	41901M001	1744398.880090	-6116037.027620	512731.910370	A

FUENTE: Sirgas

A continuación, se presentan las coordenadas de las estaciones MAGNA-ECO en formato geodésico WGS84.

Tabla 2. Coordenadas geodésicas estaciones MAGNA-ECO

ID de punto	Latitud(Global)	Longitud(Global)	Altura(Global)
ABPD	4°28'35.64333"N	74°05'55.92535"W	2958.378
BOGA	4°38'19.25842"N	74°04'47.81835"W	2609.78
BOGT	4°38'24.26970"N	74°04'51.38265"W	2576.239

FUENTE: Propia

Se realizó la consulta e identificación previa de las estaciones pasivas pertenecientes a la Red Magna-Sirgas oficial para Colombia, localizadas cerca a la zona. Se realizó la exploración en busca de aproximadamente 32 estaciones reportadas por el IGAC, existentes cerca a la zona de la cuenca Quebrada Limas, para ser utilizadas como puntos de apoyo en el levantamiento. A continuación se relacionan las coordenadas de las 32 estaciones pasivas.

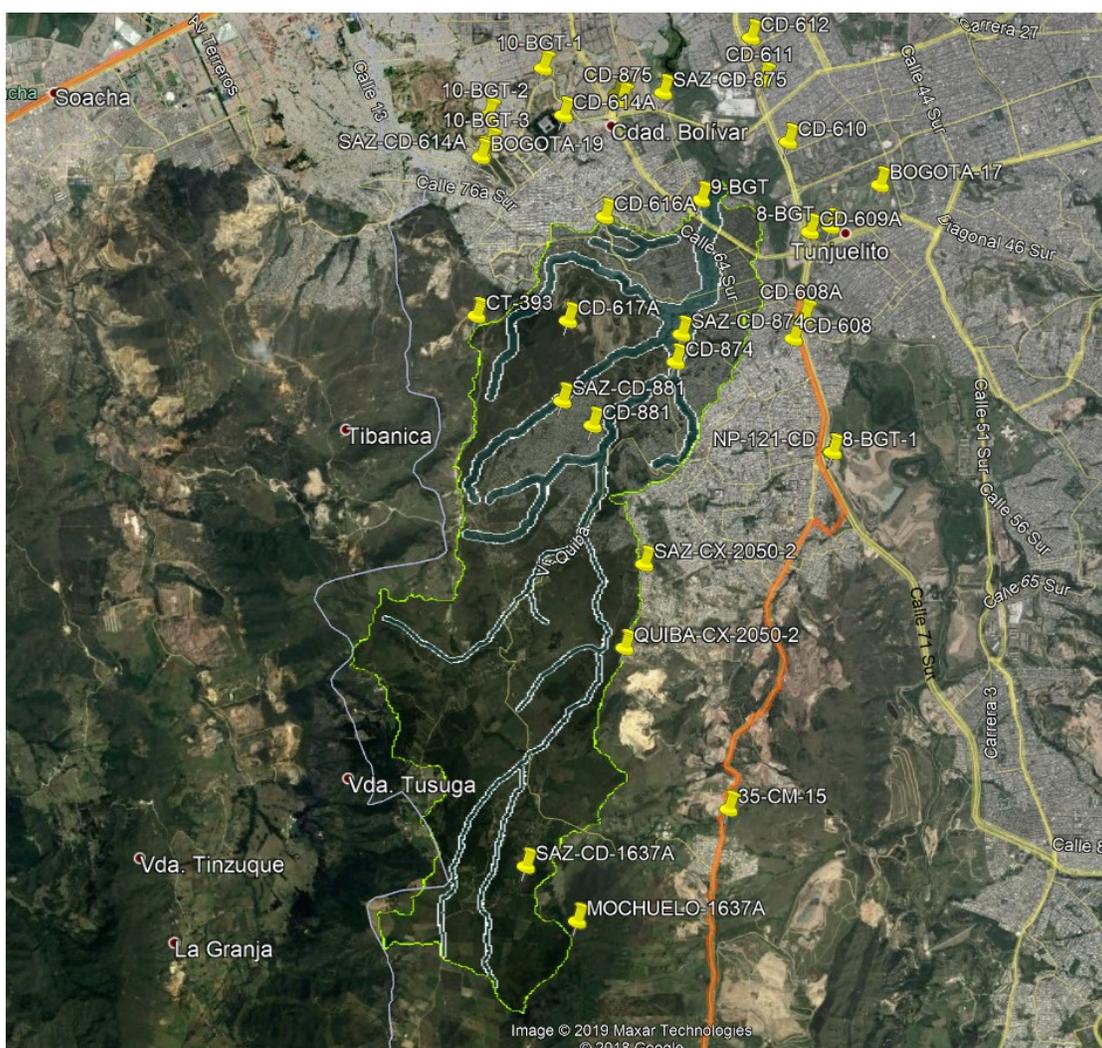


Ilustración 11. Vértices pertenecientes a la red terciaria nacional

Tabla 3. Información puntos red terciaria IGAC

NAME	MUNICIPIO	DEPARTAMEN	ESTADO_PUN	ESTADO_MOJ	TIPO_PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA_ELI	OFICIAL_EL	ALTURA_NIV	TIPO_ALTUR	METODO_DET
10-BGT	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.581027	-74.157259	2586.02445	SI	2562.4919	Geométrica	Geodésica Geométrica
10-BGT-1	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.583593	-74.164517	2634.31859	SI	2610.8484	Geométrica	Geodésica Geométrica
10-BGT-2	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.578971	-74.169882	2698.90906	SI	2675.4283	Geométrica	Geodésica Geométrica
10-BGT-3	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.576063	-74.169765	2775.68929	SI	2752.2082	Geométrica	Geodésica Geométrica
35-CM-15	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.511482	-74.146429	2869.952	SI	2845.615	Geométrica	Geodésica Geométrica
8-BGT	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.56816	-74.136471	2583.58255	SI	2559.9136	Geométrica	Geodésica Geométrica
8-BGT-1	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.54623	-74.136274	2596.45059	SI	2572.6148	Geométrica	Geodésica Geométrica
9-BGT	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.570776	-74.149104	2588.63763	SI	2565.0207	Geométrica	Geodésica Geométrica
BOGOTA-17	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.572221	-74.131655	2584.082	SI	2560.117	Geométrica	Geodésica Geométrica
BOGOTA-19	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.574955	-74.170579	2830.158	SI	2806.454	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-608	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.557268	-74.140091	2666.309	SI	2642	Geocol	A Partir de Datos GPS
CD-608A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.559347	-74.139046	2594.344	SI	2571.805	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-609A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	No certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.567646	-74.138493	2590.448	SI	2566.708	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-610	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.576419	-74.140603	2581.586	SI	2557.873	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-611	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.582441	-74.143052	2580.204	SI	2556.523	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-612	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.586559	-74.144244	2579.025	SI	2555.34	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-614A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.579007	-74.162525	2636.601	SI	2613.43	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-616A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.569125	-74.158512	2728.236	SI	2704.8	Geocol	A Partir de Datos GPS
CD-617A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.559013	-74.162083	2875.333	SI	2851.9	Geocol	A Partir de Datos GPS
CD-874	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.554986	-74.151584	2634.127	SI	2610.8	Geocol	A Partir de Datos GPS
CD-875	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	No certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.580468	-74.15689	2586.193	SI	2562.765	Geométrica	Geodésica Geométrica
CD-881	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.548823	-74.159681	2857.202	SI	2832.8	Geocol	A Partir de Datos GPS
CT-393	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.5595	-74.171007	2909.555	SI	2886.1	Geocol	A Partir de Datos GPS
MOCHUELO-1637A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.500584	-74.161195	3413.499	SI	3386.8	Geocol	A Partir de Datos GPS
NP-121-CD	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.546232	-74.136374	2596.333	SI	2572.347	Geométrica	Geodésica Geométrica
QUIBA-CX-2050-2	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.527182	-74.15657	3060.968	SI	3036.5	Geocol	A Partir de Datos GPS
SAZ-CD-1637A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.505932	-74.16619	3217.036	SI	3190.3	Geocol	A Partir de Datos GPS
SAZ-CD-614A	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.57518	-74.17049	2818.66713	SI	2795.1665	Geométrica	Geodésica Geométrica

NAME	MUNICIPIO	DEPARTAMEN	ESTADO_PUN	ESTADO_MOJ	TIPO_PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA_ELI	OFICIAL_EL	ALTURA_NIV	TIPO_ALTUR	METODO_DET
SAZ-CD-874	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.557695	-74.151006	2611.215	SI	2587.9	Geocol	A Partir de Datos GPS
SAZ-CD-875	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	No certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.581207	-74.152796	2584.668	SI	2561.248	Geométrica	Geodésica Geométrica
SAZ-CD-881	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.5512	-74.162635	2853.131	SI	2829.8	Geocol	A Partir de Datos GPS
SAZ-CX-2050-2	BOGOTÁ, D.C.	Bogotá, D.C.	Certificable	NO_DOCUMENTADO	GEODESICO	4.535316	-74.154647	3006.092	SI	2982.8	Geocol	A Partir de Datos GPS

Durante la búsqueda de estaciones, el día 18 de noviembre de 2019, fueron localizadas 3 estaciones pasivas del IGAC.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas geográficas de cada mojón encontrados de la zona.

Tabla 4. Información Exploración Vértices hallados

NOMBRE	X	Y	Z	LATITUD	LONGITUD	AL. ELIPSO
CD-616A	1736330.21	-6119145.076	504920.435	4.569	-74.159	2728.236
CD-610	1738185.25	-6118399.557	505713.031	4.576	-74.141	2581.586
CD-611	1737908.77	-6118421.37	506377.005	4.582	-74.143	2704.800

La ilustración 12 muestra la localización de los vértices hallados durante las actividades de exploración.

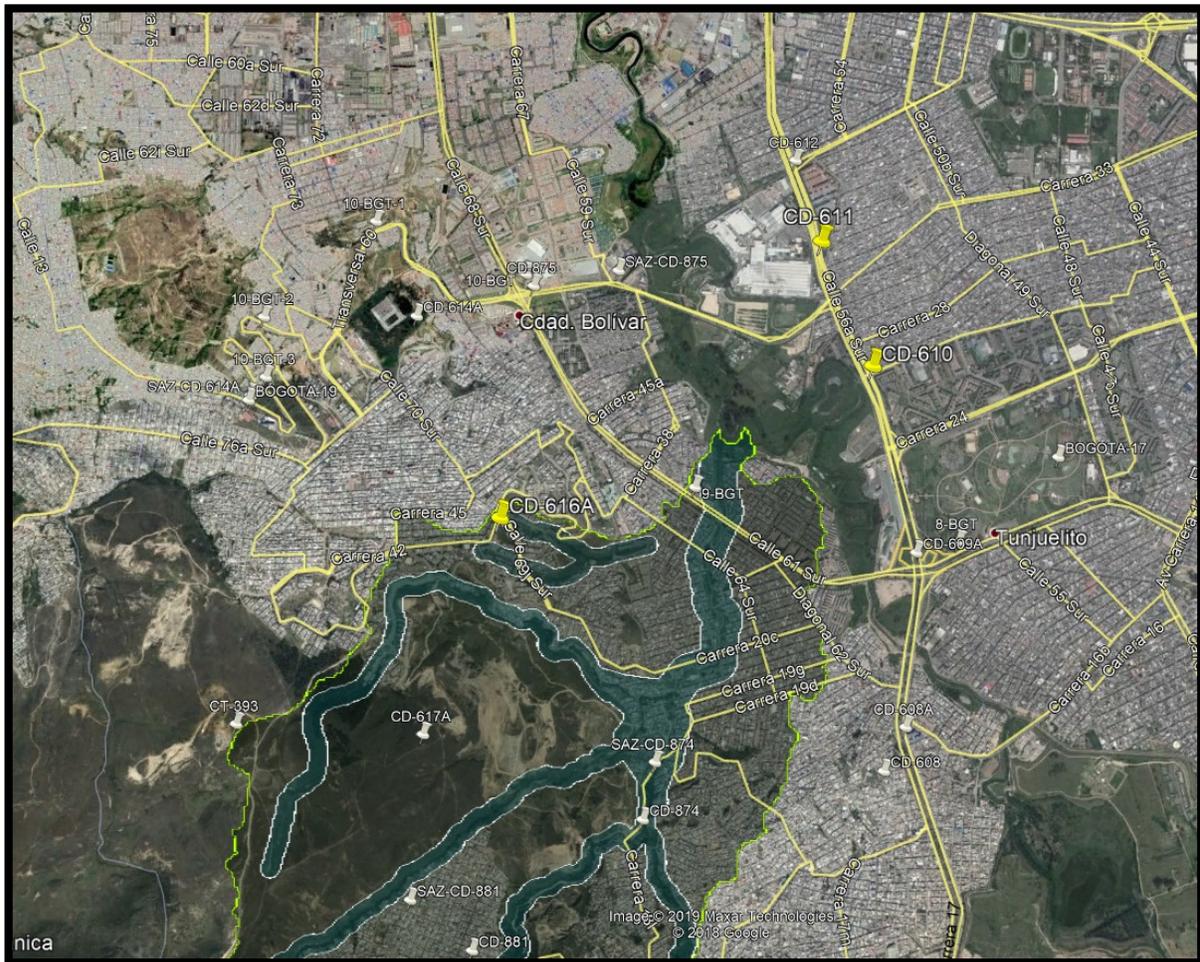


Ilustración 12. Vértices IGAC localizados

En el siguiente registro fotográfico se muestran puntos encontrados de las estaciones pasivas



Ilustración 13. Punto encontrado CD – 610



Ilustración 14. Punto encontrado CD – 611



Ilustración 15. Punto encontrado CD – 616 A

7.1.2 MATERIALIZACIÓN DE VERTICES

Realizados los estudios previos, y teniendo en cuenta la disposición de los puntos existentes y el cauce objeto de estudio, se realizó el diseño y materialización de la densificación de la red geodésica principal para el proyecto. Se planificó la materialización de 12 vértices (6 parejas), distribuidos como se observa en la Ilustración 16. Los vértices se identificaron como GPS-##.

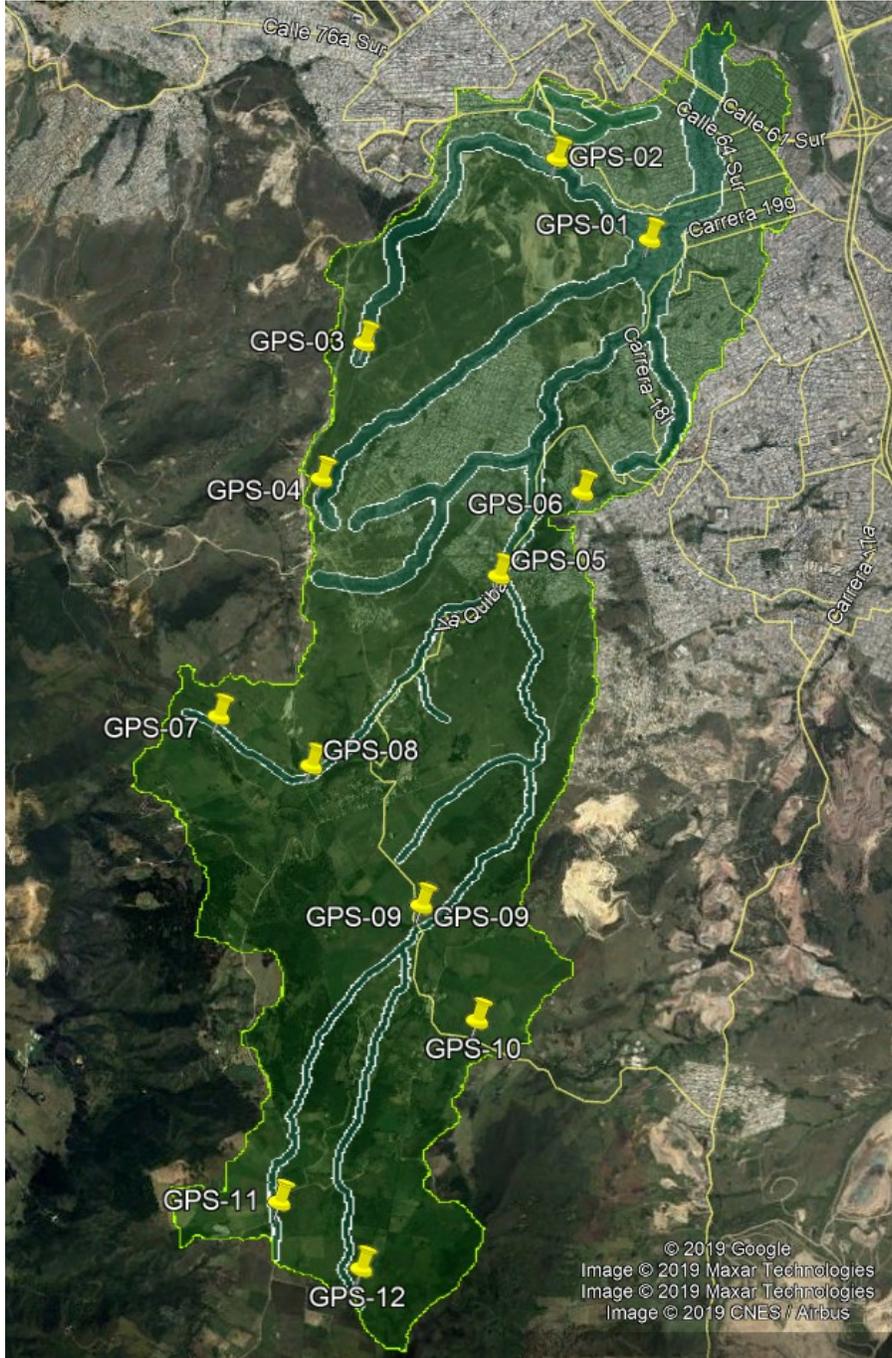


Ilustración 16. Disposición densificación vértices red geodésica

FUENTE: Propia

También se planificó la distribución de puntos BM, cada 500 metros, que sirvan como puntos de cierre en los levantamiento topográficos.

Las actividades de materialización, tanto de red geodésica como de puntos BM, se llevaron a cabo entre los días 19 de noviembre y 16 de diciembre de 2019. La materialización de estos puntos se realizó sobre suelo estable, libre de erosión y deslizamiento, garantizando la rigidez del monumento. Se llevó a cabo siguiendo las especificaciones requeridas.

Los vértices principales se ubicaron por parejas en inmediaciones de los canales objeto del estudio. Se fabricaron utilizando concreto reforzado con las siguientes dimensiones: 0.25 m x 0.25 m de base, 0.60 m de altura sobresaliendo 0.15 m del terreno. Además de ello cuentan con su respectiva placa de identificación fabricada en Aluminio, como se muestra a continuación en las siguientes ilustraciones.

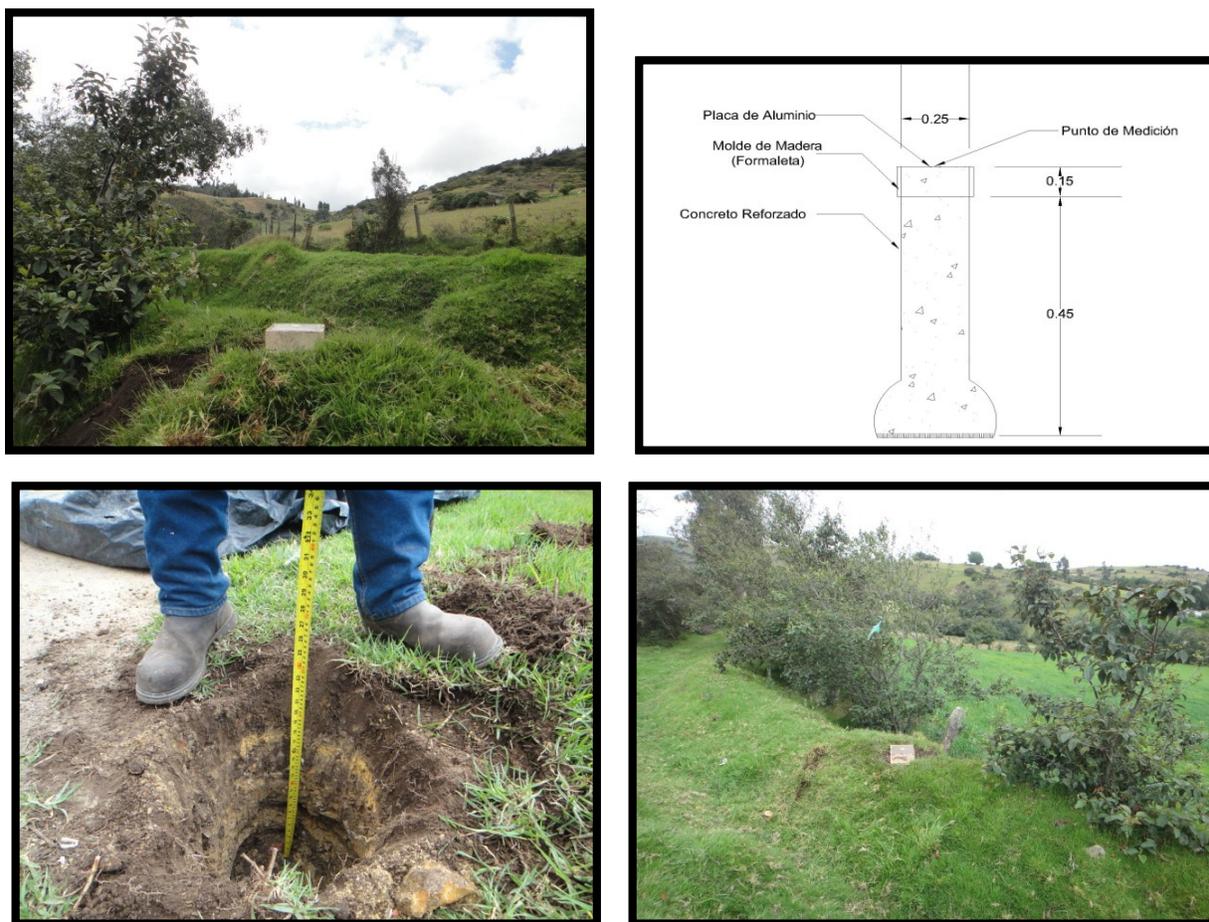


Ilustración 17. Materialización vértice principal



Ilustración 18. Placa aluminio mojón red principal
FUENTE: Propia

Los puntos BM fueron amtrializados cada 500 metros, siguiendo las especificaciones y como se muestra en las siguientes imágenes.

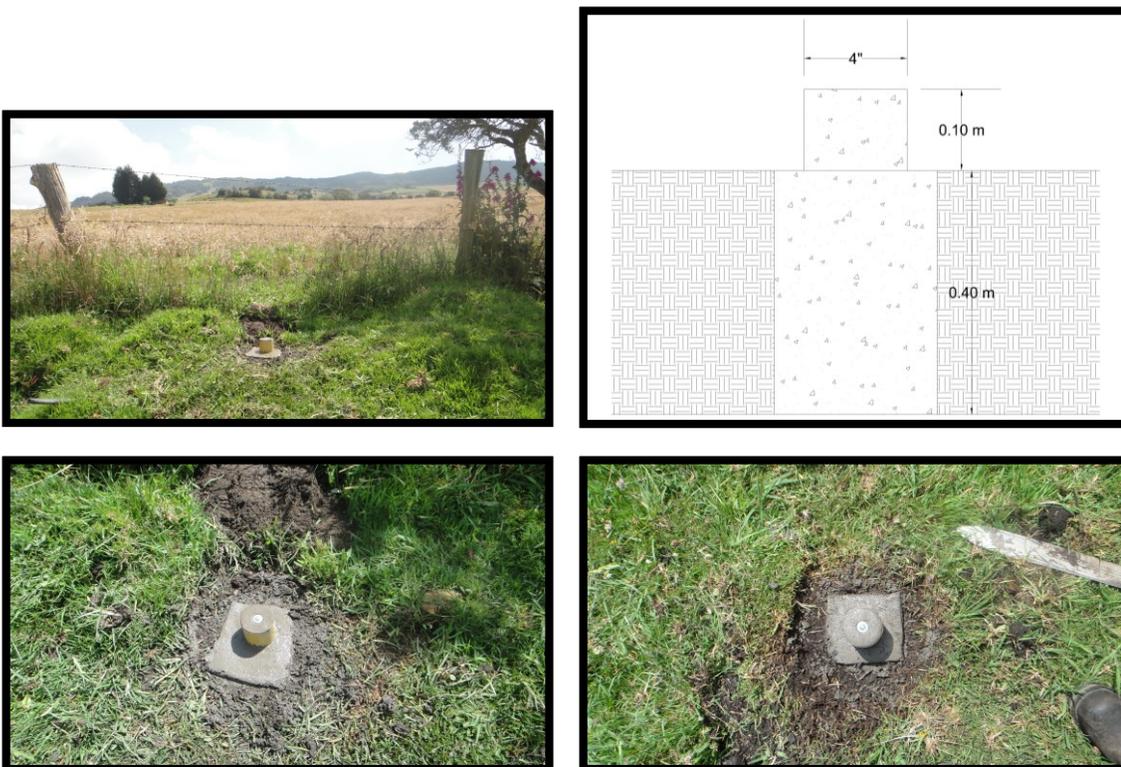


Ilustración 19. Materialización punto BM

La tabla 5 muestra las coordenadas aproximadas donde se realizó materialización

Tabla 5. Materialización de vértices y BM para cierres

PUNTO	FOTOS	GPX	TOPÓGRAFO	FECHA	COORDENADAS NAVEGADAS		
					ELEVATION	LONGITUD	LATITUD
GPS01	SI	SI	003-GPO	22/11/2019	2491.927490	-74.147900	4.5727
GPS02	SI	SI	003-GPO	22/11/2019	2535.809326	-74.147700	4.5694
GPS03	SI	SI	003-GPO	22/11/2019	2759.033691	-74.163400	4.5642
GPS04	SI	SI	003-GPO	22/11/2019	2734.322754	-74.164800	4.5619
GPS05	SI	SI	003-GPO	20/11/2019	2797.046387	-74.158200	4.5464
GPS06	SI	SI	003-GPO	20/11/2019	2813.252000	-74.158200	4.5432
GPS07	SI	SI	003-GPO	20/11/2019	3069.243652	-74.174500	4.5265
GPS08	SI	SI	003-GPO	20/11/2019	3023.198975	-74.171600	4.5281
BM01	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3219.904785	-74.173900	4.4983
BM02	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3204.259766	-74.173500	4.5038
BM03	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3203.641846	-74.173400	4.5076
BM04	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3154.138916	-74.171900	4.5095
BM05	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3110.629883	-74.171700	4.5115
BM06	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3086.795410	-74.170400	4.5135
BM07	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3054.018799	-74.169000	4.5152
BM08	SI	SI	003-GPO	23/11/2019	3035.473877	-74.167200	4.5168
BM09	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3304.041748	-74.168493	4.4961
BM10	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3255.345703	-74.169604	4.4983
BM11	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3234.292969	-74.169939	4.5001
BM12	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3198.197021	-74.169566	4.5019
BM13	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3176.361084	-74.170372	4.5033
BM14	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3170.840576	-74.170174	4.5055
BM15	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3133.399902	-74.168983	4.5066
BM16	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3112.327148	-74.167811	4.5098
BM17	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3092.438232	-74.168259	4.5125
BM18	SI	SI	003-GPO	25/11/2019	3040.963623	-74.165769	4.5157
BM19	SI	SI	003-GPO	26/11/2019	3020.797607	-74.164002	4.5199
BM20	SI	SI	003-GPO	26/11/2019	3013.072510	-74.162069	4.5212
BM21	SI	SI	003-GPO	26/11/2019	2987.599854	-74.160271	4.5231
BM22	SI	SI	003-GPO	26/11/2019	2972.540527	-74.159196	4.5254
BM23	SI	SI	003-GPO	26/11/2019	2949.823730	-74.158665	4.5276
BM24	SI	SI	003-GPO	26/11/2019	3034.163086	-74.166635	4.5223
BM25	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	3011.976318	-74.165619	4.5243
BM26	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2988.627197	-74.163969	4.5261
BM27	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2984.577148	-74.162610	4.5278
BM28	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2970.834473	-74.160577	4.5290

PUNTO	FOTOS	GPX	TOPÓGRAFO	FECHA	COORDENADAS NAVEGADAS		
					ELEVATION	LONGITUD	LATITUD
BM29	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2948.670654	-74.158193	4.5288
BM30	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	3061.160156	-74.180633	4.5315
BM31	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	3065.032227	-74.178759	4.5307
BM32	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	3058.178711	-74.177447	4.5301
BM33	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	3045.366699	-74.174465	4.5286
BM34	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	3017.303711	-74.170032	4.5288
BM36	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2926.305176	-74.166854	4.5328
BM37	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2916.559570	-74.165010	4.5348
BM38	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2881.899902	-74.163861	4.5375
BM39	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2861.887939	-74.161819	4.5378
BM40	SI	SI	003-GPO	27/11/2019	2851.901367	-74.160153	4.5392
BM35	SI	SI	003-GPO	28/11/2019	2954.652832	-74.168585	4.5302
BM41	SI	SI	003-GPO	28/11/2019	2979.196533	-74.164156	4.5308
BM42	SI	SI	003-GPO	28/11/2019	2937.531006	-74.165398	4.5328
BM43	SI	SI	003-GPO	28/11/2019	2951.127930	-74.157868	4.5318
BM44	SI	SI	003-GPO	28/11/2019	2933.357910	-74.157902	4.5341
BM45	SI	SI	003-GPO	28/11/2019	2898.682373	-74.158346	4.5368
BM46	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2834.963623	-74.159696	4.5414
BM47	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2806.351562	-74.158239	4.5444
BM48	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2835.769043	-74.156622	4.5488
BM49	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2765.197021	-74.157682	4.5507
BM50	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2738.430908	-74.156321	4.5519
BM51	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2667.299072	-74.153787	4.5535
BM52	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2649.271484	-74.152829	4.5551
BM54	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2923.351562	-74.171286	4.5456
BM53	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2951.287109	-74.172385	4.5443
BM55	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2881.658691	-74.170163	4.5478
BM56	SI	SI	003-GPO	29/11/2019	2852.434082	-74.168437	4.5492
BM57	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2838.712891	-74.166412	4.5503
BM58	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2826.117432	-74.164580	4.5518
BM59	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2826.929932	-74.162949	4.5533
BM60	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2821.506104	-74.160959	4.5545
BM61	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2814.109863	-74.159060	4.5561
BM62	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2713.926025	-74.156910	4.5572
BM63	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2664.002930	-74.154505	4.5573
BM64	SI	SI	003-GPO	30/11/2019	2616.526123	-74.152657	4.5588
BM65	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2730.490723	-74.153121	4.5467
BM66	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2737.963623	-74.150673	4.5469
BM67	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2696.678955	-74.149336	4.5492

PUNTO	FOTOS	GPX	TOPÓGRAFO	FECHA	COORDENADAS NAVEGADAS		
					ELEVATION	LONGITUD	LATITUD
BM68	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2682.821289	-74.149590	4.5514
BM69	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2653.967773	-74.150962	4.5534
AUX-BM69	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2627.156982	-74.151174	4.5553
BM70	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2620.165283	-74.151508	4.5573
BM71	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2600.611084	-74.150412	4.5586
BM72	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2593.931152	-74.150271	4.5611
AUX-BM72	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2589.287109	-74.149272	4.5626
BM73	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2582.695557	-74.147841	4.5629
BM74	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2583.151123	-74.147734	4.5650
BM75	SI	SI	003-GPO	3/12/2019	2574.965088	-74.148460	4.5674
BM76	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2900.709717	-74.169177	4.5528
BM77	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2830.349609	-74.168842	4.5552
BM78	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2870.368652	-74.167948	4.5575
BM79	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2835.470703	-74.167468	4.5602
BM80	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2747.363037	-74.163508	4.5662
BM81	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2731.920898	-74.161364	4.5671
BM82	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2700.134033	-74.159425	4.5662
BM83	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2675.963379	-74.157070	4.5643
BM84	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2656.473145	-74.155070	4.5626
BM85	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2618.340088	-74.153922	4.5630
BM86	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2601.756104	-74.151698	4.5613
BM87	SI	SI	003-GPO	5/12/2019	2598.462158	-74.150515	4.5614

Los mojones se materializaron en sitios estables y protegidos, donde no serán estropeados por maquinaria, vehículos o animales.

Como evidencia y material de apoyo a la localización de estos mojones, se entregan como anexos a este informe, las fichas descriptivas de acceso para cada punto materializado, donde se aprecia información referente al mojón como coordenadas, registro fotográfico, información de localización y acceso. A continuación, se muestra un ejemplo.

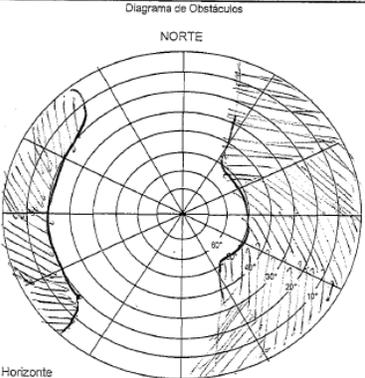
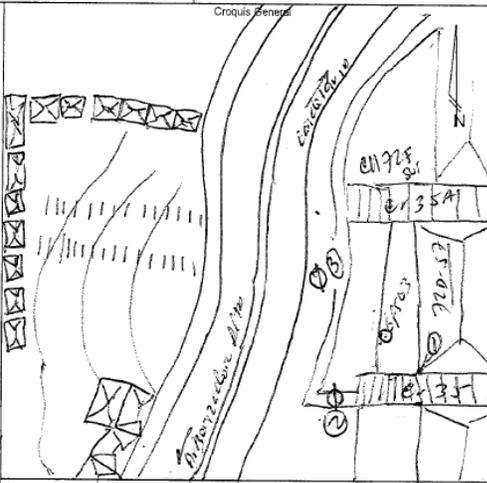
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.			DESCRIPCIÓN DE PUNTOS MATERIALIZADOS		FECHA 07-12-2019															
Proyecto:			Código del Proyecto:		Hoja 1 de 1															
					Nombre del Punto: <i>GPS-03</i> Departamento: <i>CUNDINAMARCA</i> Municipio: <i>BUCARA</i> Vereda: <i>BARRO PAVONIZADO ALTA</i> <small>Fotografía del Mojon</small>															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>OBJETO DE REFERENCIA</th> <th>AZIMUT</th> <th>DISTANCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. <i>ESQUINA DE CASA</i></td> <td><i>340°</i></td> <td><i>10 mts</i></td> </tr> <tr> <td>2. <i>POSTE DE TELEFONO</i></td> <td><i>20°</i></td> <td><i>10 mts</i></td> </tr> <tr> <td>3. <i>POSTE DE LUZ COMPANA</i></td> <td><i>170°</i></td> <td><i>16 mts</i></td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			OBJETO DE REFERENCIA	AZIMUT	DISTANCIA	1. <i>ESQUINA DE CASA</i>	<i>340°</i>	<i>10 mts</i>	2. <i>POSTE DE TELEFONO</i>	<i>20°</i>	<i>10 mts</i>	3. <i>POSTE DE LUZ COMPANA</i>	<i>170°</i>	<i>16 mts</i>	4.			Descripción del acceso al punto: <i>El punto está localizado en el barrio BARRO PAVONIZADO EN EL LOGRADO E DE LA VIA EL PROFESOR FRENTE A LA CALLE CON PLACA ER 35770-57</i>		<small>Fotografía de la placa</small>
OBJETO DE REFERENCIA	AZIMUT	DISTANCIA																		
1. <i>ESQUINA DE CASA</i>	<i>340°</i>	<i>10 mts</i>																		
2. <i>POSTE DE TELEFONO</i>	<i>20°</i>	<i>10 mts</i>																		
3. <i>POSTE DE LUZ COMPANA</i>	<i>170°</i>	<i>16 mts</i>																		
4.																				
SISTEMA DE REFERENCIA DEL PROYECTO Datum - ITRF Proyección y Origen:			OBSERVACIONES: <i>(INCORPORACION)</i>		DIMENSIONES DEL MONUMENTO Dimensión cara superior: x x cm Dimensión cara inferior: x x cm Altura desde el terreno: cm															
COORDENADAS GEOGRÁFICAS Latitud: <i>04° 33' 51.30</i> Longitud: <i>76° 09' 48.20</i> h_Elipsoidal: <i>2772</i>			COORDENADAS PLANAS Este: Norte: H_Ortométrica:		Fecha de materialización:															
Persona que materializó: <i>Gerardo Pinedo</i>			Empresa que materializó: <i>INCIGE S.A.S</i>																	

Ilustración 20. Ficha descriptiva de acceso vértice GPS-03

7.1.3 GEORREFERENCIACIÓN HORIZONTAL

Se planificó la ocupación GNSS de los puntos materializados de manera que el posicionamiento de puntos que conforman una pareja fuera simultáneo. Adicionalmente, se establecieron como puntos base para la determinación de coordenadas las estaciones MAGNA-ECO BOGA, BOGT y ABPD, ubicadas en la ciudad de Bogotá.

La determinación de los puntos de la red geodésica se realizó por medio del Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS), en modo estático diferencial, empleando para dicha labor georreceptores de primer orden de doble frecuencia, que se usaron como bases y como rover (o remotos) y se instalaron en cada uno de los puntos materializados, operando con observaciones continuas y simultáneas, con tiempos de rastreo de 1.5 horas para los puntos de la red principal y de mínimo 25 minutos para los puntos BM. Se utilizaron los puntos de la red principal como puntos base para la determinación de coordenadas de los puntos BM.

La ocupación de los vértices implicó, entre otros, los siguientes requerimientos:

- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 4

- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 5
- Mascara de elevación de 10 grados
- Exclusión de satélites descompuestos.
- Recolección de datos para tres dimensiones.
- Levantamiento en modo diferencial
- Rata de rastreo y compactación de 1 segundo (15 segundos para estaciones permanentes MAGNA-ECO).

La ocupación de puntos, por medio de GPS en modo estático diferencial, se llevó a cabo entre los días 6, 7 y 9 de diciembre de 2019 para la red geodésica (correspondientes a los días julianos 340, 341 y 343) y durante los días 10 a 29 de diciembre para los puntos BM.

Tabla 6. Posicionamiento de vértices

ID de punto	Método	Fecha	Operador
BM01	GNSS	12/13/2019	Gerardo Pico
BM02	GNSS	12/11/2019	Gerardo Pico
BM03	GNSS	12/11/2019	Gerardo Pico
BM04	GNSS	12/11/2019	Gerardo Pico
BM05	GNSS	12/12/2019	Gerardo Pico
BM06	GNSS	12/12/2019	Gerardo Pico
BM07	GNSS	12/12/2019	Gerardo Pico
BM08	GNSS	12/12/2019	Gerardo Pico
BM09	GNSS	12/10/2019	Gerardo Pico
BM10	GNSS	12/10/2019	Gerardo Pico
BM11	GNSS	12/10/2019	Gerardo Pico
BM12	GNSS	12/10/2019	Gerardo Pico
BM13	GNSS	12/10/2019	Gerardo Pico
BM14	GNSS	12/10/2019	Gerardo Pico
BM15	GNSS	12/13/2019	Gerardo Pico
BM16	GNSS	12/13/2019	Gerardo Pico
BM17	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM18	GNSS	12/12/2019	Gerardo Pico
BM19	GNSS	12/12/2019	Gerardo Pico
BM20	GNSS	12/14/2019	Gerardo Pico
BM21	GNSS	12/14/2019	Gerardo Pico
BM22	GNSS	12/14/2019	Gerardo Pico
BM23	GNSS	12/14/2019	Gerardo Pico
BM24	GNSS	12/14/2019	Gerardo Pico
BM29	GNSS	12/14/2019	Gerardo Pico
BM30	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico
BM31	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico
BM32	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico

ID de punto	Método	Fecha	Operador
BM33	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico
BM34	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico
BM35	GNSS	12/16/2019	Jose Luis Rodriguez
BM36	GNSS	12/16/2019	Jose Luis Rodriguez
BM37	GNSS	12/16/2019	Jose Luis Rodriguez
BM38	GNSS	12/16/2019	Jose Luis Rodriguez
BM39	GNSS	12/16/2019	Jose Luis Rodriguez
BM40	GNSS	12/16/2019	Jose Luis Rodriguez
BM41	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico
BM42	GNSS	12/16/2019	Gerardo Pico
BM43	GNSS	12/17/2019	Gerardo Pico
BM47	GNSS	12/17/2019	Gerardo Pico
BM48	GNSS	12/17/2019	Gerardo Pico
BM50	GNSS	12/17/2019	Gerardo Pico
BM51	GNSS	12/17/2019	Gerardo Pico
BM52	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM63	GNSS	12/26/2019	Diego Rodriguez
BM65	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM67	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM68	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM69	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM70	GNSS	12/18/2019	Gerardo Pico
BM76	GNSS	12/27/2019	Diego Rodriguez
BM80	GNSS	12/27/2019	Diego Rodriguez
BM84	GNSS	12/28/2019	Diego Rodriguez
BM89	GNSS	12/19/2019	Jose Luis Rodriguez
BM92	GNSS	12/29/2019	Diego Rodriguez
GPS-01	GNSS	12/9/2019	Gerardo Pico
GPS-02	GNSS	12/9/2019	Jose Luis Rodriguez
GPS-03	GNSS	12/7/2019	Gerardo Pico
GPS-04	GNSS	12/7/2019	Jose Luis Rodriguez
GPS-05	GNSS	12/7/2019	Gerardo Pico
GPS-06	GNSS	12/7/2019	Jose Luis Rodriguez
GPS-07	GNSS	12/9/2019	Jose Luis Rodriguez
GPS-08	GNSS	12/9/2019	Gerardo Pico
GPS-09	GNSS	12/6/2019	Jose Luis Rodriguez
GPS-10	GNSS	12/6/2019	Gerardo Pico
GPS-11	GNSS	12/6/2019	Jose Luis Rodriguez
GPS-12	GNSS	12/6/2019	Gerardo Pico

En las siguientes imágenes se muestra el proceso de ocupación GNSS de los puntos materializados que componen la red geodésica principal. Se puede observar la estabilidad y nivelación adecuada a los equipos, mediante instrumentos de apoyo, para realizar la ocupación.



Ilustración 22. Ocupación GNSS vertices red geodésica

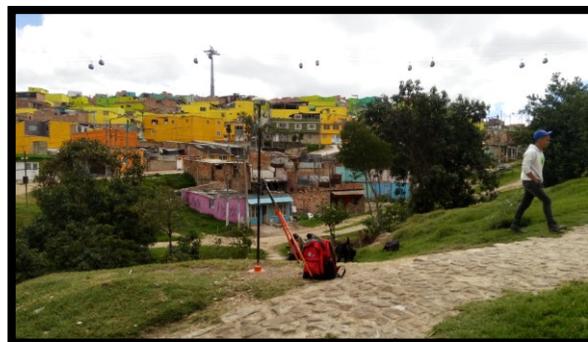




Ilustración 23. Ocupación GNSS punto BM

7.1.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En oficina se realizó la descarga y procesamiento de la información para obtener las coordenadas y elevación de cada punto materializado, aplicando todos los pasos de la metodología que recomienda el IGAC para cálculo de puntos determinados por el sistema de GNSS.

Para la georreferenciación de los estudios fue necesario utilizar como apoyo las estaciones continuas BOGA, BOGT y ABPD. A partir de estas estaciones se realizó la determinación de coordenadas para la red geodésica y se realizó el traslado de coordenadas a los puntos de cierre BM.

Los pasos que se siguieron se relacionan a continuación:

- Sistema de coordenadas: La información producida se entrega en el DATUM MAGNA-SIRGAS referido al Elipsoide WGS84. El Sistema de Proyección GAUSS KRUEGER origen Bogotá.
- Se realizó la descarga de los archivos rinex, de las estaciones MAGNA-ECO, desde el servidor que dispone el IGAC para este procedimiento.
- Obtención de coordenadas calculadas para la semana (2079) de las estaciones continuas SIRGAS-CON desde la página web respectiva: <http://www.sirgas.org>.
- Obtención de las efemérides para los días en que se llevó a cabo posicionamiento, desde la página https://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html.
- Se llevó a cabo la solución de cada vector obtenido, hecha la verificación de cada antena y altura instrumental con los formatos de campo de ocupación GPS.
- Ajuste red principal: En la Siguiete ilustración se muestra el esquema de determinación de las los vertices de la red principal, a partir de las estaciones permanentes MAGNA-ECO.

A continuación, se muestra el esquema de determinación de los puntos de cierre BM a partir de la red geodésica principal.

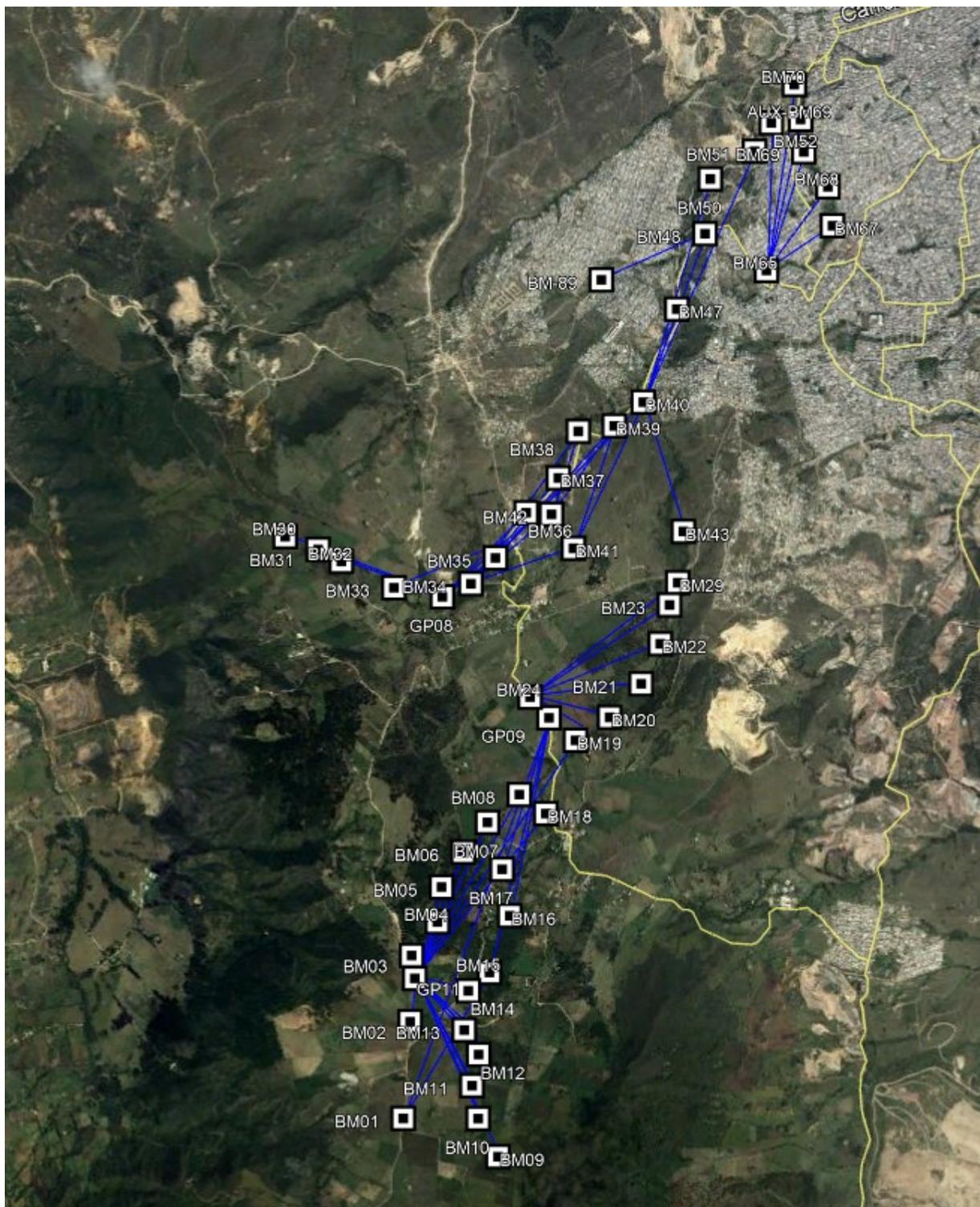


Ilustración 25. Esquema de determinación de puntos de cierre BM

- Conversión de coordenadas a proyección correspondiente: Gauss Krueger – origen Bogotá.
- Cálculo de velocidades, utilizando el modelo de velocidades Vemos2017 y se realizó el traslado de época a 2018.00.
- Se elaboraron los cuadros con los resúmenes de coordenadas finales, que se pueden observar en el *anexo 12. red geodesica 12.4 Resumen de Coordenadas*.

7.1.5 PRECISIONES

Asumiendo una buena distribución geométrica de los satélites en el espacio (PDOP <5), más de 4 satélites comunes entre el receptor de la base y los receptores remotos, ausencia de los objetos que produzcan múltiples reflexiones de las señales y periodos de baja actividad atmosférica con receptores GPS de doble frecuencia se obtiene en modo Estático:

- Horizontal: 0.020 m + 1.0 ppm
- Vertical: 0.050 m + 1.0 ppm
- Azimut: 0.15 + 1.5 / Long. De la línea base (Km).

Como resultado del procesamiento de la información se entrega lo siguiente:

- “Esquema de Ocupación de Puntos”: Documento que muestra la radiación de la línea BASE - ROVER para la determinación de cada uno de los puntos.
- “Informe de Ajuste de Red”: Documento que muestra las Estadísticas del Ajuste de la línea Determinada.
- “Informe de Procesamiento de Líneas Base”: Documento en las que se muestra que las líneas o vectores tuvieron una solución “fija” es decir que están dentro del rango determinado de calidad y precisión.
- “Informe de Derivaciones de Puntos”: Documento que muestra el resumen y desarrollo del proceso de cálculo y ajuste de la Red Geodésica determinada bajo parámetros Topográficos y Geodésicos.

Los reportes de Procesamiento y ajuste se pueden observar en el *anexo 12. red geodesica 12.5 Reportes Cálculo GNSS*.

7.1.6 GEORREFERENCIACIÓN VERTICAL

El cálculo de alturas ortométricas se realizó por medio de la determinación de alturas sobre el nivel del mar a partir de alturas elipsoidales, obtenidas mediante Sistema Global de Navegación por Satélite - GNSS. Se implementó la metodología “Puntos dispuestos a lo largo de un perfil” que establece el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC en la “Guía Metodológica para la Obtención de Alturas Utilizando el sistema GPS” y se realizó un ajuste por mínimos cuadrados en una hoja de cálculo de Excel. El documento en mención se puede apreciar en el *anexo 12.8 Cálculo de Alturas Ortométricas*.

Siguiendo los pasos descritos en la guía metodológica, se construyó un perfil con puntos geodésicos IGAC existentes en la zona, para trasladar cota de la siguiente manera: Se inicia circuito en el vértice 8-BGT-1, localizado en la ciudad de Bogotá, trasladando el circuito por los vértices

BOGOTÁ-14, 12-BGT, 11-BGT, B9-S-1, 10-BGT-1, 10-BGT, GP01, 9-BGT, GPS-02, GPS-03, GPS-04, GPS-05, GPS-06, GPS-08, GPS-07, GPS-09, GPS-10, GPS-11, GPS-12, 8-BGT, 8-BGT-1, 8-BGT-2, BOGOTÁ-18, 8-BGT-3, BOGOTÁ-20, B12-CM-15, CD-A17-CM-15 y se finaliza el circuito en el punto B12-CM-15 localizado en Bogotá D.C, y con los cuales se conforma el circuito principal para el traslado de cota, como se muestra en la Ilustración 26. La corrección a cada punto es de 0.025 metros, lo que se encuentra dentro del nivel de conformidad para la escala 1:2000. Los residuales obtenidos para cada vértice, se pueden apreciar en la tabla 7.

Tabla 7. Ajuste por mínimos cuadrados

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol 2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^o_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Correción	H _{GPS} Final	
8-BGT-1	2596.451	26.49	2572.615	0.0000	0.0000	0.0000				
BOGOTÁ-14	2581.015	25.74	2557.652	-15.4356	-0.7500	-14.6856	2557.9292	0.025	2557.954	0.302
12-BGT	2574.556	25.70	2551.210	-21.8946	-0.7900	-21.1046	2551.5102	0.025	2551.535	0.325
11-BGT	2580.766	25.79	2557.373	-15.6843	-0.7000	-14.9843	2557.6305	0.025	2557.655	0.282
B9-S-1	2579.454	25.71	2557.323	-16.9966	-0.7800	-16.2166	2556.3982	0.025	2556.423	
10-BGT-1	2634.319	25.93	2610.848	37.8680	-0.5600	38.4280	2611.0428	0.025	2611.068	0.219
10-BGT	2586.024	25.99	2562.492	-10.4261	-0.5000	-9.9261	2562.6887	0.025	2562.714	0.222
GPS-01	2582.055	26.13		-14.3956	-0.3600	-14.0356	2558.5792	0.025	2558.604	
9-BGT	2588.638	26.14	2565.021	-7.8130	-0.3500	-7.4630	2565.1518	0.025	2565.177	0.156
GPS-02	2584.018	26.17		-12.4326	-0.3200	-12.1126	2560.5022	0.025	2560.527	
GPS-03	2765.539	26.18		169.0884	-0.3100	169.3984	2742.0132	0.025	2742.038	
GPS-04	2786.738	26.21		190.2874	-0.2800	190.5674	2763.1822	0.025	2763.207	
GPS-05	2805.609	26.41		209.1584	-0.0800	209.2384	2781.8532	0.025	2781.878	
GPS-06	2827.667	26.45		231.2164	-0.0400	231.2564	2803.8712	0.025	2803.896	
GPS-08	3035.418	26.64		438.9674	0.1500	438.8174	3011.4322	0.025	3011.457	
GPS-07	3067.661	26.67		471.2104	0.1800	471.0304	3043.6452	0.025	3043.670	
GPS-09	3044.911	26.73		448.4604	0.2400	448.2204	3020.8352	0.025	3020.860	
GPS-10	3032.140	26.77		435.6894	0.2800	435.4094	3008.0242	0.025	3008.049	
GPS-11	3216.717	26.91		620.2664	0.4200	619.8464	3192.4612	0.025	3192.486	
GPS-12	3222.685	26.97		626.2344	0.4800	625.7544	3198.3692	0.025	3198.394	
8-BGT	2583.583	26.26	2559.914	-12.8680	-0.2300	-12.6380	2559.9768	0.025	2560.002	0.088
8-BGT-1	2596.451	26.49	2572.615	0.0000	0.0000	0.0000	2572.6148	0.025	2572.640	0.025
8-BGT-2	2600.360	26.59	2576.520	3.9095	0.1000	3.8095	2576.4243	0.025	2576.449	-0.071
BOGOTÁ-18	2626.016	26.68	2602.115	29.5654	0.1900	29.3754	2601.9902	0.025	2602.015	-0.100
8-BGT-3	2665.560	26.86	2641.531	69.1094	0.3700	68.7394	2641.3542	0.025	2641.379	-0.152
BOGOTÁ-20	2792.976	27.05	2768.865	196.5254	0.5600	195.9654	2768.5802	0.025	2768.605	-0.260
B12-CM-15	2691.062	27.04	2666.726	94.6114	0.5500	94.0614	2666.6762	0.025	2666.701	-0.025
CD-A17-CM-15	2937.298	27.34	2912.740	340.8474	0.8500	339.9974	2912.6122	0.025	2912.637	-0.103
B12-CM-15	2691.062	27.04	2666.726	94.6114	0.5500	94.0614	2666.6762	0.025	2666.701	-0.025

Dif = 94.1112

Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la determinación de alturas sobre el nivel medio del mar son:

- Se empleó la *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR UTILIZANDO EL SISTEMA GPS* del IGAC para realizar el cálculo de la altura ortométrica para cada punto. Se adoptó el procedimiento allí descrito para este tipo de trabajos (Guía, página 4).
- Se utilizó modelo geoidal GEOCOL2004 para el cálculo de las ondulaciones geoidales de los puntos.
- Se tomó como base inicial el punto MAGNA-SIRGAS 8-BGT-1. A partir de este vértice se traslada el control hasta el punto BOGOTA-14 el cual se convierte en la nueva base y se traslada control al siguiente punto, hasta finalizar el perfil en B12-CM-15
- Los puntos geodésicos utilizados para el cálculo de alturas ortométricas pertenecen al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS, red terciaria, y cuentan con cota geométrica certificada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

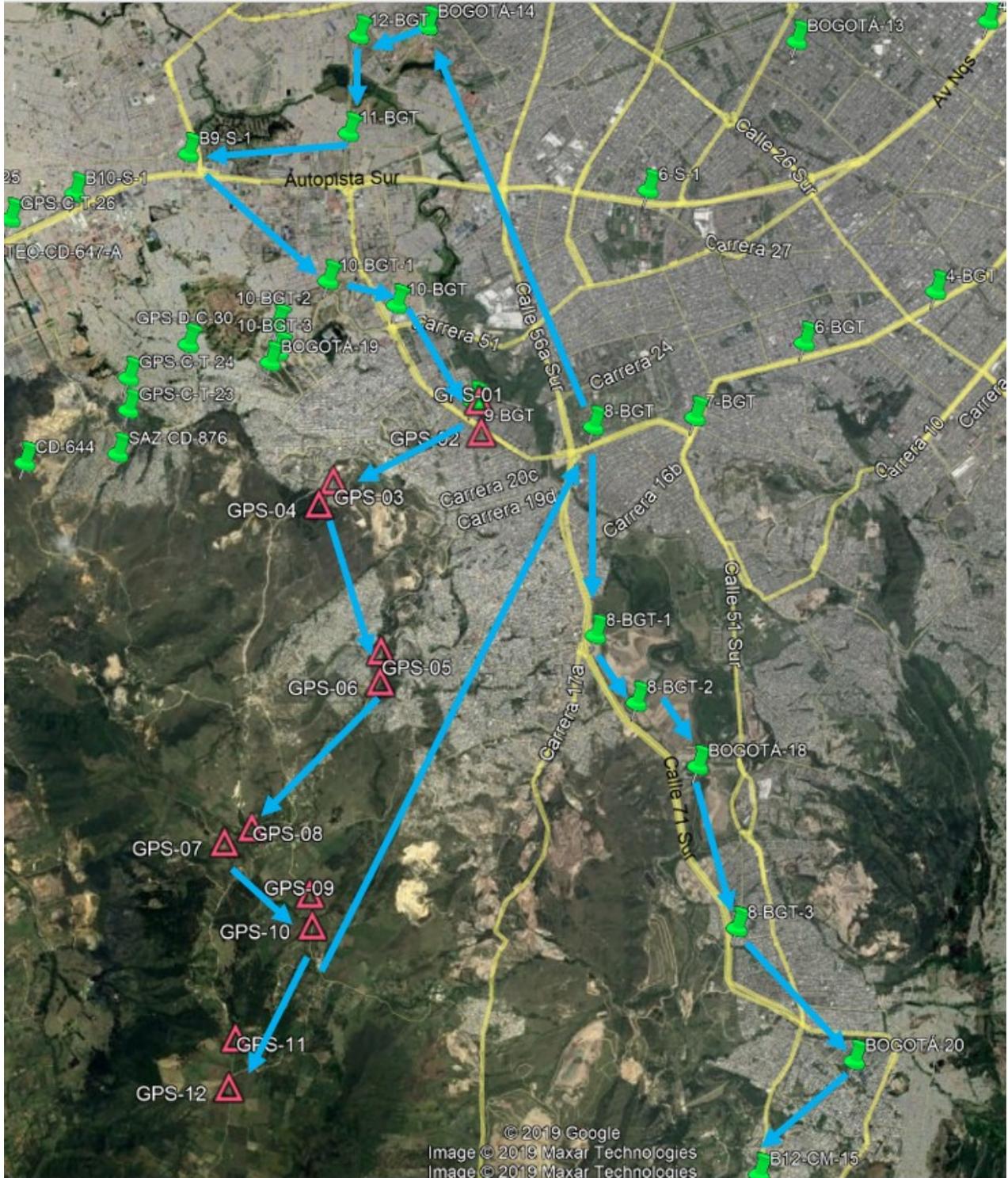


Ilustración 26. Circuito para traslado de cota red principal

Una vez se definió el circuito principal para el traslado de cota, a partir de este se definen los subcircuitos para traslado de cota a los puntos de control BM. La ilustración 3 muestra el esquema del subcircuito construido para el traslado de cota a los puntos base de zonas de control LiDAR, a partir del circuito principal.

Tabla 8. Subcircuito 1

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^{o}_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección n	H _{GPS} Final
GPS-09	3044.911	26.73	3020.860	0.0000	0.0000	0.0000			
BM01	3230.587	27.01		185.6760	0.2800	185.3960	3206.2561	0.000	3206.256
BM02	3212.944	26.94		168.0330	0.2100	167.8230	3188.6831	0.000	3188.683
BM03	3209.935	26.90		165.0240	0.1700	164.8540	3185.7141	0.000	3185.714
BM04	3155.844	26.87		110.9330	0.1400	110.7930	3131.6531	0.000	3131.653
BM05	3115.919	26.85		71.0080	0.1200	70.8880	3091.7481	0.000	3091.748
BM06	3091.401	26.82		46.4900	0.0900	46.4000	3067.2601	0.000	3067.260
BM07	3061.687	26.80		16.7760	0.0700	16.7060	3037.5661	0.000	3037.566
BM08	3040.775	26.78		-4.1360	0.0500	-4.1860	3016.6741	0.000	3016.674
BM09	3314.750	27.01		269.8390	0.2800	269.5590	3290.4191	0.000	3290.419
BM10	3257.956	26.99		213.0450	0.2600	212.7850	3233.6451	0.000	3233.645
BM11	3236.153	26.97		191.2420	0.2400	191.0020	3211.8621	0.000	3211.862
BM12	3199.170	26.95		154.2590	0.2200	154.0390	3174.8991	0.000	3174.899
BM13	3181.366	26.94		136.4550	0.2100	136.2450	3157.1051	0.000	3157.105
BM14	3177.914	26.91		133.0030	0.1800	132.8230	3153.6831	0.000	3153.683
BM15	3143.324	26.90		98.4130	0.1700	98.2430	3119.1031	0.000	3119.103
BM16	3123.186	26.86		78.2750	0.1300	78.1450	3099.0051	0.000	3099.005
BM17	3105.923	26.83		61.0120	0.1000	60.9120	3081.7721	0.000	3081.772
BM18	3047.877	26.79		2.9660	0.0600	2.9060	3023.7661	0.000	3023.766
BM19	3022.047	26.74		-22.8640	0.0100	-22.8740	2997.9861	0.000	2997.986
BM20	3014.959	26.72		-29.9520	-0.0100	-29.9420	2990.9181	0.000	2990.918
BM21	2990.212	26.70		-54.6990	-0.0300	-54.6690	2966.1911	0.000	2966.191
BM22	2975.506	26.67		-69.4050	-0.0600	-69.3450	2951.5151	0.000	2951.515
BM23	2958.397	26.64		-86.5140	-0.0900	-86.4240	2934.4361	0.000	2934.436
BM24	3046.181	26.71		1.2700	-0.0200	1.2900	3022.1501	0.000	3022.150
BM29	2953.472	26.63		-91.4390	-0.1000	-91.3390	2929.5211	0.000	2929.521
D-1	3246.477	26.98		201.5660	0.2500	201.3160	3222.1761	0.000	3222.176
D-2	3190.501	26.94		145.5900	0.2100	145.3800	3166.2401	0.000	3166.240
D-3	3182.228	26.94		137.3170	0.2100	137.1070	3157.9671	0.000	3157.967

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^o_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección	H _{GPS} Final
GPS-09	3044.911	26.73		0.0000	0.0000	0.0000	3020.8601	0.000	3020.860
GPS-11	3216.717	26.91		171.8060	0.1800	171.6260	3192.4861	0.000	3192.486
RS1	3173.607	26.88		128.6960	0.1500	128.5460	3149.4061	0.000	3149.406
RS16	3018.000	26.73		-26.9110	0.0000	-26.9110	2993.9491	0.000	2993.949
GPS-12	3222.685	26.97	3198.394	177.7740	0.2400	177.5340	3198.3941	0.000	3198.394

 0.00
0

 Dif = **177.534**

Tabla 9. Subcircuito 2

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^o_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección	H _{GPS} Final
GPS-04	2786.738	26.21	2763.207	0.0000	0.0000	0.0000			
BM30	3082.694	26.60		295.9560	0.3900	295.5660	3058.7731	0.000	3058.773
BM31	3082.157	26.61		295.4190	0.4000	295.0190	3058.2261	0.000	3058.226
BM32	3075.668	26.62		288.9300	0.4100	288.5200	3051.7271	0.000	3051.727
BM33	3055.523	26.64		268.7850	0.4300	268.3550	3031.5621	0.000	3031.562
BM34	3029.899	26.63		243.1610	0.4200	242.7410	3005.9481	0.000	3005.948
BM35	2972.360	26.61		185.6220	0.4000	185.2220	2948.4291	0.000	2948.429
BM36	2935.332	26.58		148.5940	0.3700	148.2240	2911.4311	0.000	2911.431
BM37	2926.486	26.55		139.7480	0.3400	139.4080	2902.6151	0.000	2902.615
BM38	2889.105	26.52		102.3670	0.3100	102.0570	2865.2641	0.000	2865.264
BM39	2869.781	26.52		83.0430	0.3100	82.7330	2845.9401	0.000	2845.940
BM40	2862.304	26.50		75.5660	0.2900	75.2760	2838.4831	0.000	2838.483
BM41	2987.192	26.60		200.4540	0.3900	200.0640	2963.2711	0.000	2963.271
BM42	2945.816	26.58		159.0780	0.3700	158.7080	2921.9151	0.000	2921.915
BM43	2958.612	26.59		171.8740	0.3800	171.4940	2934.7011	0.000	2934.701

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol 2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^{\circ}_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección	H _{GPS} Final
BM47	2813.206	26.44		26.4680	0.2300	26.2380	2789.4451	0.000	2789.445
BM48	2842.668	26.38		55.9300	0.1700	55.7600	2818.9671	0.000	2818.967
BM50	2737.330	26.35		-49.4080	0.1400	-49.5480	2713.6591	0.000	2713.659
BM51	2673.089	26.33		-113.6490	0.1200	-113.7690	2649.4381	0.000	2649.438
JC-4	2956.542	26.60		169.8040	0.3900	169.4140	2932.6211	0.000	2932.621
GPS-08	3035.418	26.64		248.6800	0.4300	248.2500	3011.4571	0.000	3011.457
GPS-07	3067.661	26.67	3043.670	280.9230	0.4600	280.4630	3043.6701	0.000	3043.670

 0.00
0

Dif = 280.463

Tabla 10. Subcircuito 3

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol 2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^{\circ}_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección	H _{GPS} Final
GPS-02	2584.018	26.17	2560.527	0.0000	0.0000	0.0000			
AUX-BM69	2628.802	26.31		44.7840	0.1400	44.6440	2605.1711	0.000	2605.171
BM52	2657.569	26.31		73.5510	0.1400	73.4110	2633.9381	0.000	2633.938
BM65	2791.746	26.41		207.7280	0.2400	207.4880	2768.0151	0.000	2768.015
BM67	2701.867	26.39		117.8490	0.2200	117.6290	2678.1561	0.000	2678.156
BM68	2685.030	26.36		101.0120	0.1900	100.8220	2661.3491	0.000	2661.349
BM69	2658.852	26.33		74.8340	0.1600	74.6740	2635.2011	0.000	2635.201
BM70	2622.461	26.29		38.4430	0.1200	38.3230	2598.8501	0.000	2598.850
BM89	2838.556	26.41		254.5380	0.2400	254.2980	2814.8251	0.000	2814.825
GPS-07	3067.661	26.67	3043.670	483.6430	0.5000	483.1430	3043.6701	0.000	3043.670

 0.00
0

Dif = 483.143

Tabla 11. Subcircuito 4

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol 2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^o_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección	H _{GPS} Final
GPS-03	2765.539	26.18	2742.038	0.0000	0.0000	0.0000			
LIM1	2960.438	26.37		194.8990	0.1900	194.7090	2936.7471	0.000	2936.747
GPS-04	2786.738	26.21	2763.207	21.1990	0.0300	21.1690	2763.2071	0.000	2763.207

 0.00
0

 Dif = **21.169**

Tabla 12. Subcircuito 5

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol 2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^o_{GPSi} = H_{base} + DH_i$	Corrección	H _{GPS} Final
GPS-01	2582.055	26.13	2558.604	0.0000	0.0000	0.0000			
BM63	2671.419	26.28		89.3640	0.1500	89.2140	2647.8181	0.000	2647.818
BM76	2907.438	26.32		325.3830	0.1900	325.1930	2883.7971	0.000	2883.797
BM80	2749.911	26.16		167.8560	0.0300	167.8260	2726.4301	0.000	2726.430
BM84	2662.857	26.22		80.8020	0.0900	80.7120	2639.3161	0.000	2639.316
BM92	2699.810	26.15		117.7550	0.0200	117.7350	2676.3391	0.000	2676.339
GPS-05	2805.609	26.41	2781.878	223.5540	0.2800	223.2740	2781.8781	0.000	2781.878

 0.00
0

 Dif = **223.274**

Tabla 13. Subcircuito 6

CALCULO Y AJUSTE DE ALTURAS GPS, UTILIZANDO GEOCOL 2004

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - DN_i$	$H^{o}_{GPSi} = H_{base} + Dh_i$	Corrección	H _{GPS} Final
GPS-01	2582.055	26.13	2558.604	0.0000	0.0000	0.0000			
BM63	2671.419	26.28		89.3640	0.1500	89.2140	2647.8181	0.000	2647.818
BM76	2907.438	26.32		325.3830	0.1900	325.1930	2883.7971	0.000	2883.797
BM80	2749.911	26.16		167.8560	0.0300	167.8260	2726.4301	0.000	2726.430
BM84	2662.857	26.22		80.8020	0.0900	80.7120	2639.3161	0.000	2639.316
BM92	2699.810	26.15		117.7550	0.0200	117.7350	2676.3391	0.000	2676.339
GPS-05	2805.609	26.41	2781.878	223.5540	0.2800	223.2740	2781.8781	0.000	2781.878

 0.00
 0

Dif = **223.274**

7.1.7 RESUMEN DE COORDENADAS GNSS

A continuación, se relacionan las coordenadas definitivas de la red de apoyo para los trabajos de campo requeridos para el contrato IDIGER-465-2019.

Tabla 14. Resumen de coordenadas red geodésica – época 2018.00

2018.00											Cota Ortométrica	Tipo de punto
Punto	COORDENADAS PLANAS GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		ORIGEN GAUSS CORRESPONDIENTE	COORDENADAS GEODESICAS			COORDENADAS GEOCÉNTRICAS					
	Este (m)	Norte (m)		Latitud N	Longitud W	Altr. Elipsoidal	X,m	Y,m	Z,m			
GP01	992184.787	997404.729	Bogotá	4°34'21.81945"	74°08'52.56901"	2582.055	1737411.2032278	-6118653.7442000	505306.0511556	2558.604	GPS-01	
GP02	992210.252	997034.212	Bogotá	4°34'09.75725"	74°08'51.7417"	2584.018	1737444.3483278	-6118677.0748000	504936.7204556	2560.527	GPS-02	
GP03	990481.196	996470.789	Bogotá	4°33'51.40882"	74°09'47.83312"	2765.539	1735842.0087278	-6119366.5944000	504389.1163556	2742.038	GPS-03	
GP04	990312.239	996199.296	Bogotá	4°33'42.56965"	74°09'53.31327"	2786.738	1735691.0886278	-6119453.8307000	504120.0318556	2763.207	GPS-04	
GP05	991045.801	994495.320	Bogotá	4°32'47.09913"	74°09'29.5093"	2805.609	1736439.3753278	-6119401.7887000	502422.2710556	2781.878	GPS-05	
GP06	991036.450	994140.806	Bogotá	4°32'35.55782"	74°09'29.81137"	2827.667	1736444.0878278	-6119452.5216000	502070.4619556	2803.896	GPS-06	
GP07	989234.292	992292.213	Bogotá	4°31'35.36928"	74°10'28.26638"	3067.661	1734814.9039278	-6120315.2571000	500245.5559556	3043.670	GPS-07	
GP08	989551.810	992462.041	Bogotá	4°31'40.89943"	74°10'17.96684"	3035.418	1735108.0849278	-6120184.7941000	500412.4320556	3011.457	GPS-08	
GP09	990228.726	991698.072	Bogotá	4°31'16.03100"	74°09'56.00479"	3044.911	1735778.7545278	-6120067.1194000	499651.3125556	3020.860	GPS-09	
GP10	990258.541	991336.273	Bogotá	4°31'4.25267"	74°09'55.03616"	3032.140	1735811.8035278	-6120074.1600000	499289.4633556	3008.049	GPS-10	
GP11	989376.411	990052.886	Bogotá	4°30'22.46809"	74°10'23.64651"	3216.717	1735040.6253278	-6120589.0907000	498023.8342556	3192.486	GPS-11	
GP12	989302.135	989492.759	Bogotá	4°30'04.23269"	74°10'26.05354"	3222.685	1734982.8242278	-6120657.3996056	497465.6123556	3198.394	GPS-12	

Tabla 15. Resumen de coordenadas puntos de cierre – época 2018.00

2018.00									Cota Ortométrica	Tipo de punto
Punto	COORDENADAS PLANAS GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		ORIGEN GAUSS CORRESPONDIENTE	COORDENADAS GEODESICAS						
	Este (m)	Norte (m)		Latitud N	Longitud W	Altr. Elipsoidal				
BM01	989303.128	989168.978	Bogotá	4°29'53.69194"	74°10'26.01993"	3230.587	3206.256	Punto de cierre		
BM02	989346.976	989779.402	Bogotá	4°30'13.56462"	74°10'24.60017"	3212.944	3188.683	Punto de cierre		
BM03	989356.345	990197.752	Bogotá	4°30'27.18414"	74°10'24.29802"	3209.935	3185.714	Punto de cierre		
BM04	989519.954	990409.581	Bogotá	4°30'34.08099"	74°10'18.99162"	3155.844	3131.653	Punto de cierre		
BM05	989546.295	990629.884	Bogotá	4°30'41.25313"	74°10'18.13805"	3115.919	3091.748	Punto de cierre		
BM06	989683.770	990850.533	Bogotá	4°30'48.43698"	74°10'13.67941"	3091.401	3067.260	Punto de cierre		
BM07	989837.755	991038.322	Bogotá	4°30'54.55112"	74°10'08.68502"	3061.687	3037.566	Punto de cierre		

2018.00								
Punto	COORDENADAS PLANAS GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		ORIGEN GAUSS CORRESPONDIENTE	COORDENADAS GEODESICAS			Cota Ortométrica	Tipo de punto
	Este (m)	Norte (m)		Latitud N	Longitud W	Altr. Elipsoidal		
BM08	990040.258	991213.813	Bogotá	4°31'00.26509"	74°10'02.11665"	3040.775	3016.674	Punto de cierre
BM09	989904.586	988927.198	Bogotá	4°29'45.82325"	74°10'06.50851"	3314.750	3290.419	Punto de cierre
BM10	989778.669	989167.903	Bogotá	4°29'53.65893"	74°10'10.59406"	3257.956	3233.645	Punto de cierre
BM11	989739.849	989375.893	Bogotá	4°30'00.42995"	74°10'11.85418"	3236.153	3211.862	Punto de cierre
BM12	989781.691	989572.297	Bogotá	4°30'06.82409"	74°10'10.49768"	3199.170	3174.899	Punto de cierre
BM13	989690.248	989726.675	Bogotá	4°30'11.84954"	74°10'13.46461"	3181.366	3157.105	Punto de cierre
BM14	989716.118	989974.625	Bogotá	4°30'19.92172"	74°10'12.62646"	3177.914	3153.683	Punto de cierre
BM15	989850.359	990090.213	Bogotá	4°30'23.68526"	74°10'08.27228"	3143.324	3119.103	Punto de cierre
BM16	989979.533	990448.501	Bogotá	4°30'35.34995"	74°10'04.08346"	3123.186	3099.005	Punto de cierre
BM18	990208.267	991093.493	Bogotá	4°30'56.34871"	74°09'56.66607"	3047.877	3023.766	Punto de cierre
BM19	990396.997	991555.786	Bogotá	4°31'11.39952"	74°09'50.54558"	3022.047	2997.986	Punto de cierre
BM20	990613.908	991701.004	Bogotá	4°31'16.12795"	74°09'43.50964"	3014.959	2990.918	Punto de cierre
BM21	990814.091	991912.851	Bogotá	4°31'23.02544"	74°09'37.01658"	2990.212	2966.191	Punto de cierre
BM22	990935.280	992165.607	Bogotá	4°31'31.25439"	74°09'33.08618"	2975.506	2951.515	Punto de cierre
BM23	990994.027	992410.350	Bogotá	4°31'39.22229"	74°09'31.18130"	2958.397	2934.436	Punto de cierre
BM24	990108.360	991828.763	Bogotá	4°31'20.28519"	74°09'59.90991"	3046.181	3022.150	Punto de cierre
BM29	991046.162	992551.108	Bogotá	4°31'43.80488"	74°09'29.49055"	2953.472	2929.521	Punto de cierre
BM30	988553.963	992842.219	Bogotá	4°31'53.27179"	74°10'50.33865"	3082.694	3058.773	Punto de cierre
BM31	988762.714	992761.333	Bogotá	4°31'50.63947"	74°10'43.56639"	3082.157	3058.226	Punto de cierre
BM32	988910.416	992685.799	Bogotá	4°31'48.18111"	74°10'38.77459"	3075.668	3051.727	Punto de cierre
BM33	989244.007	992519.231	Bogotá	4°31'42.75995"	74°10'27.95218"	3055.523	3031.562	Punto de cierre
BM34	989733.395	992544.498	Bogotá	4°31'43.58458"	74°10'12.07660"	3029.899	3005.948	Punto de cierre
BM35	989888.706	992707.540	Bogotá	4°31'48.89309"	74°10'07.03900"	2972.360	2948.429	Punto de cierre
BM36	990084.132	992993.187	Bogotá	4°31'58.19320"	74°10'00.70051"	2935.332	2911.431	Punto de cierre
BM37	990288.471	993212.129	Bogotá	4°32'05.32172"	74°09'54.07260"	2926.486	2902.615	Punto de cierre
BM38	990414.962	993506.550	Bogotá	4°32'14.90714"	74°09'49.97036"	2889.105	2865.264	Punto de cierre
BM39	990643.280	993540.846	Bogotá	4°32'16.02454"	74°09'42.56376"	2869.781	2845.940	Punto de cierre
BM40	990827.556	993690.992	Bogotá	4°32'20.91326"	74°09'36.58636"	2862.304	2838.483	Punto de cierre
BM41	990384.204	992768.332	Bogotá	4°31'50.87418"	74°09'50.96529"	2987.192	2963.271	Punto de cierre
BM42	990244.754	992982.844	Bogotá	4°31'57.85713"	74°09'55.48989"	2945.816	2921.915	Punto de cierre
BM43	991082.297	992874.733	Bogotá	4°31'54.34070"	74°09'28.31951"	2958.612	2934.701	Punto de cierre
BM47	991040.325	994277.954	Bogotá	4°32'40.02273"	74°09'29.68616"	2813.206	2789.445	Punto de cierre
BM48	991219.492	994754.120	Bogotá	4°32'55.52504"	74°09'23.87556"	2842.668	2818.967	Punto de cierre
BM50	991253.128	995099.935	Bogotá	4°33'06.78326"	74°09'22.78563"	2737.330	2713.659	Punto de cierre
BM51	991534.453	995274.627	Bogotá	4°33'12.47138"	74°09'13.65975"	2673.089	2649.438	Punto de cierre

2018.00								
Punto	COORDENADAS PLANAS GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		ORIGEN GAUSS CORRESPONDIENTE	COORDENADAS GEODESICAS			Cota Ortométrica	Tipo de punto
	Este (m)	Norte (m)		Latitud N	Longitud W	Altr. Elipsoidal		
BM17	989930.936	990741.743	Bogotá	4°30'44.89630"	74°10'05.66111"	3105.923	3081.772	Punto de cierre
BM52	991640.492	995453.984	Bogotá	4°33'18.31074"	74°09'10.22034"	2657.569	2633.938	Punto de cierre
BM65	991609.764	994521.988	Bogotá	4°32'47.96930"	74°09'11.21402"	2791.746	2768.015	Punto de cierre
BM67	992028.959	994804.638	Bogotá	4°32'57.17243"	74°08'57.61594"	2701.867	2678.156	Punto de cierre
BM68	991999.891	995050.314	Bogotá	4°33'05.17036"	74°08'58.55973"	2685.030	2661.349	Punto de cierre
BM69	991846.861	995270.891	Bogotá	4°33'12.35079"	74°09'03.52489"	2658.852	2635.201	Punto de cierre
BM70	991786.599	995696.024	Bogotá	4°33'26.19089"	74°09'05.48128"	2622.461	2598.850	Punto de cierre
BM89	990561.442	994462.938	Bogotá	4°32'46.04312"	74°09'45.22212"	2838.556	2814.825	Punto de cierre
BM63	991458.096	995699.581	Bogotá	4°33'26.30556"	74°09'16.13833"	2671.419	2647.818	Punto de cierre
BM76	989829.097	995204.449	Bogotá	4°33'10.18024"	74°10'08.98295"	2907.438	2883.797	Punto de cierre
BM80	990454.447	996685.545	Bogotá	4°33'58.40013"	74°09'48.70171"	2749.911	2726.430	Punto de cierre
BM84	991392.714	996281.204	Bogotá	4°33'45.24021"	74°09'18.26144"	2662.857	2639.316	Punto de cierre
BM92	991144.246	996868.258	Bogotá	4°34'04.35098"	74°09'26.3242"	2699.810	2676.339	Punto de cierre

Las coordenadas ajustadas se pueden observar en el *anexo 12.4 Coordenadas Ajustadas*.

7.2 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO

Se realizó la topografía de los cauces mediante levantamiento de secciones transversales al eje. El levantamiento topográfico de estos cuerpos de agua es un insumo necesario para la generación del Modelo Digital de Terreno continuo de la zona. A continuación se describen los aspectos técnicos mas importantes durante el levantamiento topobatimétrico.

7.2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

Inicialmente se realiza un reconocimiento de la zona de trabajo, para disponer el personal y los equipos con los que se realizará la captura de información.

Antes de iniciar los trabajos, se revisó que el certificado de calibración de los equipos a utilizar se encontrara vigente para garantizar la calidad de los levantamientos.

7.2.2 DESARROLLO DE POLIGONALES

Mediante estación total con precisión de 2", se realizaron poligonales a lo largo de la zona de estudio, garantizando los cierres requeridos y la calidad de la información levantada.

Se desarrollaron 10 poligonales en total, las cuales son descritas a continuación.

POLIGONAL	METODO DE AJUSTE	PUNTOS GEODÉSICOS	PRECISIÓN
POL1_20191126 al 20191207	COMPASS	GPS-09-GPS-10-BM04-RS01	1:10298.1048
POL2_Proceso 28_06	TRANSITO	BM09-BM10-BM14-BM15	1:11940
POL3_20191202 - 20191206	BRUJULA/BOWDITCH	BM30-BM31-BM35-JC4-BM36	1:10406
POL4_20191206 - 20191210	TRANSITO	BM35-JC4-BM36-BM40-GPS-06	1:11824
POL5_Proceso 07_20	TRANSITO	BM14-BM15-GPS-10-GPS-09	1:13222
POL6_20191209 al 20191213	COMPASS	GPS-10-GPS-09-BM21-BM22	1:35158.0983
POL7_20191212 al 20191216	TRANSITO	GPS-06-BM47-BM50-BM51	1:11669
POL8_20191214 al 20191220	COMPASS	BM21-BM22-BM40-BM39	1:10747.1941
POL9_20191217 al 20191219	TRANSITO	BM50-BM51-AUX-BM69-BM70	1:10036
POL10_20191223 al 20191227	COMPASS	BM65-BM67-BM69-AUX-BM69	1:13181.447

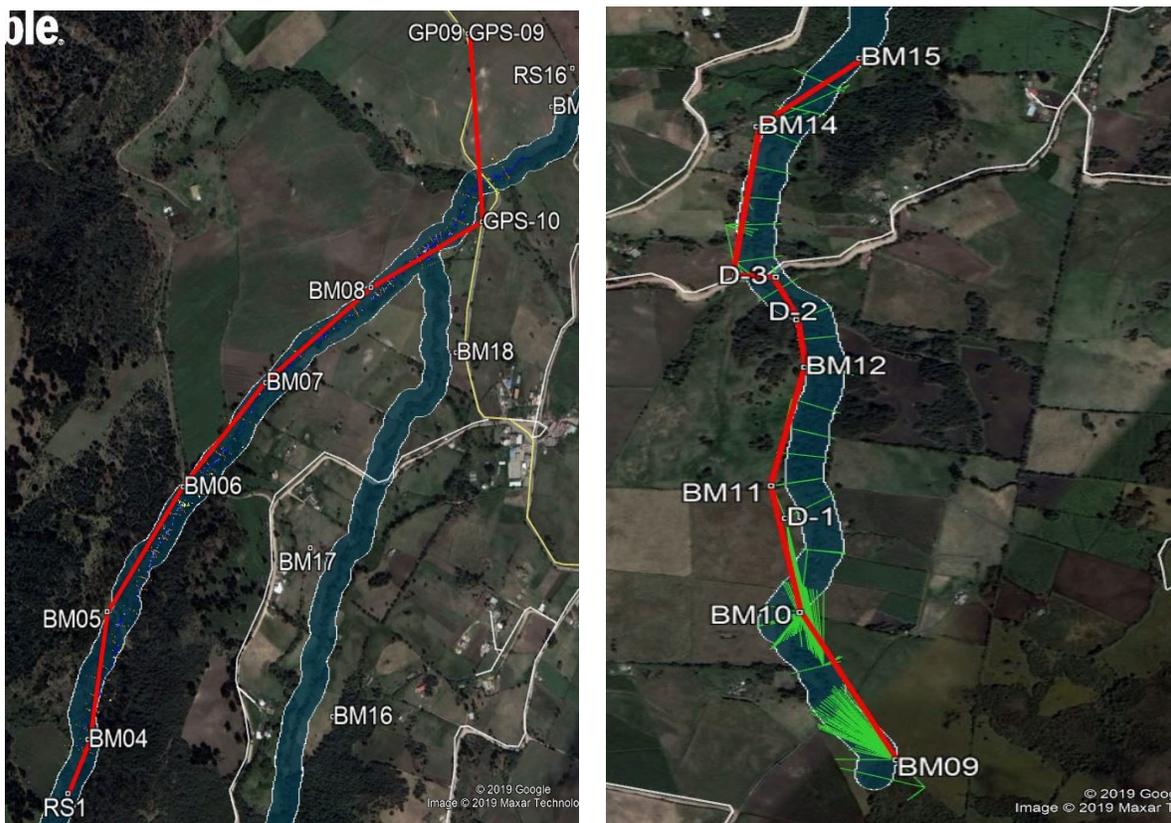


Ilustración 27. Der. Poligonal 1. Izq. Poligonal 2

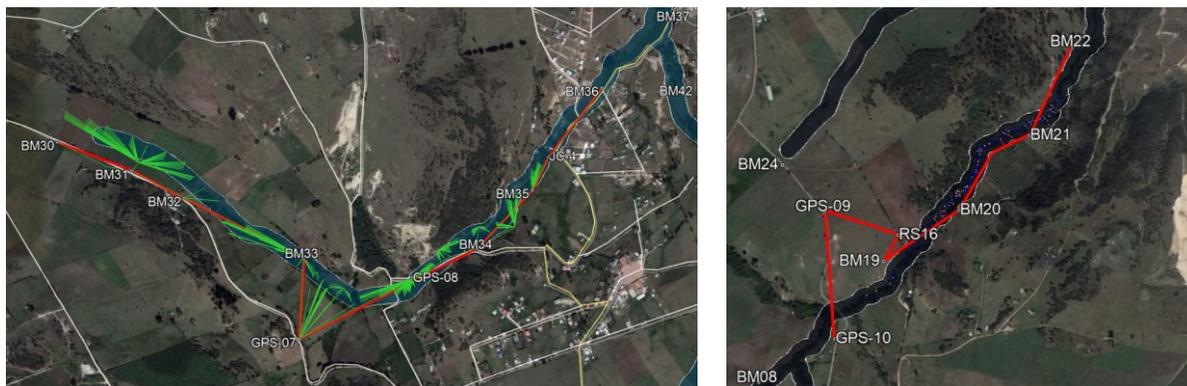


Ilustración 28. Der. Poligonal 3. Izq. Poligonal 6

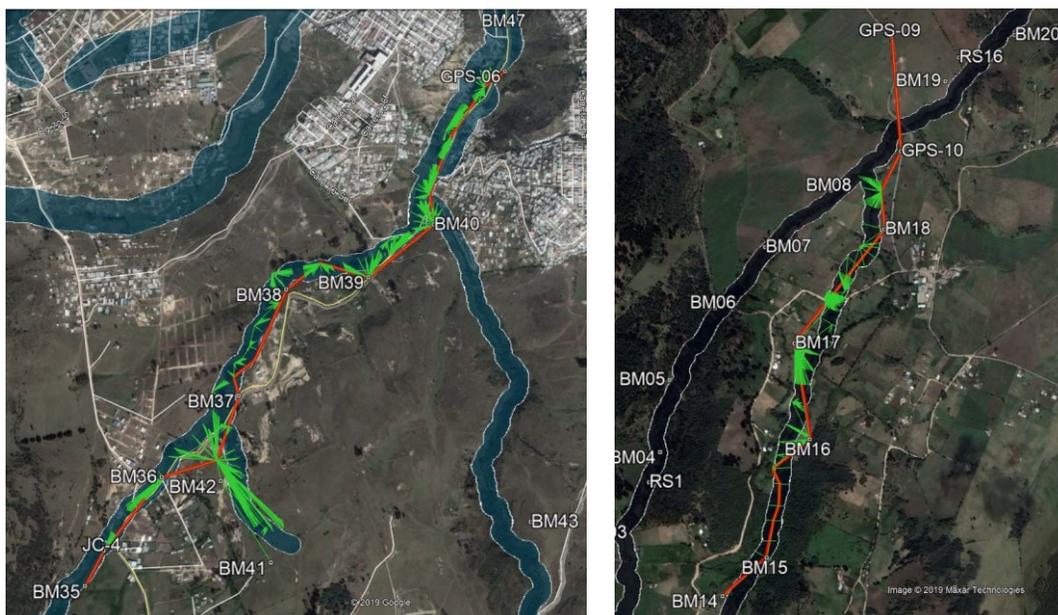


Ilustración 29. Der. Poligonal 4. Izq. Poligonal 5

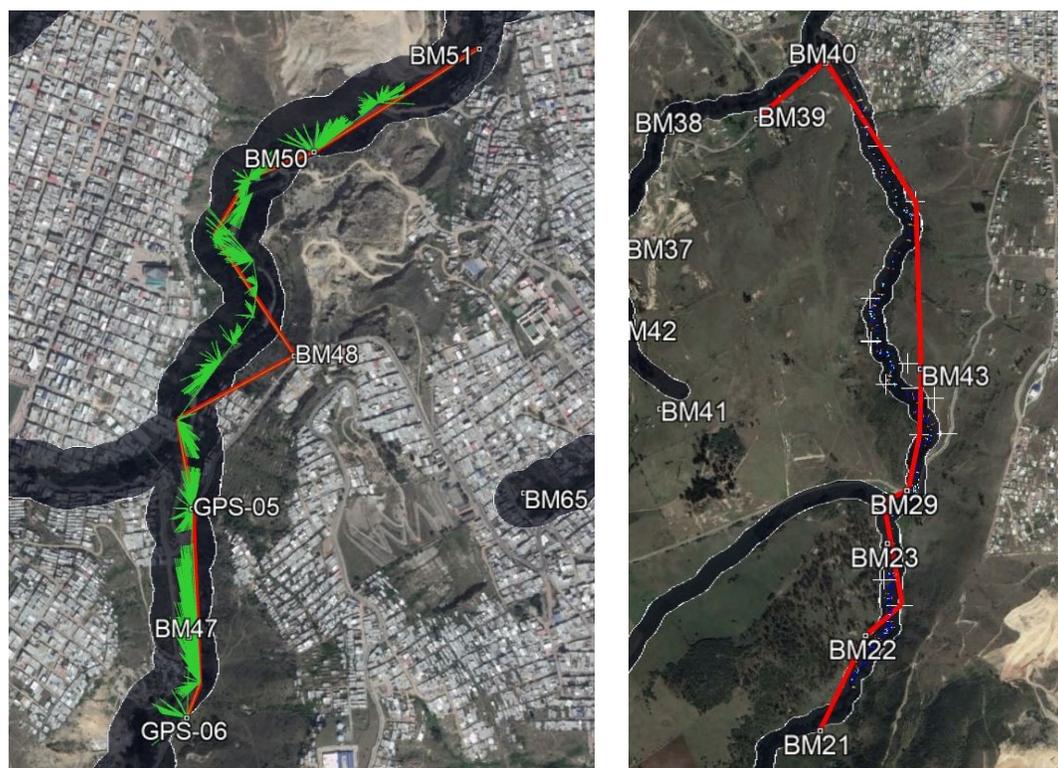


Ilustración 30. Der. Poligonal 7. Izq. Poligonal 8



Ilustración 31. Der. Poligonal 9. Izq. Poligonal 10

7.2.3 TOMA DE DETALLES Y PROFUNDIDADES

La captura de datos se llevó a cabo implementando técnicas de RTK-Real Time Kinematic y Estación Total.

El método RTK permite realizar mediciones x,y,z con precisión milimétrica instantáneamente, es decir en el campo al momento de la toma de información, lo que se denomina tiempo real. El método consiste en colocar uno de los receptores (denominado base) punto fijo, en este caso vertices de la red geodesica; este receptor base realiza la oportuna operación y enviará una serie de datos al otro receptor (denominado Rover) para obtener posiciones con altas precisiones de manera instantánea. El equipo Rover se instala en cada detalle topográfico a medir, ya sean puntos de topografía o puntos auxiliares que permitan el traslado del equipo para avanzar con el levantamiento topográfico.

Como apoyo al traslado de coordenadas, tanto para los levantamientos topográficos convencionales como para los levantamientos batimétricos, se definió una red de puntos auxiliares utilizando RTK, calculados a partir de la red geodésica local del proyecto.

Los levantamientos topo batimétricos se llevaron a cabo entre los días 26 de noviembre y 29 de diciembre de 2019.

Las secciones transversales se realizaron perpendiculares al flujo y se ubicaron en: las curvas de los canales una a la entrada, otra a la salida y otra en el medio. En las partes rectas de los canales no revestidos en concretos las secciones se tomaron a una distancia aproximada de 100 m.

Se realizó el levantamiento de cerca de 1500 secciones topobatimétricas, a lo largo de la quebrada Limas y sus corrientes, las cuales serán insumo fundamental para la generación del Modelo Digital de Terreno Continuo, integrado con la información LiDAR.

Las profundidades en los cauces se tomaron por medio de vadeo ya que las condiciones de facilidad de acceso y escaso flujo de agua así lo permitían.

En las siguientes imágenes se se aprecia la metodología de campo para el levantamiento de las secciones topo batimétricas mediante radiación por estación total.



Ilustración 32. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles



Ilustración 33. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles



Ilustración 34. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles



Ilustración 35. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles



Ilustración 36. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles



Ilustración 37. Levantamiento de secciones mediante radiación de detalles



Ilustración 38. Levantamiento de detalles mediante RTK



Ilustración 39. Levantamiento de detalles mediante RTK



Ilustración 40. Levantamiento de detalles mediante RTK

Se utilizaron formatos denominados carteras de campo con sus respectivos croquis de manera que se pueda reconstruir lo más fiel el trabajo realizado, para la posterior elaboración de planos. Además, se realizó un registro fotográfico que permitió verificar los puntos amojonados, vértices, demarcación de las secciones y visualizar la ubicación de los detalles generales levantados.

INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.

CARTERA DE ESTACION POLIGONAL

PUNTO	ANGULO		Distancia Inclinada	Altura Prisma	Codigo de Detalle
	Horizontal	Vertical			
① Puntos 197 a 202	Tuberia 40"				AEROX
② G002			h=1.413		GPS 2
G001	256 08 04	90 16 10	371.482	1.600	GPS 2
G201	350 08 10	90 16 10	377.479	1.600	CHAQ
G221	343 18 56	91 26 04	27.284	1.600	AXT 2
③ G221			h=1.520		AXT 2
G002	163 18 56	89 09 13	27.290	1.600	GPS 2
G225	163 18 53	88 09 12	27.289	1.600	CHAQ
* Tuberia 342 - 345					

PROYECTO: Quelavada LIMAS CLIENTE: IDIGER
 DPTO: Cundinamarca CIUDAD: Bogotá ZONA: G. LIMAS
 LEVANTO: G.I.M.V. EQUIPO: Trimble REF: M3 FECHA: 2019-12-28
 Hoja 2 De 2

INC-GO-FO-13 V. 3 01/02/2016

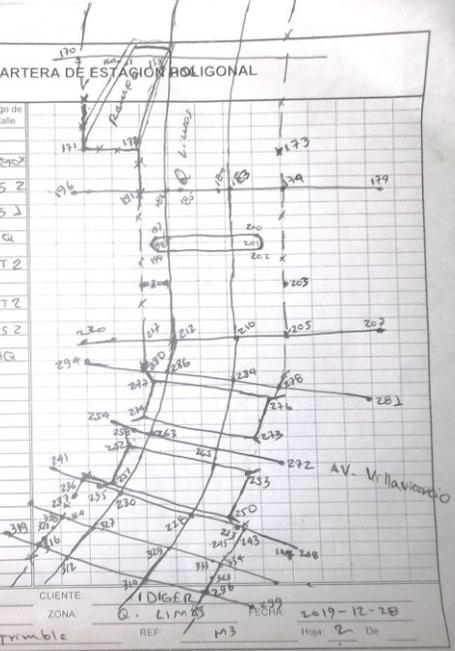


Ilustración 41. Formato de campo para toma de detalles con estación total

INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.

CARTERA DE CAMPO RTK

PUNTO N°	FOTO	CODIGO	ALTURA INS.	OBSERVACION
0211		011	2.000	
0212		012	1.1	
0213		013		
0214		014		
0215		015		
0216		016		
0217		017		
0218		018		
0219		019		
0220		020		
0221		021		
0222		022		
0223		023		
0224		024		
0225		025		
0226		026		
0227		027		
0228		028		
0229		029		
0230		030		
0231		031		
0232		032		
0233		033		
0234		034		
0235		035		
0236		036		

PROYECTO: Cundinamarca BASE: 1 M 01
 DPTO: Cundinamarca ALTURA BASE: 191 FECHA: 20/12/2019
 LEVANTO: Diego Rodriguez EQUIPO: RA DIA JULIANO: 353 SERIAL: 1111
 MUNICIPIO: Bogotá

INC-GO-FO-11 V. 3 01/02/2016

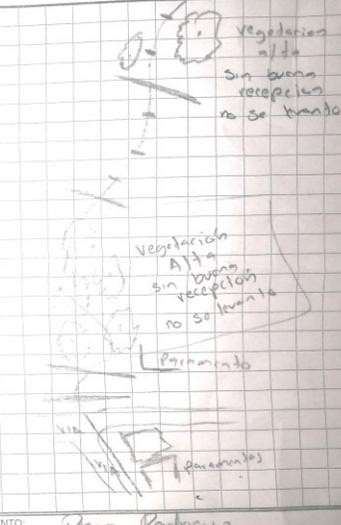


Ilustración 42. Formato de campo para toma de detalles con estación RTK

7.2.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se realiza verificación de cierres y ajuste de las poligonales realizadas. Una vez se tienen coordenadas de los puntos de apoyo y deltas de las poligonales, se procede con el cálculo de coordenadas de detalles, tanto de los puntos radiados con estación total como de los levantados mediante RTK.

Se realiza la verificación de los datos capturados y reportados en las carteras de campo analizando la coincidencia en cantidad y calidad de la información tomada.

Las coordenadas de estos puntos se obtienen en proyección gauss Krueger origen Bogotá, con cotas definidas sobre el nivel medio del mar.

Por último, se exportaron los archivos con todas las coordenadas del levantamiento a un formato *.ASC como soporte del cálculo de estos puntos fueron llevados a dibujo; la información recibida fue filtrada dependiendo el modelo de datos, separando grupos de puntos por capas con iguales descripciones, que luego se exportaron a CAD.



Ilustración 43. Nube de puntos ACAD de levantamiento topobatimetrico

7.3 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS

Se realizó el inventario de las estructuras presentes en los canales objeto de estudio y especificadas por la entidad contratante. A continuación se presentan las actividades desarrolladas.

7.3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

Se realizó un recorrido preliminar, identificando cada una de las zonas en la que se requería el levantamiento topográfico e inventario de estructuras y se determinó que a medida que se fueran realizando las mediciones de las secciones topobatimétricas en cada canal, se llevaría a cabo el inventario de estructuras presentes en estos.

Se realiza la misma revisión de calidad a los equipos, que se detallo en la sección anterior (Levantamiento topobatimétrico).

7.3.2 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS

A medida que se recorrieron los canales para su levantamiento topográfico, se realizó el inventario de puentes vehiculares, indicando:

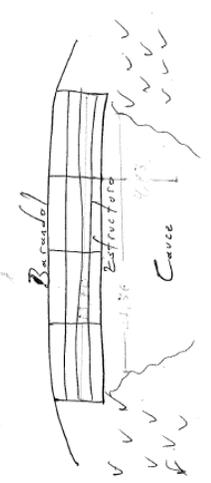
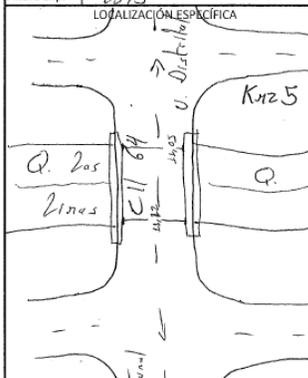
- Proyecto
- Fecha de inspección
- Nombre del cauce
- Tipo de estructura
- Dirección
- Coordenadas geográficas
- Detalle de la estructura: esquema detallado con dimensiones en metros tomadas con cinta
- Localización específica: esquema de planta con la localización de la estructura
- Descripción del registro fotográfico
- Dimensiones en metros
- Observaciones
- Firma de quien realiza el levantamiento

En la siguiente imagen se muestra la localización de las estructuras establecidas para inventario.



Ilustración 44. Localización estructuras para inventario

La información de cada estructura existente se recolectó mediante un formato de campo, para cada estructura localizada. A continuación se muestran ejemplos de estos formatos de campo. Los formatos y el registro fotográfico de las estructuras se adjuntan en el *anexo 15.inventario estructuras*.

INCIGE		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Topografía Quebrada Los Vinos</i>		Fecha: <i>09-Ene-2020</i>	
Nombre Cauce: <i>Quebrada Los Vinos</i>		Hoja 3 de	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>CH 64 sur 23C</i>	
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas	
		Iniciales	
		Latitud	<i>4 34 05,4</i>
		Longitud	<i>74 08 54,4</i>
		Altura Elip.	<i>2575</i>
		Finales	
Latitud	<i>4 34 05,2</i>		
Longitud	<i>74 08 54,1</i>		
Altura Elip.	<i>2575</i>		
LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA 		Dimensiones de la Estructura (m)	
		Observaciones: <i>P3 ; Km 5 San Francisco</i>	
Fotografías		Identificador Descripción Largo Alto Diámetro Ancho 1 Ancho 2	
1 <i>13,70</i> <i>4,75</i> <i>11,056</i> <i>11,12</i> <i>11,05</i>		2	
3		4	
5		6	
7		Responsable: <i>Hauricio Gonzalez</i>	
		INCIGE S.A.S.	

3

Ilustración 45. Ficha puente vehicular No. 5



Ilustración 46. Puente vehicular No. 5

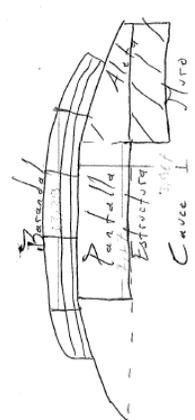
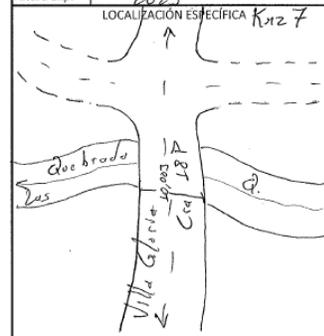
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Topografía Puente de las Lomas</i>	Fecha: <i>03 - Enero - 2020</i>		
Nombre Cauce: <i>Puente de las Lomas</i>	Hoja <i>14</i> de <i>14</i>		
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>	Dirección: <i>Cra 18P 67A Sur</i>		
DETALLE ESTRUCTURA 	Coordenadas Geográficas Navegadas		
	Iniciales		
	Latitud	<i>4 33 15,0</i>	
	Longitud	<i>74 09 03,6</i>	
	Altura Elip.	<i>2629</i>	
	Finales		
Latitud	<i>4 33 14,9</i>		
Longitud	<i>74 09 03,4</i>		
Altura Elip.	<i>2629</i>		
LOCALIZACIÓN ESPECIFICA K+7			
			
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)	
Identificador	Descripción	Largo	<i>13,39</i>
1		Alto	<i>3,967</i>
2		Diámetro	<i>2,17</i>
3		Ancho 1	<i>5</i>
4		Ancho 2	<i>10,003</i>
5		Observaciones:	<i>F14 i K+7</i>
6			<i>Juan Pablo Segundo</i>
7			
Responsable: <i>Haroldo Cuatrecasas</i>		INCIGE S.A.S.	

Ilustración 47. Ficha puente vehicular No. 7



Ilustración 48. Puente vehicular No. 7

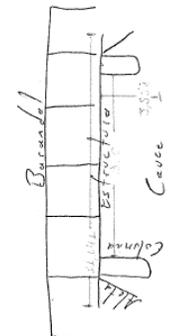
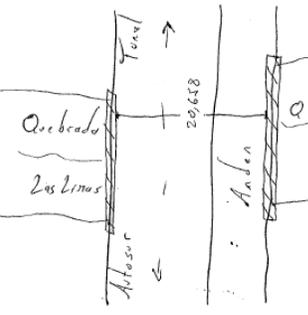
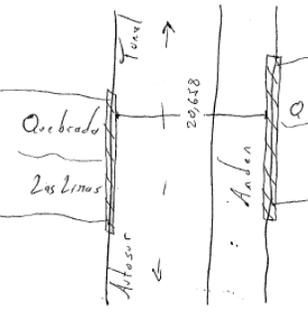
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Topografía y Geobanda Las Lomas</i>		Fecha: <i>09-Ene-2020</i>	
Nombre Cauca: <i>Quebrada Las Lomas</i>		Hoja 2 de 14	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>CH 610 230</i>	
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas	
		Iniciales	
		Latitud	<i>4° 34' 12,8"</i>
		Longitud	<i>74° 08' 52,0"</i>
		Altura Elip.	<i>2572</i>
		Finales	
Latitud	<i>4 34 10,2</i>		
Longitud	<i>74 08 52,1</i>		
Altura Elip.	<i>2572</i>		
LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA 		K+2 LL	
			
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)	
Identificador	Descripción	Largo	<i>16,196</i>
1		Alto	<i>3,558</i>
2		Diámetro	<i>9,000</i>
3		Ancho 1	<i>20,658</i>
4		Ancho 2	<i>20,783</i>
5		Observaciones: <i>PZ ; K+2 LL</i>	
6		<i>Costado Sur</i>	
7			
Responsable: <i>Humberto González</i>		INCIGE S.A.S.	

Ilustración 49. Ficha puente vehicular No. 11



Ilustración 50. Puente vehicular No. 11

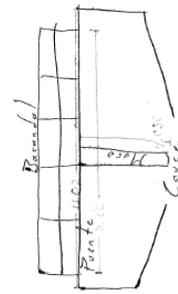
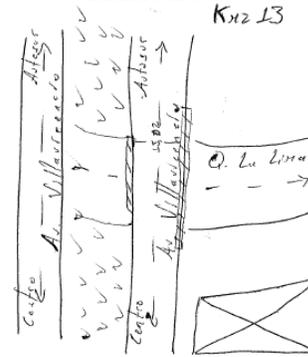
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE		
Proyecto: <i>Topografía y Geodesia de la zona</i>		Fecha: <i>09 - Ene - 2020</i>		
Nombre Cauce: <i>Cauce de La Lima</i>		Hoja <i>1</i> de <i>14</i>		
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>CH 61 s 230 regular</i>		
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas		
		Iniciales		
		Latitud	<i>4 34 44,8</i>	
		Longitud	<i>74 08 56,3</i>	
		Altura Elip.	<i>2576</i>	
		Finales		
Latitud	<i>4 34 44,7</i>			
Longitud	<i>74 08 56,5</i>			
Altura Elip.	<i>2576</i>			
		LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA		
				
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)		
Identificador	Descripción	Largo	<i>14,020</i>	
1		Alto	<i>4,050</i>	
2		Diámetro	<i>5,600</i>	
3		Ancho 1	<i>15,020</i>	
4		Ancho 2	<i>15,030</i>	
5		Observaciones:	<i>PL i Km 13</i>	
6			<i>Costado Norte</i>	
7				
Responsable: <i>Humberto González</i>		INCIGE S.A.S.		

Ilustración 51. Ficha puente vehicular No. 13



Ilustración 52. Puente vehicular No. 13

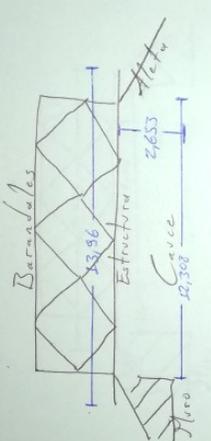
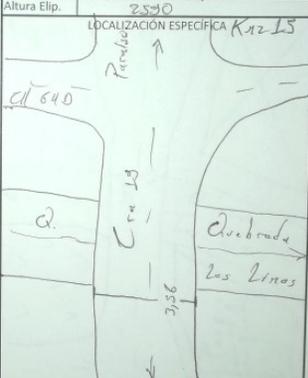
INCIGE		ESTRUCTURA EXISTENTE																																	
Proyecto: <i>Tapachalapa Quebrada Las Lomas</i>		Fecha: <i>09 - Ene - 2020</i>																																	
Nombre Cauce: <i>Quebrada Las Lomas</i>		Hoja <i>10</i> de <i>14</i>																																	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular (Olativo)</i>		Dirección: <i>Cra 13 640 sur</i>																																	
DETALLE ESTRUCTURA		Coordenadas Geográficas Navegadas																																	
		Iniciales																																	
		Latitud <i>4 33 38,4</i>																																	
		Longitud <i>74 09 01,0</i>																																	
		Altura Elip. <i>2590</i>																																	
		Finales																																	
		Latitud <i>4 33 38,3</i>																																	
Longitud <i>74 09 01,0</i>																																			
Altura Elip. <i>2590</i>		LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA K12 L5																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fotografías</th> <th>Descripción</th> <th colspan="2">Dimensiones de la Estructura (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>Largo</td> <td><i>12,96</i></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>Alto</td> <td><i>2,653</i></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>Diámetro</td> <td><i>12,308</i></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>Ancho 1</td> <td><i>3,56</i></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>Ancho 2</td> <td><i>3,52</i></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>Observaciones:</td> <td><i>P10 ; K12 L5</i></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td><i>San Francisco</i></td> </tr> </tbody> </table>		Fotografías	Descripción	Dimensiones de la Estructura (m)		1		Largo	<i>12,96</i>	2		Alto	<i>2,653</i>	3		Diámetro	<i>12,308</i>	4		Ancho 1	<i>3,56</i>	5		Ancho 2	<i>3,52</i>	6		Observaciones:	<i>P10 ; K12 L5</i>	7			<i>San Francisco</i>		
		Fotografías	Descripción	Dimensiones de la Estructura (m)																															
		1		Largo	<i>12,96</i>																														
		2		Alto	<i>2,653</i>																														
		3		Diámetro	<i>12,308</i>																														
		4		Ancho 1	<i>3,56</i>																														
		5		Ancho 2	<i>3,52</i>																														
6		Observaciones:	<i>P10 ; K12 L5</i>																																
7			<i>San Francisco</i>																																
Responsable: <i>Havela González</i>		INCIGE S.A.S.																																	

Ilustración 55. Ficha puente vehicular No. 15



Ilustración 56. Puente vehicular No. 15

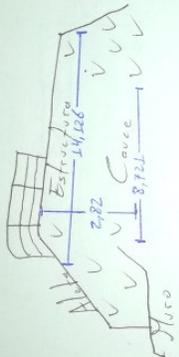
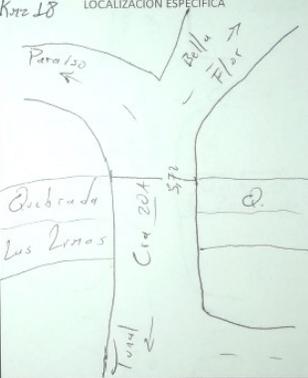
INCIGE		ESTRUCTURA EXISTENTE																																					
Proyecto: <i>Topografía Capredy Las Lomas</i>		Fecha: <i>05 - Ene - 2020</i>																																					
Nombre Cauçe: <i>Quebrada Las Lomas</i>		Hoja <i>8</i> de <i>14</i>																																					
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 20A 68 sur</i>																																					
DETALLE ESTRUCTURA		Coordenadas Geográficas Navegadas																																					
		Iniciales																																					
		Latitud <i>4 33 42,0</i>																																					
		Longitud <i>74 08 59,4</i>																																					
		Altura Elip. <i>2585</i>																																					
		Finales																																					
		Latitud <i>4 33 42,0</i>																																					
Longitud <i>74 08 59,2</i>																																							
Altura Elip. <i>2585</i>		LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Fotografías</th> <th colspan="2">Dimensiones de la Estructura (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Identificador</td> <td>Descripción</td> <td>Largo</td> <td><i>14,126</i></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>Alto</td> <td><i>2,82</i></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>Diámetro</td> <td><i>8,721</i></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>Ancho 1</td> <td><i>5,72</i></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>Ancho 2</td> <td><i>5,72</i></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td colspan="2">Observaciones: <i>P8 i Kra 18</i></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td colspan="2"><i>Juan Jose Rondon</i></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)		Identificador	Descripción	Largo	<i>14,126</i>	1		Alto	<i>2,82</i>	2		Diámetro	<i>8,721</i>	3		Ancho 1	<i>5,72</i>	4		Ancho 2	<i>5,72</i>	5		Observaciones: <i>P8 i Kra 18</i>		6		<i>Juan Jose Rondon</i>		7					
		Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)																																			
		Identificador	Descripción	Largo	<i>14,126</i>																																		
		1		Alto	<i>2,82</i>																																		
		2		Diámetro	<i>8,721</i>																																		
		3		Ancho 1	<i>5,72</i>																																		
		4		Ancho 2	<i>5,72</i>																																		
		5		Observaciones: <i>P8 i Kra 18</i>																																			
6		<i>Juan Jose Rondon</i>																																					
7																																							
Responsable: <i>Mauricio González</i>		INCIGE S.A.S.																																					

Ilustración 57. Ficha puente vehicular No. 18



Ilustración 58. Puente vehicular No. 18

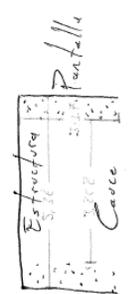
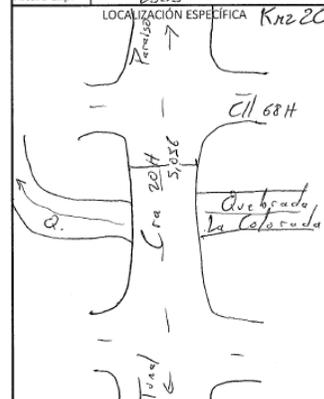
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE		
Proyecto: <i>Topohidrométricas Quebrada Los Hornos</i>		Fecha: <i>09 - Ene - 2020</i>		
Nombre Cauce: <i>Quebrada La Calaruda</i>		Hoja <i>9</i> de <i>14</i>		
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 20H 68H</i>		
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas		
		Iniciales		
		Latitud	<i>4 33 38,8</i>	
		Longitud	<i>74 09 05,6</i>	
		Altura Elip.	<i>2595</i>	
		Finales		
Latitud	<i>4 33 38,8</i>			
Longitud	<i>74 09 05,6</i>			
Altura Elip.	<i>2595</i>			
		LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA <i>Km 20</i>		
				
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)		
Identificador	Descripción	Largo	<i>5,36</i>	
1		Alto	<i>3,17</i>	
2		Diámetro	<i>3,808</i>	
3		Ancho 1	<i>5,056</i>	
4		Ancho 2	<i>4,964</i>	
5		Observaciones:	<i>Pg 1 Km 20</i>	
6			<i>Juan Jose Rondon (Qu Casona)</i>	
7				
Responsable: <i>Auricela Gonzalez</i>		INCIGE S.A.S.		

Ilustración 59. Ficha puente vehicular No. 20



Ilustración 60. Puente vehicular No. 20

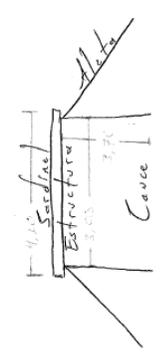
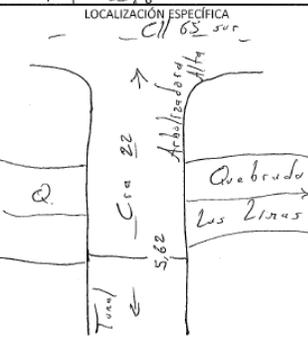
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Topografía y planos Quebrado Las Linas</i>		Fecha: <i>03 - Ene - 2020</i>	
Nombre Cauch: <i>Quebrado Las Linas</i>		Hoja <i>5</i> de <i>14</i>	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 22 65 sur</i>	
DETALLE ESTRUCTURA 	Coordenadas Geográficas Navegadas		
	Iniciales		
	Latitud	<i>4 33 58,2</i>	
	Longitud	<i>74 08 53,1</i>	
	Altura Elip.	<i>2576</i>	
	Finales		
Latitud	<i>4 33 58,4</i>		
Longitud	<i>74 08 53,0</i>		
Altura Elip.	<i>2576</i>		
LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA 			
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)	
Identificador	Descripción	Largo	<i>4,10</i>
1		Alto	<i>3,70</i>
2		Diámetro	<i>3,05</i>
3		Ancho 1	<i>5,63</i>
4		Ancho 2	<i>5,62</i>
5		Observaciones: <i>FS ; Kra 21</i>	
6		<i>San Francisco</i>	
7			
Responsable: <i>Marcelo González</i>		INCIGE S.A.S.	

Ilustración 61. Ficha puente vehicular No. 21



Ilustración 62. Puente vehicular No. 21

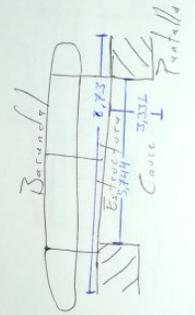
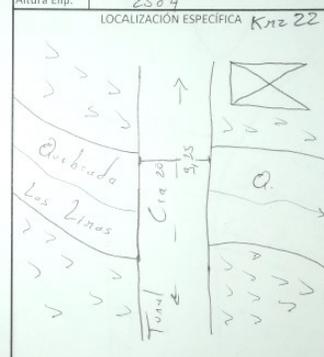
INCIGE		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Rehabilitación Puente Los Limas</i>		Fecha: <i>03-Feb-2020</i>	
Nombre Cauce: <i>Cauces Los Limas</i>		Hoja <i>6</i> de <i>14</i>	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 20 65 sur</i>	
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas	
		Iniciales	
		Latitud	<i>4 33 51,2</i>
		Longitud	<i>74 08 52,1</i>
		Altura Elip.	<i>2584</i>
		Finales	
Latitud	<i>4 33 51,0</i>		
Longitud	<i>74 08 52,3</i>		
Altura Elip.	<i>2584</i>		
		LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA <i>Km 22</i>	
			
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)	
Identificador	Descripción	Largo	<i>8,73</i>
1		Alto	<i>3,331</i>
2		Diámetro	<i>5,744</i>
3		Ancho 1	<i>9,15</i>
4		Ancho 2	<i>3,262</i>
5		Observaciones:	<i>PG i Km 22</i>
6			<i>San Francisco</i>
7			
Responsable: <i>Humberto González</i>		INCIGE S.A.S.	

Ilustración 63. Ficha puente vehicular No. 22



Ilustración 64. Puente vehicular No. 22

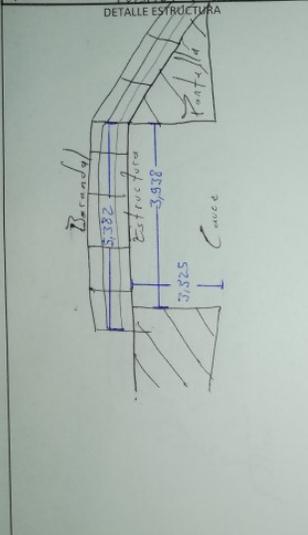
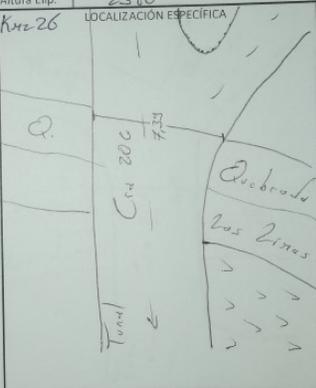
INCIGE		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Topografía y Geodesia Las Lomas</i>		Fecha: <i>09-Ene-2020</i>	
Nombre Cauce: <i>Cauce de las Lomas</i>		Hoja <i>7</i> de <i>14</i>	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 200 66 sur</i>	
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas	
		Iniciales	
		Latitud	<i>4 33 47.7</i>
		Longitud	<i>74 08 52.2</i>
		Altura Elip.	<i>2580</i>
		Finales	
Latitud	<i>4 33 47.5</i>		
Longitud	<i>74 08 52.5</i>		
Altura Elip.	<i>2580</i>		
Kms 26 LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA			
Fotografías			
Identificador	Descripción		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Dimensiones de la Estructura (m)		Largo <i>5,382</i>	
		Alto <i>3,525</i>	
		Diámetro <i>7,39</i>	
		Ancho 1 <i>7,39</i>	
		Ancho 2 <i>6,48</i>	
		Observaciones: <i>P7 ; Km 26</i>	
		<i>San Francisco</i>	
Responsable: <i>Hauricio Gonzalez</i>		INCIGE S.A.S.	

Ilustración 65. Ficha puente vehicular No. 26



Ilustración 66. Puente vehicular No. 26

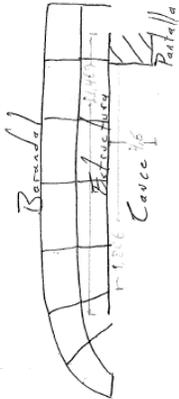
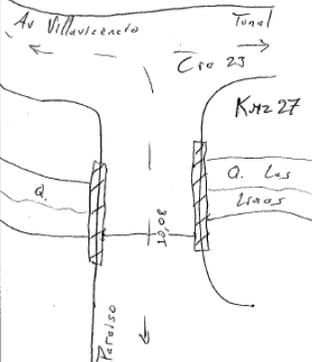
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE	
Proyecto: <i>Topografía y Delineación de Obras</i>		Fecha: <i>09-Fac-2020</i>	
Nombre Cauce: <i>Quevedo Las Ymas</i>		Hoja <i>4</i> de <i>14</i>	
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 23 A 54 sur</i>	
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas	
		Iniciales	
		Latitud	<i>4 34 02,8</i>
		Longitud	<i>74 08 54,3</i>
		Altura Elip.	<i>2580</i>
		Finales	
Latitud	<i>4 34 02,8</i>		
Longitud	<i>74 08 54,1</i>		
Altura Elip.	<i>2580</i>		
LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA 			
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)	
Identificador	Descripción	Largo	<i>11,469</i>
1		Alto	<i>4,6</i>
2		Diámetro	<i>9,806</i>
3		Ancho 1	<i>16,251</i>
4		Ancho 2	<i>10,088</i>
5		Observaciones:	<i>F74 ; Km 27</i>
6			<i>La Candelaria Nuevo</i>
7			
Responsable: <i>Marcelo González</i>		INCIGE S.A.S.	

Ilustración 67. Ficha puente vehicular No. 27



Ilustración 68. Puente vehicular No. 27

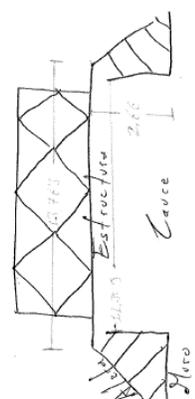
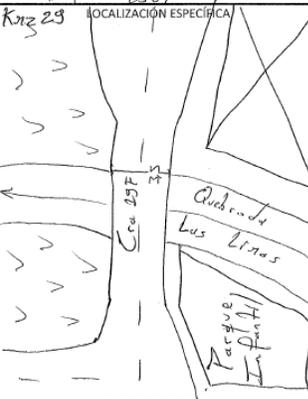
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE		
Proyecto: <i>Topografía y Planimetría Quebrada Las Lomas</i>		Fecha: <i>09 - Ene - 2020</i>		
Nombre Cauce: <i>Quebrada Las Lomas</i>		Hoja <i>11</i> de <i>14</i>		
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular (Oleto-Luz)</i>		Dirección: <i>Cra 19F 68 Sur</i>		
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas		
		Iniciales		
		Latitud	<i>4 33 38,9</i>	
		Longitud	<i>74 09 00,1</i>	
		Altura Elip.	<i>2587</i>	
		Finales		
Latitud	<i>4 33 38,9</i>			
Longitud	<i>74 09 00,1</i>			
Altura Elip.	<i>2587</i>			
		LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA		
				
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)		
Identificador	Descripción	Largo	<i>13,763</i>	
1		Alto	<i>2,86</i>	
2		Diámetro	<i>14,309</i>	
3		Ancho 1	<i>3,50</i>	
4		Ancho 2	<i>3,53</i>	
5		Observaciones:	<i>P11 ; Kms 29</i>	
6			<i>Villa Gloria</i>	
7				
Responsable: <i>Havelito Gonzalez</i>		INCIGE S.A.S.		

Ilustración 69. Ficha puente vehicular No. 29



Ilustración 70. Puente vehicular No. 29

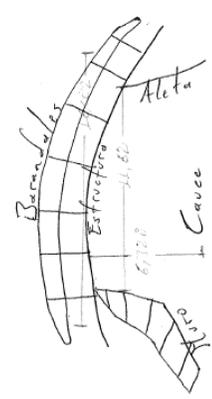
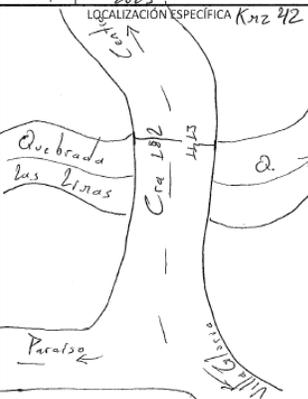
INCIGE Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S.		ESTRUCTURA EXISTENTE		
Proyecto: <i>Topografía Quebrada Las Lomas</i>		Fecha: <i>03 - Enero - 2020</i>		
Nombre Cauce: <i>Quebrada Las Lomas</i>		Hoja <i>13</i> de <i>14</i>		
Tipo de estructura: <i>Puente Vehicular</i>		Dirección: <i>Cra 102 69# Bis Sur</i>		
DETALLE ESTRUCTURA 		Coordenadas Geográficas Navegadas		
		Iniciales		
		Latitud	<i>4 33 16,6</i>	
		Longitud	<i>74 03 08,1</i>	
		Altura Elip.	<i>2623</i>	
		Finales		
Latitud	<i>4 33 16,3</i>			
Longitud	<i>74 03 08,2</i>			
Altura Elip.	<i>2623</i>			
		LOCALIZACIÓN ESPECIFICA Km 42		
				
Fotografías		Dimensiones de la Estructura (m)		
Identificador	Descripción	Largo	<i>16,002</i>	
1		Alto	<i>6,328</i>	
2		Diámetro	<i>4,82</i>	
3		Ancho 1	<i>16,13</i>	
4		Ancho 2	<i>10,26</i>	
5		Observaciones:	<i>PIS ; Km 42</i>	
6			<i>Villa Gloria</i>	
7				
Responsable: <i>Mónica González</i>		INCIGE S.A.S.		

Ilustración 71. Ficha puente vehicular No. 42



Ilustración 72. Puente vehicular No. 29

7.4 LEVANTAMIENTO LIDAR Y FOTOGRAMÉTRICO

El vuelo para la toma de datos LiDAR y fotogramétrico se realizó el día 19 de diciembre de 2019.

La consecución del vuelo de toma de datos LiDAR y mediante cámara fotogramétrica se divide en varias fases antes de dar por finalizado completamente el periodo de vuelo. Entre las fases a llevar a cabo se puede destacar la planificación del vuelo, la petición y obtención de permisos, los vuelos de toma de datos (acompañados de apoyo de campo en caso necesario) y el control de calidad inicial sobre los datos, imprescindible para dar por finalizados los vuelos.

7.4.1 AERONAVE Y SENSOR EMPLEADO

Para el proyecto, se tuvo en cuenta una aeronave tipo Bimotor por temas de autonomía y seguridad aérea, y los sensores LEICA fotogramétricos y láser ALS70 7164 y RDC30 debidamente calibrados:



Ilustración 73. Aeronave Cessna 402 HK4933

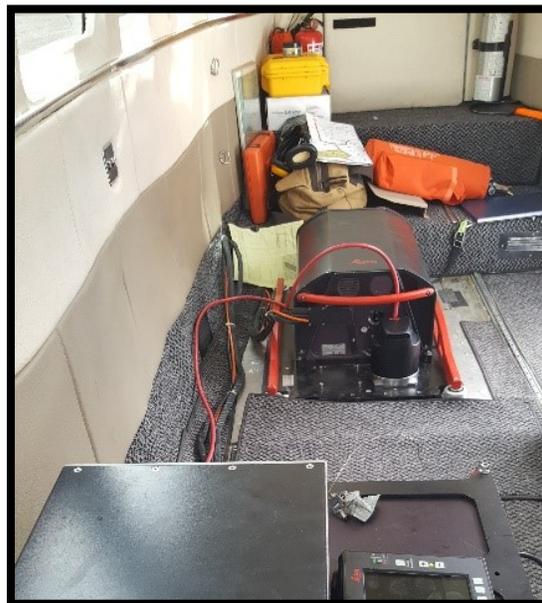


Ilustración 74. Medición de level arms y sensor láser y fotogramétrico ALS70 + RDC30

En el *anexo 14. vuelo\ aeronave y pilotose* adjuntan los archivos correspondientes al piloto y la aeronave.

A continuación, se describen las características de los sensores ALS70 y RDC30 y los detalles completos de los mismos se adjuntan en el *anexo 14. vuelo\ sensores*.

- Sensor Leica ALS70

Leica ALS70
Airborne Laser Scanners
Performance for diverse Applications



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Ilustración 75. Características sensor Leica ALS70 1 de 6

Three Models, One Result. Highest Productivity in all Applications.

Imagine an affordable 500 kHz pulse rate city-mapping LIDAR system capable of meeting your specialized needs now, and for that is easily upgradable to a full-capability configuration as your business grows.

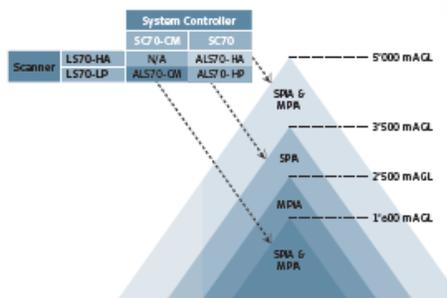
Imagine producing high density point clouds for corridor, urban, flood plain or general-purpose airborne mapping in a fraction of the time it took previously.

Imagine being able to perform wide-area mapping from high altitudes to obtain nearly 8 km swath.

The Leica ALS70 is a single family of systems that offers this level of flexibility and productivity, without compromising on quality and accuracy. Three models, Leica ALS70-CM, Leica ALS70-HP and Leica ALS70-HA, share a common platform (of a high-performance laser, scanner, range counting electronics, position/attitude measurement subsystem and user interface, flight planning and execution software), to create a range of laser scanners

designed to meet the varied needs of the airborne survey market.

Two Laser Scanner configurations and two System Controller configurations are combined to create the three models in the Leica ALS70 range:



CM



Leica ALS70-CM is designed for city and corridor mapping applications from lower flying heights. Ultra-high-density can be achieved by flying in small aircraft or mounted in helicopter pods, taking advantage of the low-profile scanner.

HP



Leica ALS70-HP is designed for general-purpose mapping at the flying heights most widely used, and can accommodate greater terrain relief due to its higher maximum flying height.

HA



Leica ALS70-HA is a high-altitude variant, allowing the market's highest flying heights, for wide-area mapping on a state or national level.

Need room to grow? No problem.

The unique modular design of the Leica ALS70 offers numerous benefits, including easy growth options. Did your business start with lower-altitude corridor mapping, but is expanding? Any Leica ALS70-CM can become a Leica ALS70-HP at the user's site. Need truly high altitude performance? Leica ALS70-CM and Leica ALS70-HP can be factory-reconfigured into an ALS70-HA and vice versa. Expanding your business into forestry and environmental areas? Add the optional Full Waveform Digitizer at any time, at any location.

ALS70 - a total package

ALS70 systems come complete with peripheral products and software that provide a seamless workflow from mission planning through point cloud generation.

Ilustración 76. Características sensor Leica ALS70 2 de 6

Point Density Multiplier – the key to high productivity

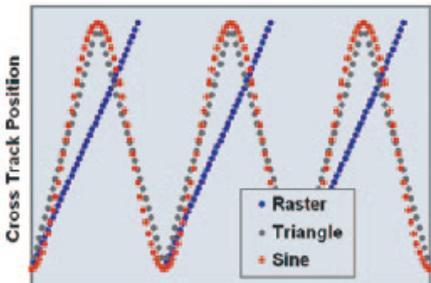
Point Density Multiplier is a combination of optical and electronic technologies that allows a quantum increase in measurement and scan rates over that available previously.

All models in the Leica ALS70 range feature a revolutionary new system control and range measurement module. This new module significantly reduces range measurement cycle overhead, allowing pulse rates that approach the maximum theoretical limits and yielding higher pulse rates at any given altitude. In addition, this same measurement technology makes the proven MPIA feature even easier to use. Additional features include:

- Unlimited range returns from each outbound pulse for greater detail in forest canopy
- 40% reduction in Inter-return range separation for better ground detection in low vegetation
- 25% reduction in circuit board count for increased reliability
- 3 user-selectable scan patterns, sinusoid, triangle and raster, for unrivaled control over point pattern
- AutoScan: automatic adjustment of scan rate to keep more uniform along-track spacing (Leica ALS70-GM and Leica ALS70-HP) as aircraft speed varies
- Optional fully-Integrated Full Waveform Digitizer (FWD) for waveform data collection at up to 120 kHz



Ilustración 77. Características sensor Leica ALS70 3 de 6



Along Track Position
Choice of sine, triangle and raster scan patterns

Leica ALS70-QM and Leica ALS70-HP models also feature a unique multiple-output scanning system. This new scanning approach allows the system to more than double the pulse rate of previously available systems, and double the scan rate of current systems, without the use of multiple scanner assemblies or lasers. The elegance of this implementation adds to the stability and consistency of the high-point-density data product delivered by the system, without increasing the complexity of system control.

Mission planning and system control

All of Leica ALS70 mission planning are accommodated in the Leica FPES Flight Planning and Evaluation Software, including optimizing both system settings as well as flight line layout. The Intuitive AeroPlan70 pull-down menu allows manual or automated optimization of system settings in three ways:

- Fixed settings on all lines with fixed flying altitude for all lines
- Variable settings for each line with fixed flying altitude for all lines
- Variable settings for each line with different flying altitudes for each line

This third optimization mode can cut the number of flight lines by 40% in large-relief terrain.



FPES and FCMS - fully connected to ensure proper mission execution

Leica FPES mission planning software works hand-in-hand with the Leica FCMS Flight and Sensor Control Management Software, by transferring the entire mission plan, both sensor settings and flight navigation information, from planner to system in a single digital file. Direct transfer of the mission plan minimizes the chance for operator error, and ensures that the mission is flown exactly as intended.

Leica FCMS provides an information-rich user interface for both operator and pilot, allowing both crew members access to critical data on flight navigation, progress and system performance. The optional "remote control" software module allows the operator and pilot to view different presentations simultaneously to maximize productivity.

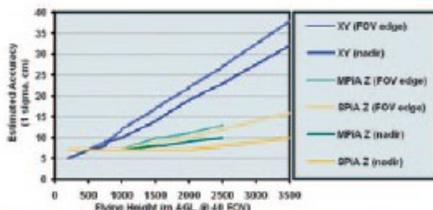
Ilustración 78. Características sensor Leica ALS70 4 de 6



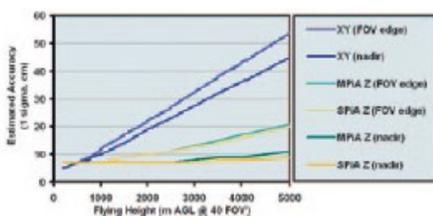
Leica ALS70-LP Scanner

Post processing

Post-flight data processing uses Leica IPAS TC for GNSS/IMU data reduction and the ALS Point Processor for generation of the point cloud. Leica IPAS TC utilizes "tightly-coupled" GNSS/IMU data processing to allow full trajectory accuracy, even when satellites are temporarily obscured, reducing the need for inefficient and lengthy low-bank-angle turns from one flight line to the next.



Leica ALS70-CM and ALS70-HP provide high accuracy, even in MPIA mode



Leica ALS70-HA carries accuracy to an industry-leading 5'000 m AGL

System performance

Leica ALS70-CM and Leica ALS70-HP systems achieve measurement rates of 500 kHz, reducing on-line flying time by up to 60%. And with scan rates that allow well-matched cross-track and along-track spacing.

Leica ALS70-HA offers an extended flying height with lower scan rates appropriate to wide-area, low-point-density data acquisition.

	Modes		
	ALS70-CM	ALS70-HP	ALS70-HA
Maximum Flying Height (MAGL)	2 600	2 500	5 000
Maximum Measurement Rate (kHz)	500	500	250
Field of view (degrees)	0-75 (user angle, user adjustable)		
Roll stabilization (automatic adaptive, degrees)	75-active FOV		
Scan patterns (user selectable)	sine, triangle, raster		
Maximum Scan Rate (Hz)	sine	200	100
	triangle	158	79
	raster	120	60
Numbers of returns	unlimited		
Number of intensity measurements	3 (red, green, blue)		
Accuracy	see graph		
Storage media	removable 500 GB SSD		
Storage capacity (hours @ max measurement rate)	6	12	

Summary specifications for a complete family of airborne LIDAR solutions

Physical specifications

		Modes	
		ALS70-CM ALS70-HP	ALS70-HA
Size (cm), Weight (kg)	Scanner	37 W x 68 L x 26 H 43 kg	37 W x 68 L x 27 H 43 kg
	Control Electronics	45 W x 47 D x 36 H 45 kg	
Operating Temperature	Scanner	0-40°C cabin-500 temperature	
	Control Electronics	0-40°C	
Flight Management		FGWS	
Power Consumption		910 W @ 22.0-30.3 VDC	

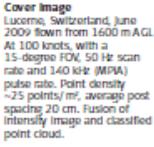
Ilustración 79. Características sensor Leica ALS70 5 de 6

Whether you want to capture airborne data of an agricultural area or of a city, record the challenges in a disaster area or the expanse of a high tension line, you need reliable measurements and solutions for your entire workflow to build Image-based maps. Leica Geosystems' broad array of airborne sensors and Integrated software solutions capture data efficiently, reference Imagery accurately, measure easily, analyze and present spatial Information in 3D.

Those who use Leica Geosystems products every day trust them for their precision, their seamless Integration and their superior customer support. When data really counts, Leica Geosystems delivers geospatial Imaging solutions with precision, Integration and service.

When It has to be right.

Cover Image
Lucerne, Switzerland, June 2009 flown from 1500 m AGL. At 100 knots, with a 15-degree FOV, 50 Hz scan rate and 140 kHz (MPPA) pulse rate. Point density ~25 points/m², average post spacing 20 cm. Fusion of Intensity Image and classified point cloud.



TQM
Total Quality Management - our commitment to total customer satisfaction.

Laser class 4 in accordance with IEC 60825-1 resp. EN 60825-1

Illustrations, descriptions and technical data are not binding. All rights reserved. Printed in Switzerland - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2011. 785640en - N.11 - RM



Leica ADS80
Product brochure



Leica RCD30
Product flyer



Leica FCMS
Product brochure



Leica FPES
Product brochure



Leica PAV80
Product flyer

Leica Geosystems AG
Heerbrugg, Switzerland
www.leica-geosystems.com

- when it has to be **right**



Ilustración 80. Características sensor Leica ALS70 6 de 6

- Cámara Leica RCD30

Leica RCD30 Series

Multispectral. Metric. Modular.



The new Leica RCD30 Series – Imaging revolution from the leader

The new Leica RCD30 Series of medium format cameras represents a true revolution in airborne imaging. Just like the RC30 has once set standards in film based airborne imaging, the new Leica RCD30 is setting new standards in what you and your customers can expect from a medium format digital camera.

A true Masterpiece

The Leica RCD30 Series is not only true imaging innovation, it's a masterpiece. The Leica RCD30 offers performance that is otherwise only known from large-format airborne sensors at a lower cost and thus makes digital multispectral photogrammetry available to everyone.

The Leica RCD30 boasts quite a number of innovative and unique "world's first" features and is the only suitable medium format camera for photogrammetric and remote sensing applications:

- 60MP single camera head delivers co-registered, multi-spectral RGBN imagery
- Mechanical Forward Motion Compensation (FMC) along two axis
- Ruggedized and thermal stabilized lens system with innovative bayonet mount and user replaceable central shutter with automatically controlled high precision aperture
- Modular concept for single standalone, multihed and oblique configurations
- Full integration with Leica ALS LIDAR and other third party sensors

- when it has to be **right**



Ilustración 81. Características Cámara Leica RDC30 1 de 2

Leica RCD30 Series Product Specifications

Characteristics of Data Acquisition

CCD Size (60MP)
 8956 x 6708 pixels
Pixel Size
 6 µm
Dynamic Range of CCD
 73 dB
Resolution A/D Converter
 14-bit
Data Channel
 16-bit lossless
Maximum Frame Rate
 1.0 sec
Motion Compensation
 Mechanical forward and lateral motion compensation along two axes
Spectral Range
 Camera Head CH61 RGB
 Camera Head CH62 RGB and Near-Infrared, colorized
 Near-Infrared 780 - 880 nm
Optics
Lenses
 Leica NAG-D 50 mm
 Leica NAT-D 80 mm
 Ruggedized and temperature compensated for high accuracy performance between -10°C and +30°C
Shutter
 Central shutter, user replaceable
 Life > 200,000 frames
Aperture
 2.8, 4.0, 5.6, 8.0 for NAT-D 80 mm
 4.0, 5.6, 8.0, 11 for NAG-D 50 mm
 Automatically controlled aperture
Lens Mount
 Easy to use bayonet connection
 Automated electrical connection
 Stabilized connection mechanics

Physical

Camera Head CH6x
Weight
 (w/o lens) 3.0 kg
 with NAG-D 50 mm 4.4 kg
 with NAT-D 80 mm 4.1 kg
Height
 (w/o lens) 147 mm
 with NAG-D 50 mm 223 mm
 with NAT-D 80 mm 193 mm
 Diameter 128 mm
Camera Controller CC31/CC32
 Weight without IMU 1.5.0 kg
 L x W x H 300 x 260 x 140 mm
 Controls up to five CH6x
Camera Controller CC31
 Without GNSS/IMU system (for use with Leica ALS)
Camera Controller CC32
 With GNSS/IMU system for standalone use
Processor CC31/CC32
 64-bit Dwc17, 8-bit RAM 32GB flash, USB 2.0, SATA
GNSS/IMU
 Supports wide variety of IMUs
 Supports GPS/GLO/GNSS
 Deeply coupled solution for more efficient data acquisition
Mass Memory MM30
 Solid state drive, 300 GB, 600 GB, 1,200 GB
 Weight 0.5 kg
 Removable, portable
Peripherals
Leica RCD30 Uno/Duo Pod
 For single or dual installation in Leica RA/80
 Height 485 mm
 Diameter 314/390 mm
 Weight (incl. IMU, excl. camera) 13.5 kg
Leica RCD30 Oblique
 For installation of oblique Tito and Penta Cameras
 Height 485 mm
 Diameter 380/390 mm
 Weight (incl. IMU) 17 kg
Mount
 Leica RA/80 gyro stabilized mount
Operator Interface OCS2
 12.1" screen with 1024 x 768 pixel resolution
Interface Stand IS40
 IS40 stand fits RCD30 NAV-sight installation
Pilot Interface OCS0
 6.3" touch screen with 1024 x 768 pixel resolution designed for cockpit mounting
Guidance Indicator GI40
 LED array display designed for cockpit mounting

Operational

Capacity of Mass Memory MM30

	Single MM30	Joint MM30
MM30-1200	19,800 RGB 15,800 RGBN	39,600 RGB 31,600 RGBN
MM30-600	9,900 RGB 7,900 RGBN	18,800 RGB 15,800 RGBN
MM30-300	5,300 RGB 4,200 RGBN	10,600 RGB 8,400 RGBN

Typical image storage per MM30 configuration.

Inflight exchange two slots, supporting joint- and backup mode

Firmware & Software
 FMS Flight and Sensor Control/Management System
 Automatic integration time control

Environmental

Pressure
 Non-pressurized cabin up to ICAO 25,000 ft (7,620 m)
Humidity
 0% to 95% RH according ISO 7137
Operating Temperature
 -20°C to +55°C
Storage Temperature (except CH6x and lens)
 -40°C to +85°C
Storage Temperature CH6x and lens
 -40°C to +70°C

Electrical

Average Power Consumption of Standalone System (CH6x, CC32, RA/80, OCS2, OCS0, GI40, IMU)
 < 265 W/28 VDC
Fuses on Aircraft Power Outlet
 Typically 1 x 20A

Standards

General Standards for Temperature, Electronics Environment, etc.
 RTCA DO-160G, EUROCAE-14E
Standard for Emergency Landings
 FAR§23.561, FAR§27.561
Conformity to National Regulations
 USA: FCC Part 15, EU: Directive 1999/5/EC

Post Processing and Data Format

Post Processing
 Leica FramePro
Output from Leica FramePro post-processing:
 Distortion-free, 8 and 16-bit JPEG, TIFF and ESQ images with RGB, RGBN, NIR, and NDVI band combinations

Illustrations, descriptions and technical data are not binding. All rights reserved. Printed in Switzerland - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2012. 784004en - V11.12 - Galleia



Total Quality Management - our commitment to total customer satisfaction.
 Ask your local Leica Geosystems dealer for more information about our TQM program.

Leica Geosystems AG
 Heerbrugg, Switzerland
 www.leica-geosystems.com
 http://dl.leica-geosystems.com

- when it has to be right



Ilustración 82. Características Cámara Leica RDC30 2 de 2



7.4.2 MONTAJE Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

Previamente al vuelo, se procedió a realizar el montaje del equipo a la aeronave, tomando en cuenta todas las normas de calidad de Aeronáutica Civil, con el fin de garantizar la seguridad de la tripulación como de la aeronave.

El montaje del sistema en la aeronave se realizó en el aeródromo Guaymaral de la ciudad de Bogotá supervisado en todo momento por los mecánicos de VANNET, la empresa de vuelos.



Ilustración 83. Montaje del sensor ALS70HP + RDC30 en la aeronave Cessna 402B

7.4.3 DISEÑO DEL PLAN DE VUELO

Para la generación del plan de vuelo que cumpla con el cubrimiento de datos y requerimientos técnicos, se estudiaron además las restricciones de vuelo por aspectos de seguridad de los trabajos, estableciéndose de acuerdo con el cliente y el proveedor de la aeronave. Se delimitaron las zonas con restricciones especiales a la realización de los vuelos de toma de datos y se modificaron los parámetros de vuelo en función de dichas restricciones.

Con base en esta información se generó un plan de vuelo previo sobre la zona de trabajo para los estudios de costes y diseño de las soluciones técnicas más adecuadas. La siguiente figura muestra la puesta del plan de vuelo sobre el AOI requerida:

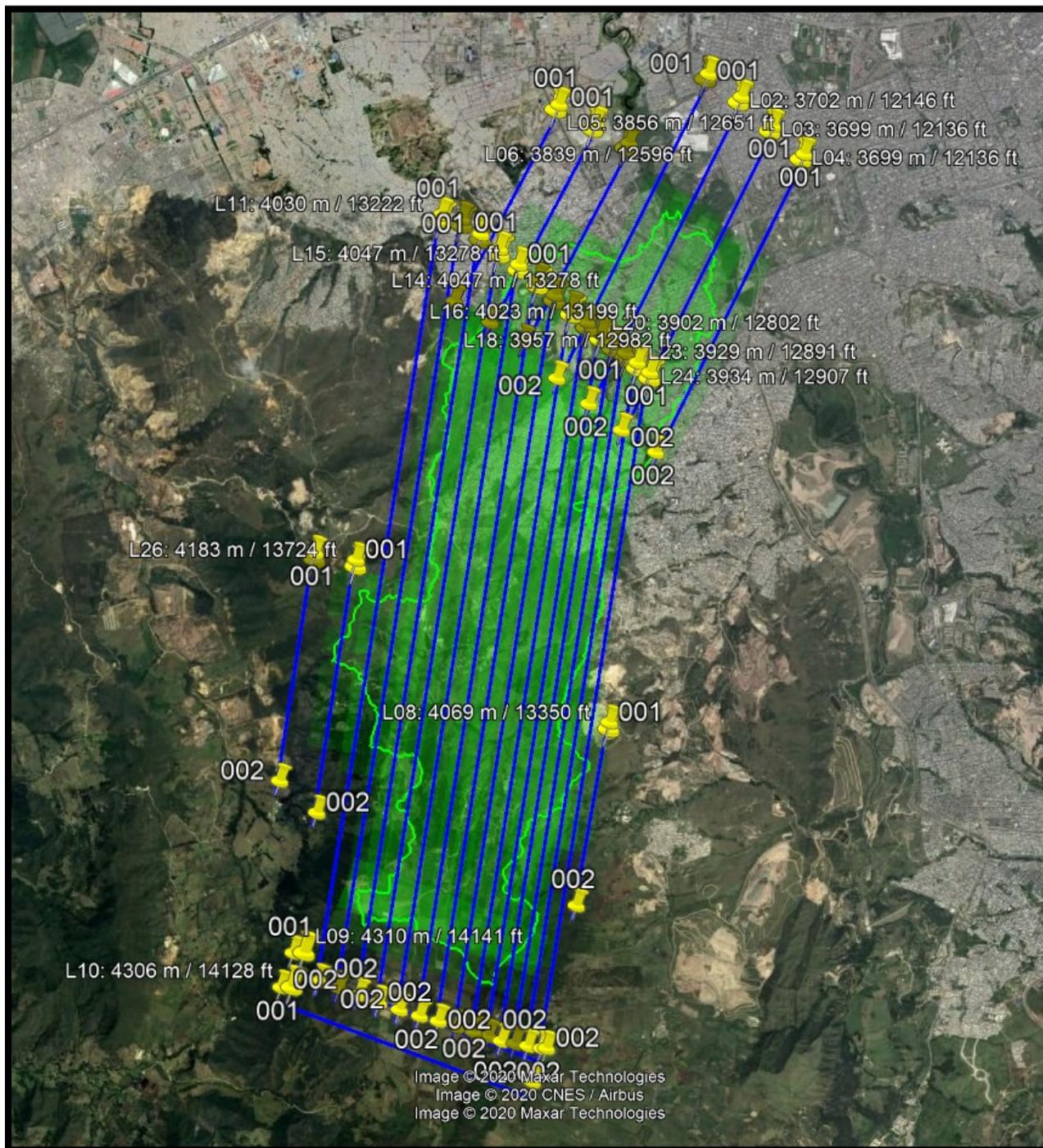


Ilustración 84. Plan de vuelo del proyecto

En el *anexo 14. vuelo* se adjuntan los datos de la aeronave y el piloto, los certificados de calibración de los equipos, el plan de vuelo, los catálogos de los sensores y el registro del vuelo ejecutado.

Los detalles principales del plan de vuelo son los siguientes:

Líneas:	26 (líneas)
Altura promedio:	13065 (pies)
Tomas aéreas:	724 (imágenes)
Horas de vuelo:	1,86 (horas)

7.4.4 CALIBRACIÓN DEL SENSOR ANTES DE LA TOMA DE DATOS

El equipo se calibró de forma previa al inicio de los procesos de toma de datos el 19 de mayo de 2017 y se realizó sobre el aeropuerto de Caucasia. De forma posterior se calibró el equipo sobre el aeropuerto Perales de Ibagué el día 18 de Octubre de 2017 del cual la casa matriz del sensor LEICA emitió el respectivo certificado de calibración.

Esta calibración consiste en una prueba de funcionamiento sobre una superficie conocida y levantada topográficamente sobre la que se realizan varias pasadas transversales a distintas alturas de vuelo y con el láser y la cámara con distintos parámetros de configuración.

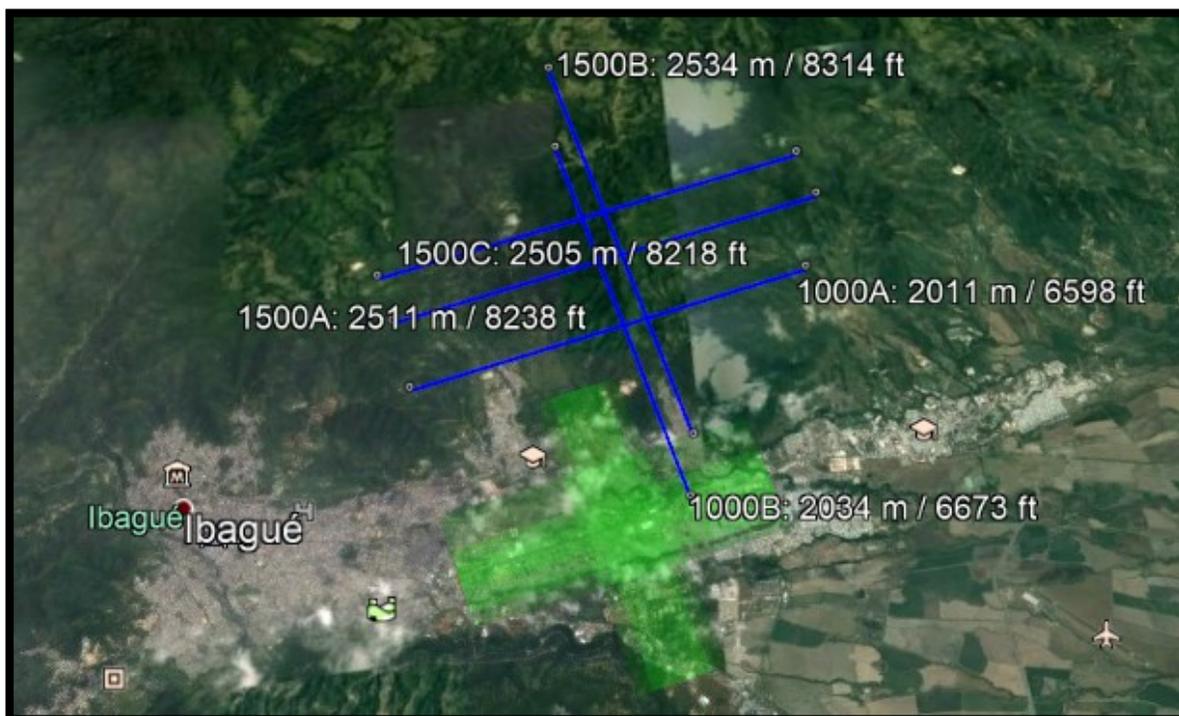


Ilustración 85. Vuelo de calibración ALS70HP + RDC30

En un primer procesado básico rápido, sin comprobación de la precisión planimétrica y altimétrica del equipo se ha comprobado el buen funcionamiento del láser mediante el análisis de cobertura, densidad de datos obtenida e intensidad de los retornos recibida. Con esto se comprueba el buen funcionamiento de emisor y receptor la calibración de la ganancia del receptor y potencia de emisión del emisor. También se observa el buen funcionamiento de la cámara simplemente con la visualización de las imágenes capturadas. En una segunda fase de procesados consecutivos se calculan la distancia y posición (level arm) entre el GPS y la IMU. Es un vector. La distancia entre la IMU, emisor y receptor LiDAR y la cámara es fija. El valor del level arm es el valor fundamental para obtener un buen set de datos.

El proceso es un proceso iterativo de cálculo software para corregir el procesado de datos hasta que se llega a un resultado de los datos dentro de la tolerancia. Se va calculando el level arm, procesando los datos, obteniendo un nuevo valor de level arm hasta que converge a un valor que es el adecuado para el procesado de datos. La comprobación de la coherencia geométrica de los datos LiDAR se hace en zona llanas para observar el comportamiento altimétrico y en tejados de edificios para comprobar el comportamiento planimétrico. Tras cada iteración del proceso se sacan resultados estadísticos y gráficos de la calidad de la solución obtenida.

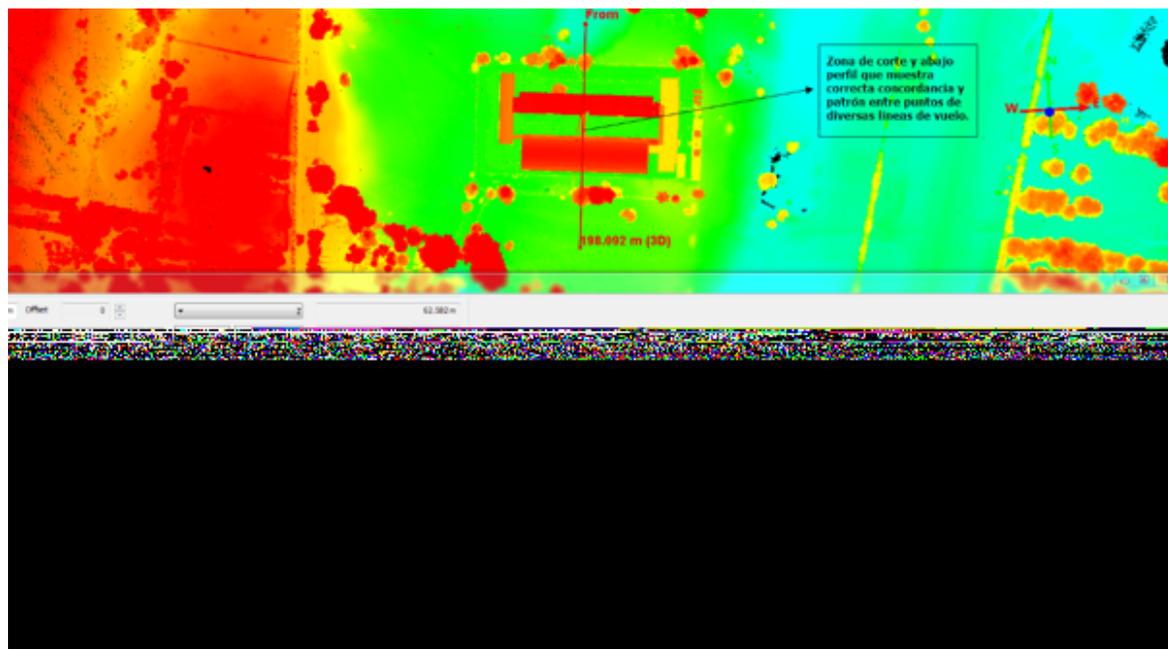


Ilustración 86. Set de datos luego de la calibración del sensor en la aeronave

Posteriormente y durante el procesado básico de datos se realiza otra calibración adicional mediante procesos de cálculo iterativos en el que se calculan las correcciones de Roll, Pitch y Heading (en fotogrametría equivalentes a Omega, Phi, Kappa) para cada línea de vuelo y se realiza el proceso de matching (ajuste) entre las distintas líneas de vuelo y entre los distintos vuelos para obtener un set de datos perfectamente homogéneo. Para realizar esta primera calibración no es necesario tomar datos topográficos de campo. Si el set de datos es geoméricamente coherente incluyendo pasadas transversales el funcionamiento del equipo es correcto.

Install Parameters Receiver A		Install Parameters Receiver B		Range Correction ALS70/80			
Roll Error	0.0047414300 rad	Roll Error	0.0047930540 rad	Below TPR		Above or equal to TPR	
Pitch Error	-0.0051712650 rad	Pitch Error	-0.0051733300 rad	AG	-6.418 m	AG	-6.418 m
Heading Error	0.0007314940 rad	Heading Error	0.0005807150 rad	AN	-6.418 m	AN	-6.418 m
Pitch Error Slope	0.0000000000 rad/deg	Pitch Error Slope	0.0000000000 rad/deg	BG	-6.465 m	BG	-6.465 m
Forward Laser Angle	-1.10523 deg	Forward Laser Angle	1.18012 deg	BN	-6.465 m	BN	-6.465 m
Down Laser Angle	10.00000 deg	Down Laser Angle	10.00000 deg				
Forward Mirror Normal Angle	0.00000 deg	Forward Mirror Normal Angle	0.00000 deg				

Ilustración 87. Resultados de la calibración

Los certificados de calibración de los sensores se adjuntan en el *anexo 14. vuelo\certificados calibracion.*

7.4.5 COBERTURA TOTAL DE FOTOS Y DATOS LIDAR

Dentro del control de calidad inicial se comprueba que los datos tomados en las distintas líneas de vuelo cubren completamente la superficie a escanear y que no existen gaps (zonas sin datos) de ningún tipo en el set de datos obtenido.

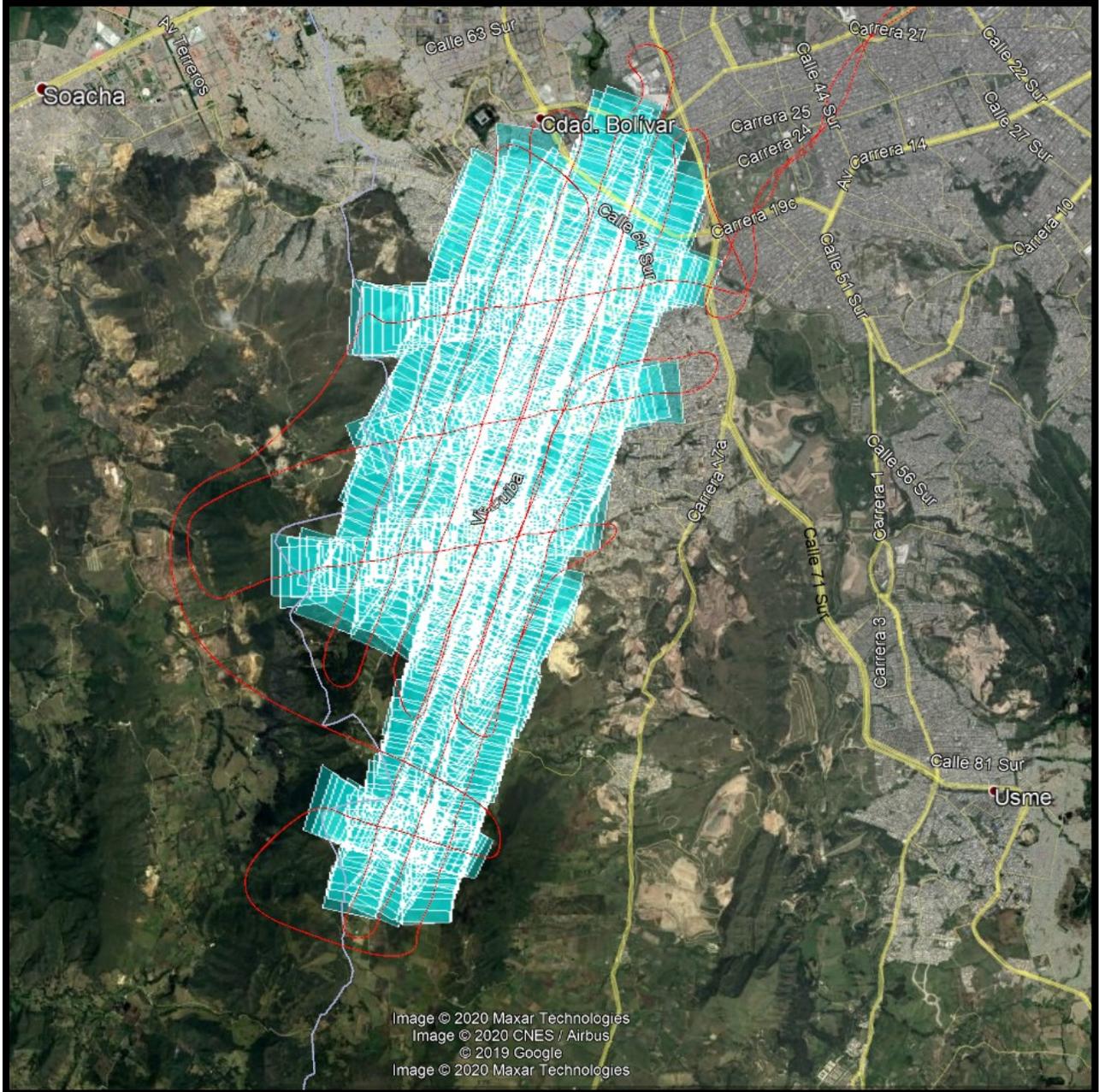


Ilustración 88. Cobertura total del vuelo

Para ello se proyecta la cobertura de las imágenes digitales capturadas durante la toma de datos sobre la frontera de la zona de interés. La toma de datos LiDAR e imágenes digitales es simultánea. Luego al asegurar la cobertura de imágenes digitales, y la correcta captura de datos LiDAR mediante los métodos descritos en el apartado anterior, se asegura que la toma de datos ha sido exitosa. La cobertura de datos LiDAR es siempre ligeramente mayor a la cobertura de las imágenes digitales capturadas. Luego de esta validación se dará por finalizada la captura de datos en campo.

7.4.6 INSTALACIÓN BASE DE OPERACIONES AÉREAS

Como apoyo a los trabajos aéreos, se utilizó la estación continua BOGA, localizada en la ciudad de Bogotá y perteneciente a la red MAGNA – ECO oficial para Colombia.

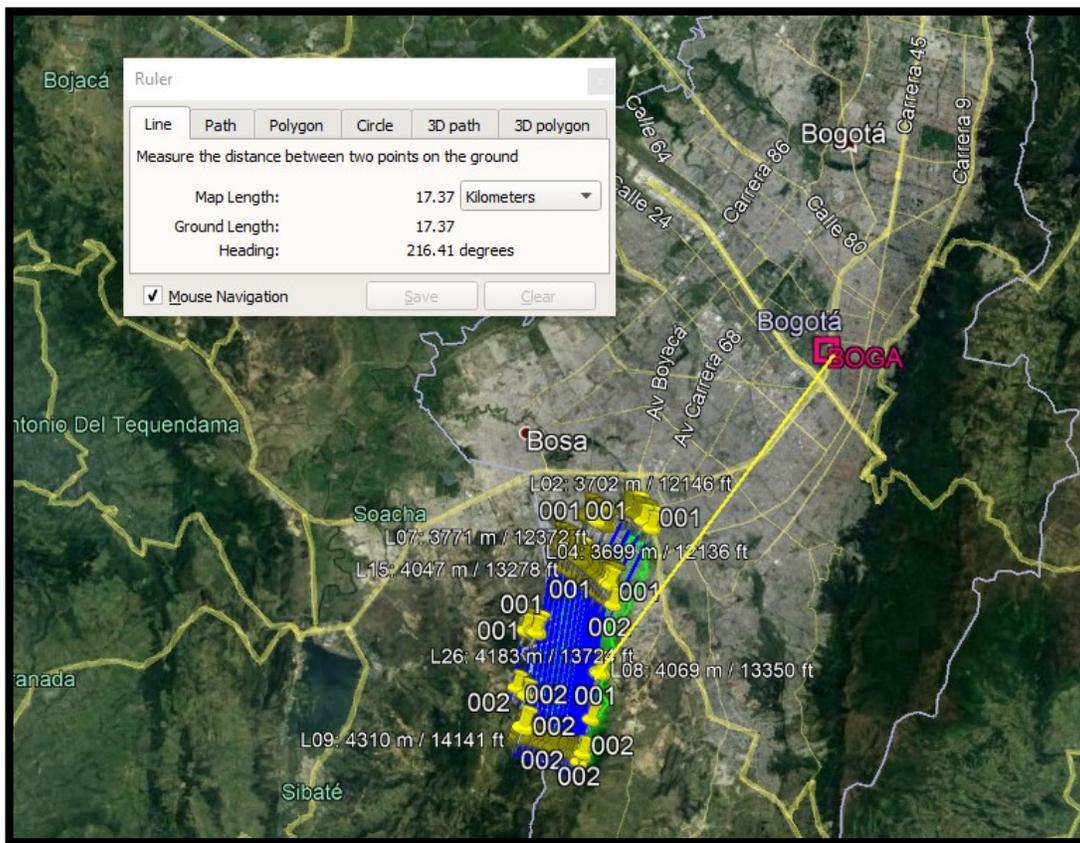


Ilustración 89. Base de operaciones aéreas BOGA

La localización de esta base de operaciones aéreas cumple con el requerimiento técnico que establece que los puntos de apoyo en campo garantizan no tener distancias superiores a 30 Km entre el punto base y el sensor durante la realización del vuelo. Se realizó la solicitud al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, de los archivos

RINEX de esta estación continua, para la fecha en que se ejecutó el vuelo y con rastreo al segundo, garantizando la georreferenciación de toda la información capturada mediante el sensor.

7.4.7 CARACTERÍSTICAS INFORMACIÓN CAPTURADA

El vuelo LÍDAR y fotogramétrico se ejecutó el día 19 de diciembre de 2019. A continuación se muestra el reporte del vuelo.

Cuatro Conceptos LIDAR/Imaging Flight Log

Name	Sensor Operator	Aircraft	Target AGL	Target Speed	LIDAR	4-Band Nadir	Mission Type	Engine Start	Depart Location	Shutdown	Arrival Location	Mission Length	Sensor Status	Notes
12/19/19	P. Calvo	A0350 B2 HK-4249	1500 ft	50 kts	✓	✓	Acquisición	07:58 AM	SKGY	10:11 AM	SKGY	02:13	All Good	Mission complete. Scattered Clouds.



Ilustración 90. Reporte de vuelo

La nube de puntos LiDAR y las fotografías (píxel) resultaron de acuerdo a lo planeado.

- Las fotografías tienen 4 bandas (RGB e infrarrojo).
- El tamaño de píxel es de 10 cm
- La densidad de puntos del láser es mayor a 20 ppm² promedio.

Los datos correspondientes al vuelo realizado se adjuntan en el *anexo 14. vuelo\ vuelo realizado*.

7.4.8 PROCESAMIENTO DE DATOS LIDAR Y FOTOGRAMÉTRICOS

Para producir los archivos de salida, tanto LiDAR como ortofotos, fue necesario procesar datos obtenidos de distintas Fuentes. Estas fuentes de datos incluyen el sensor láser, información de la orientación del avión (IMU), información de los receptores GPS e información de la red GPS satelital. A continuación se describen los pasos básicos a seguir para realizar el procesado básico LiDAR y generar las imágenes georreferenciadas con las que posteriormente se generan las ortofotos.

A continuación, se muestra en la ilustración unas imágenes de la información LiDAR antes y después de procesar la información.

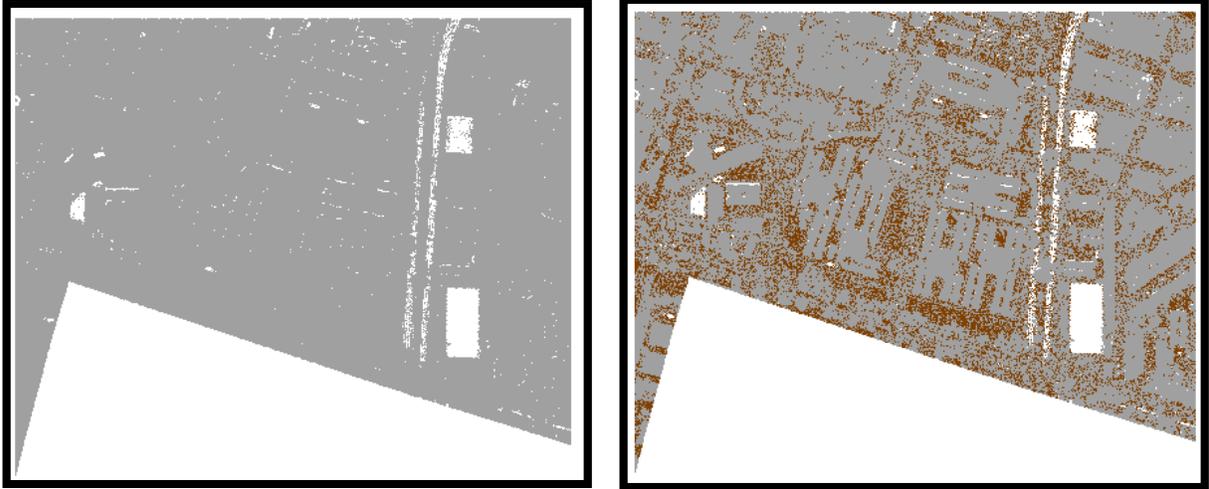


Ilustración 91. LiDAR sin clasificar (Izq) y LiDAR clasificado (Der)

Procesamiento de datos láser

Para generar los Modelos de Elevaciones objeto del proyecto se estableció una secuencia de procesado que se resume a continuación:

1. Decodificación de los datos y pre-procesado GPS
2. Posicionamiento
3. Generación de la trayectoria
4. Creación del archivo de datos láser
5. Calibración y matching de las trayectorias
6. Correcciones en altura utilizando datos de campo
7. Búsqueda y eliminación de puntos no válidos
8. Edición de puntos LiDAR y clasificación de datos LiDAR
9. Edición básica de datos LiDAR y corrección de errores. Clasificación de puntos LiDAR
10. Generación de MDT, MDS
11. Creación de las carpetas de salida

Para la consecución de un Modelo Digital del Terreno - MDT y un Modelo Digital de Superficie - MDS de calidad se llevó a cabo sobre los datos un proceso de edición manual por parte de operadores especializados que revisaron los datos LiDAR para ajustarlos al producto final requerido por el cliente. Esta edición se realizó con el objetivo de la búsqueda de puntos erróneos en el escaneo realizado y de forma previa a la generación de los Modelos Digitales de Elevaciones (MDT, MDS).

Tras este proceso de corrección manual previo a la generación de los archivos de salida, la nube de puntos LiDAR quedó preparada para la generación cualquier tipo de Modelo de Elevaciones, MDT o MDS, o para la generación de cualquier otro producto final generado a partir de datos LiDAR.

La edición de los datos LiDAR se realizó siguiendo dos estrategias fundamentales:

- Búsqueda de puntos erróneos. El proceso de búsqueda de puntos erróneos consistió en la localización automática y posteriormente manual de puntos por encima o por debajo del terreno que no se corresponden con impactos sobre ningún objeto de interés. La existencia de estos puntos se debe a diversos factores como impactos sobre aves, reflejos en superficies metálicas o acristaladas que devuelven retornos bajo la superficie del suelo o existencia de pequeñas acumulaciones de vapor de agua en la atmósfera en las cercanías del sensor LiDAR.
- Edición de los puntos del terreno y no terreno. Se realizó una revisión y clasificación manual de los datos correspondientes al terreno y al no terreno tras el proceso de clasificación de los mismos realizada de forma automática mediante el programa *TerraScan* de *Terrasolid*. El objetivo de este proceso es corregir los posibles errores de clasificación cometidos por el programa.

Los archivos LiDAR crudos y clasificados se ajuntan en el *anexo 9. lidar*.

Ortofotomosaico

Para conseguir las ortofotos objeto del proyecto se estableció una secuencia de procesado que se resume a continuación:

1. Descarga y decodificación de los datos
2. Posicionamiento GPS
3. Generación de la trayectoria del avión
4. Desarrollo de las imágenes digitales y correcciones radiométricas
5. Obtención de parámetros finales de calibración de la cámara y puntos de aero-triangulación
6. Obtención de orientaciones externas y centros de proyección
7. Mosaico de imágenes digitales
8. Balance de color y generación de ortos

Como se puede observar los pasos 2 y 3 del procesado de las imágenes digitales son comunes al procesado LiDAR básico. Esto se debe a que se utiliza la misma solución obtenida para el vuelo LiDAR y para el vuelo orto utilizando los mismos datos GPS e INS. La precisión del vuelo LiDAR, asegurada por el posicionamiento LiDAR con errores centimétricos, asegura también una gran precisión en el posicionamiento de las imágenes digitales. La precisión planimétrica de las imágenes digital previa a la generación de las ortofotos se mejora mediante procesos de aero-triangulación digital (búsqueda de puntos homólogos y corrección de los parámetros de calibración de la cámara).

Para llegar a este producto se requieren tres insumos básicos:

- La aerotriangulación consiste en el proceso que se ciñe a las normas Cartográficas IGAC para la escala 1:2.000. Para esto se usan los archivos de soporte con las orientaciones exteriores correspondientes a cada fotografía (X, Y, Z, ω , ϕ , κ) de cada centro de fotografía. Ver *anexo 1. aerotriangulacion*.
- El Modelo Digital de Terreno - MDT, el cual sigue las formas naturales del terreno, sin tener en cuenta elementos antrópicos o alturas representativas originadas por grupos de árboles. Dicho modelo tiene intervalos de grilla de 0.5m X 0.5m, adecuados para describir la topografía del terreno y permitir que el proceso de Ortorectificación se desarrolle adecuadamente. Ver *anexo 4. dtm*.
- Las fotografías aéreas métricas, en formato digital para el proceso de Ortorectificación. Este insumo cumple con características técnicas específicas, tales como el tamaño de píxel, (0.1m), el cual depende de la resolución de la ortofoto; la geometría de las imágenes que garantiza la métrica y que el producto generado pueda ser usado para fines cartográficos. Preferiblemente estas fotografías deben estar en formato estándar (*.TIF de 24 bits RGB) más el canal IR y sin ningún tipo de tratamiento previo, toda vez que esto podría afectar la correlación, radiometría y geometría del producto final. Ver *anexo 5. fotos_rgb*.

En lo que respecta a las líneas de corte, estas cobran mucha importancia cuando se trabaja a escalas tales como, 1:2.000 o 1:1.000, y en zonas urbanas. Por tal razón se dispone de técnicos exclusivamente para la edición y control de calidad de las mismas y que entre otras labores verifican que no existan edificaciones o infraestructuras divididas por la perspectiva entre las fotografías adyacentes.

Usualmente las líneas de corte se trazan por las vías y zonas verdes o bosques donde la diferencia tonal es mínima.



Ilustración 92. Edición de líneas de corte

Generación de ortofotomosaico y balance de color

En el proceso de balance radiométrico si existen fotografías con alguna deficiencia radiométrica, es posible excluirlas sin que esto afecte el resultado final, como es el caso de zonas con presencia de nubes, niebla o bruma.

Para la generación del Ortofotomosaico, se tiene una distribución por grilla rectangular para su fácil despliegue y visualización, en formato TIF a cuatro bandas (RGBN), con resolución de 0.1m. y en formato ECW. Se muestra a continuación el producto final.

La grilla rectangular utilizada como índice de láminas se denomina *indice.shp* y se adjunta en al *anexo 6.indice*.



Ilustración 93. Mosaico integrado completo RGB.

Las ortofotos generadas han incluido los procesos de edición de orto-proyección, líneas de costura, radiometría, etc. para que esa ortofoto quede estéticamente correcta.

El producto ortofoto se adjunta en el *anexo 11. ortofoto*.

7.5 AJUSTE ALTURAS MODELO DIGITAL DE TERRENO

A continuación, se explica la metodología resumida y los resultados obtenidos para la generación del modelo geoidal local de precisión, a partir de una red geodésica con nivelación geométrica apoyada en puntos NP del IGAC.

7.5.1 DETERMINACIÓN DE LA RED GEODÉSICA Y NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

La red geodésica fue determinada por el método GPS estático diferencial con doble determinación a partir de estaciones permanentes del IGAC antes mencionadas.

Cada punto se materializó mediante mojones de concreto y placa metálica, nivelaron y contra nivelaron geométricamente de tal forma que cada punto tuvo altura elipsoidal y altura ortométrica.

La diferencia entre la elipsoidal y la ortométrica (geométrica) es la ondulación geoidal.

7.5.2 GENERACIÓN DEL MODELO GEOIDAL LOCAL DE PRECISIÓN

Se procedió a generar el modelo geoidal utilizando todos los puntos de la red geodésica.

Para la generación del modelo se utilizó el programa Global Mapper versión 15.0.7 en el cual se ingresan los puntos con sus coordenadas Este, Norte y ondulación y se genera una superficie 3D, luego se genera una grilla de 20 m X 20 m y se exporta a formato ASCII tipo texto.

El modelo geoidal integrado se adjunta en formato TIF y XYZ en el *anexo 10. modelo_geoidal*.

A continuación, se presenta el modelo geoidal local completo:

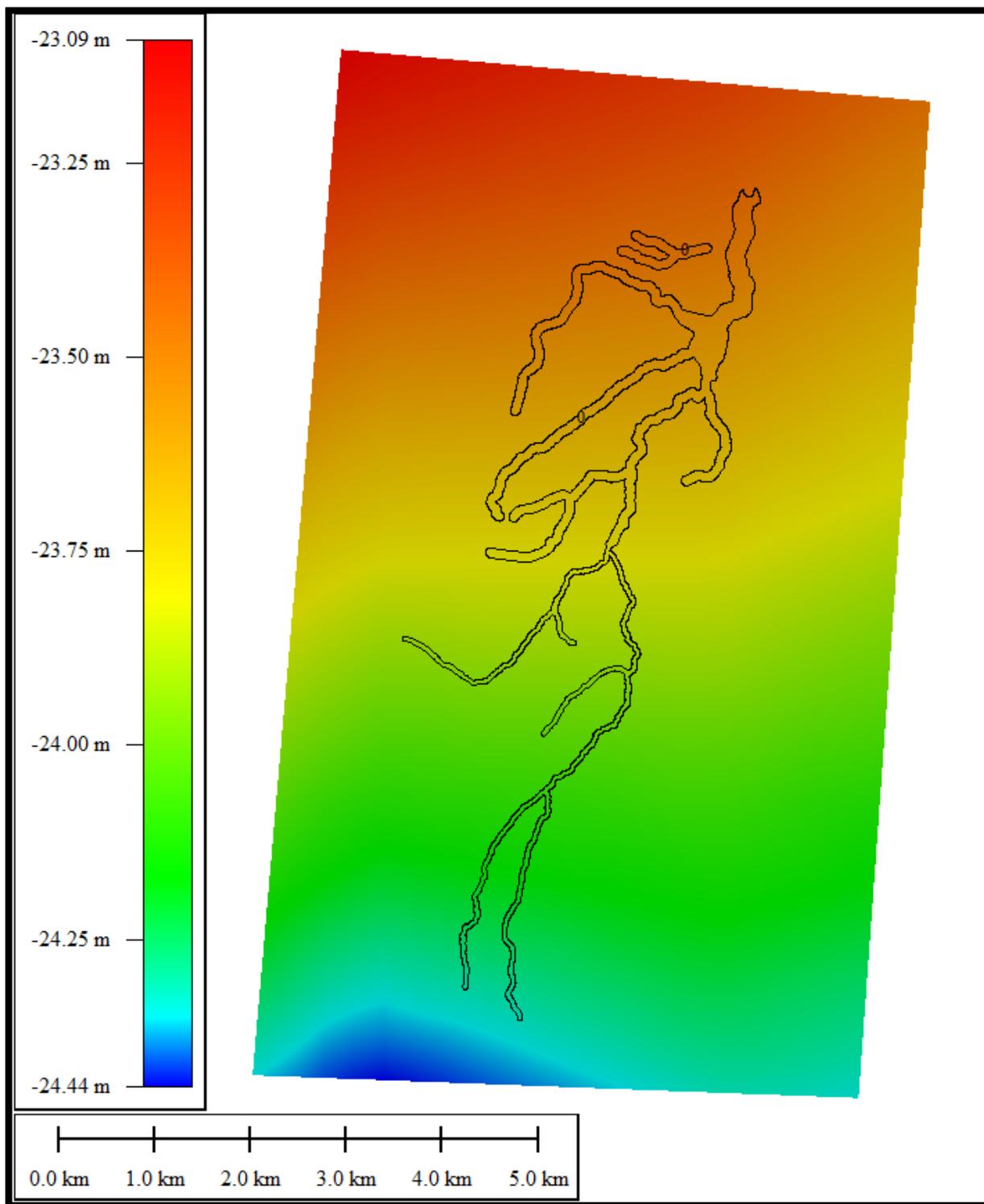


Ilustración 94. Modelo geoidal local completo

7.6 GENERACIÓN DE LOS MODELOS DE SUPERFICIE - DSM Y DE TERRENO – DTM

Con la nube de puntos georreferenciada se procedió a generar el Modelo Digital de Superficie (MDS), el cual es una superficie generada a partir de todos los puntos LiDAR, que tienen el primer retorno. En la siguiente imagen se presenta un detalle del modelo de superficie de malla regular de paso 0.5 x 0.5 m.

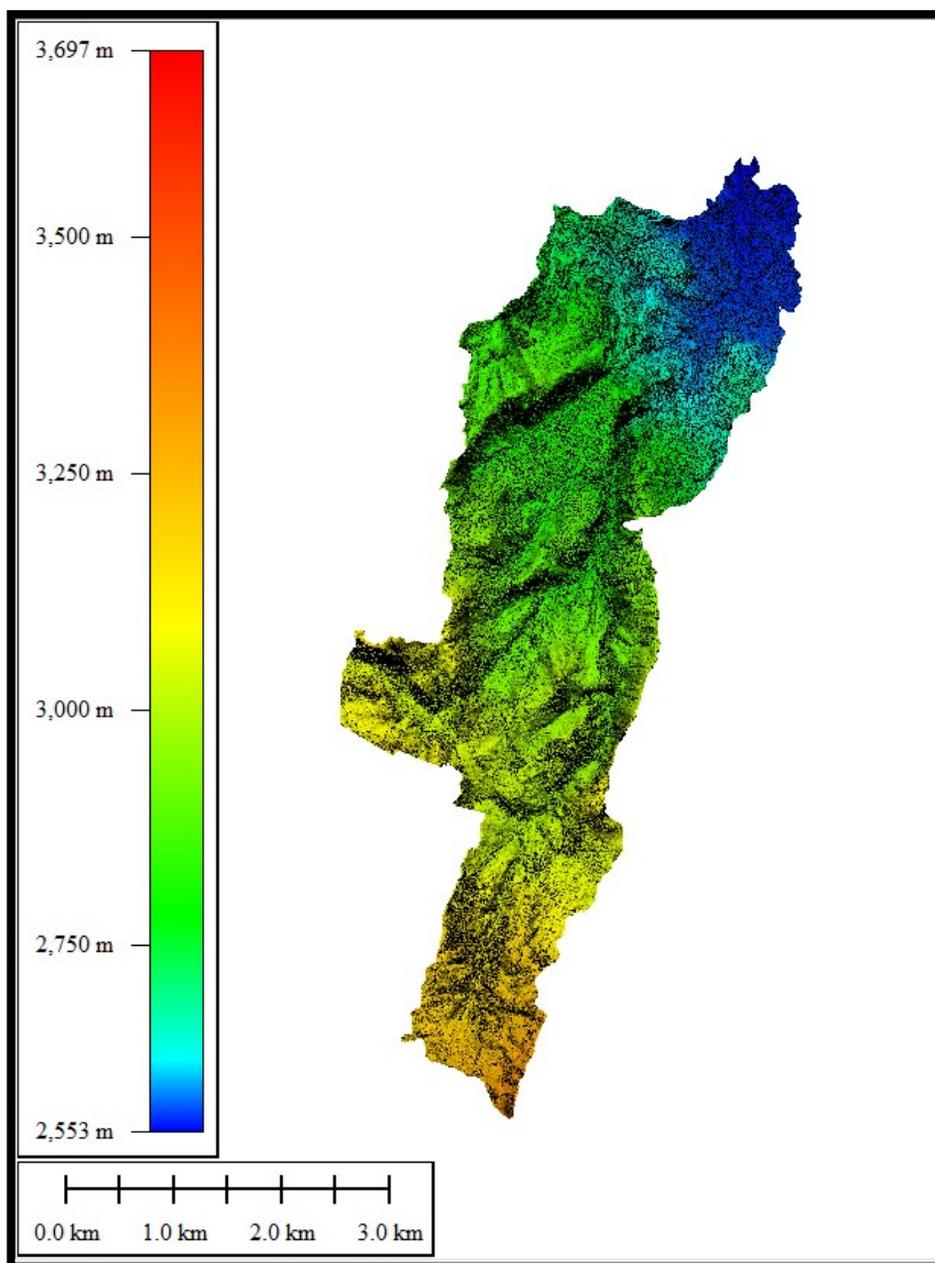


Ilustración 95. Modelo de Superficie - DSM completo

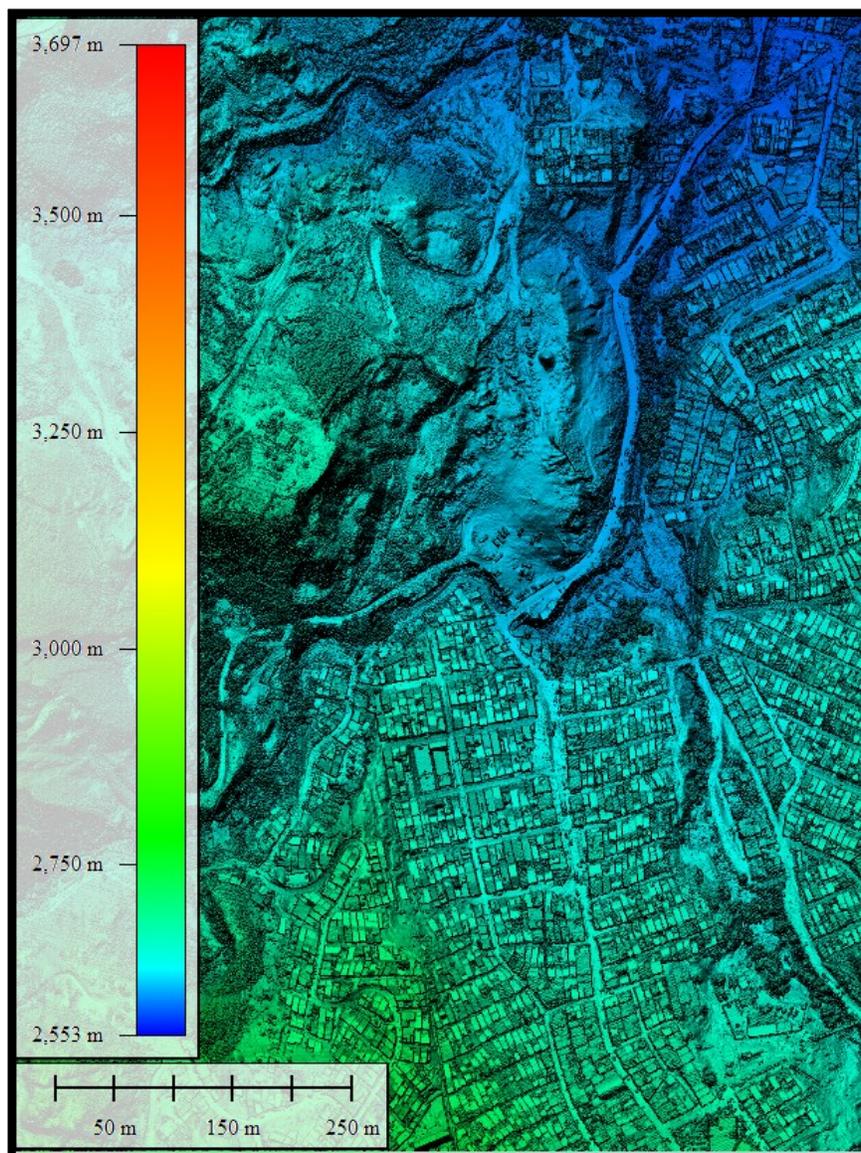


Ilustración 96. Detalle modelo de superficie – DSM

Para la generación del Modelo Digital del Terreno (MDT), se procedió a generar una superficie, a partir de todos los puntos LIDAR clasificados como terreno (Ground).

El producto DSM se adjunta en el *anexo 3.dsm*.

7.7 GENERACIÓN DEL MODELO INTEGRADO – DTM

Durante los trabajos de campo se levantaron secciones batimétricas incluidas las estructuras hidráulicas presentes y teniendo la nube de puntos LiDAR clasificados como Terreno (Ground), se generó una superficie que integró los dos tipos de información, obteniéndose un único Modelo Digital de Terreno.

Debido a la presencia de agua, vegetación o escombros en los cauces y/o canales el modelo digital del terreno - MDT generado con tecnología LIDAR presentó algunos errores en los cauces y/o canales que obstaculizan el flujo y dan problemas a la hora de realizar el estudio hidráulico, dichos errores se corrigieron utilizando como puntos batimétricos válidos los puntos de las secciones transversales tomadas en la campaña de campo.

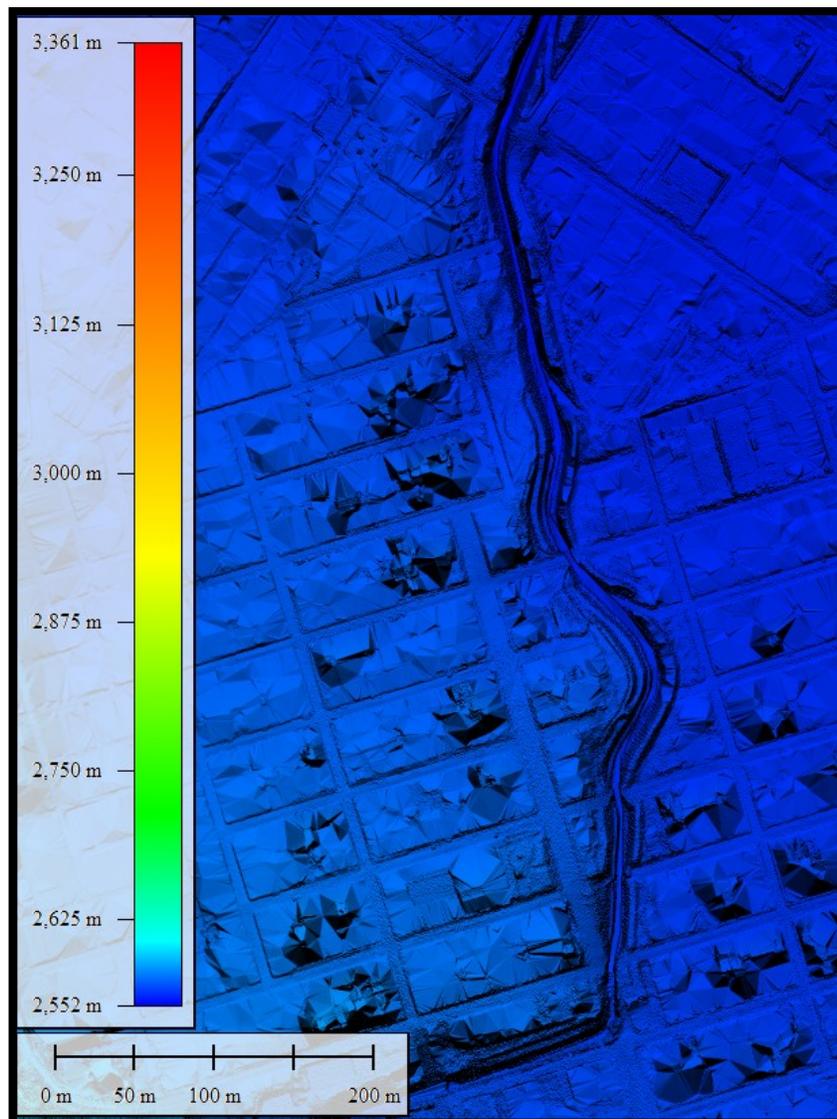


Ilustración 97. Detalle modelo de terreno integrado – DTM

El producto DTM se adjunta en el *anexo 4.dtm*.

7.8 RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

La restitución fotogramétrica es el proceso en donde se captura información altimétrica y planimétrica a partir de fotografías aéreas para la producción de mapas. A continuación se describen los aspectos principales que se tuvieron en cuenta en el proceso de restitución.

7.8.1 GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA ESCALA 1:2.000

Para el proyecto se capturaron los elementos cartográficos, sobre cada par de imágenes aerofotográficas, dado que se tienen datos LiDAR, y por ende la información altimétrica como nube de puntos y generación de curvas de nivel (Relieve), solo se hizo la captura respectiva de la información o feature class restantes de acuerdo con la ley 1392 de 2016. Esta labor se ejecutó con personal calificado y con amplia experiencia en el campo, toda vez que la mayoría de este ha prestado sus servicios al IGAC.



Ilustración 98. Restitución fotogramétrica



Ilustración 99. Restitución fotogramétrica



Ilustración 100. Detalle restitución fotogramétrica

7.8.2 CATÁLOGO DE CONTENIDO CARTOGRÁFICO

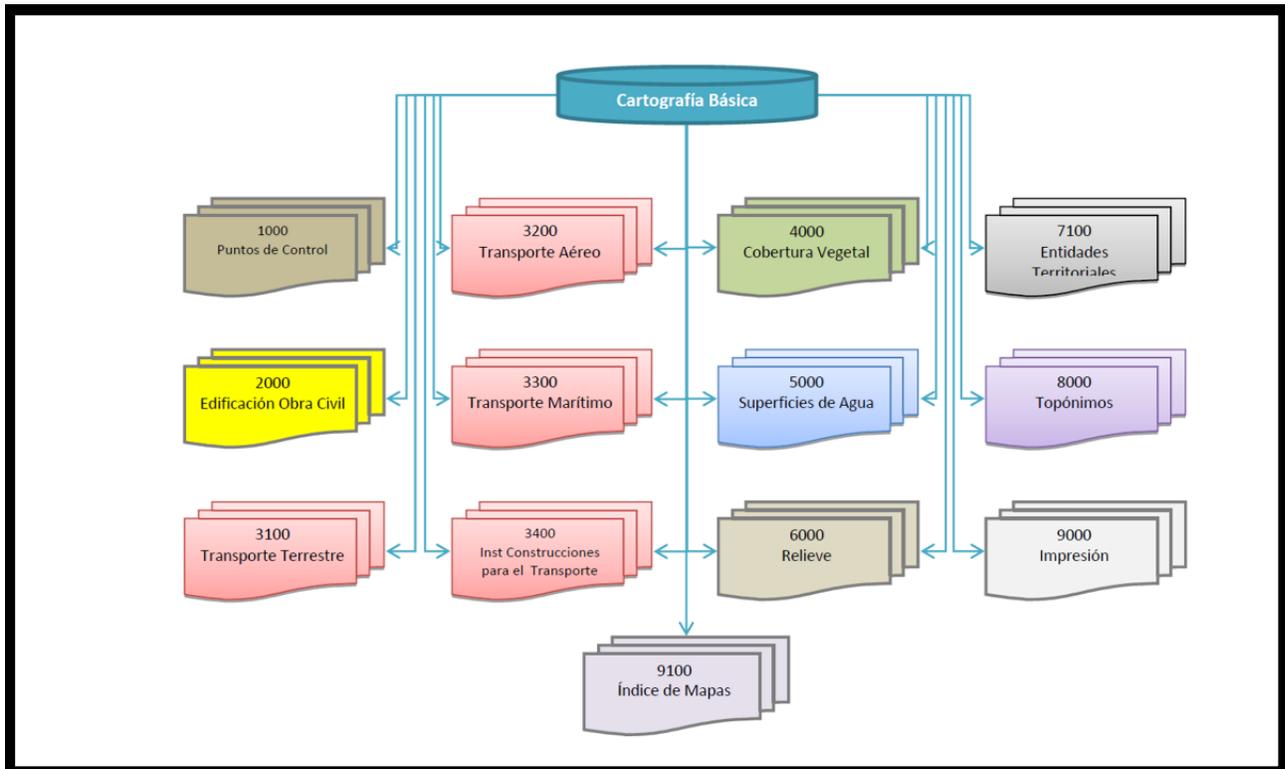


Ilustración 101. Catálogo de Objetos (fuente ley 1392 de 2016 IGAC)

El empleo de este catálogo ya está implementado a nivel geográfico tanto en su estructura (punto, línea o polígono) como su simbología, mediante carpetas en formato Geodatabase de igual forma la estructura en cuanto a subtipos y dominios pertinentes de acuerdo con la escala del proyecto, y como se indicó anteriormente se trabajó con los 12 grupos excepto el 6000, correspondiente a relieve, toda vez que esta información es extraída del procesamiento LiDAR.

Como producto de este proceso cartográfico se generaron la Geodatabase y su correspondiente archivo en formato CAD o DGN, entendiéndose que el archivo CAD es el archivo base de captura y desde ahí se migra a Geodatabase dándole la geometría de los elementos correspondiente y su simbología final, en el proceso que se conoce comúnmente como estructuración de información cartográfica.

La GDB tiene como propósito organizar y documentar los objetos geográficos correspondientes al proyecto, se adjunta en el *anexo 13.gdb*.

8. ANEXOS

Se entrega adjunto un disco USB con las siguientes carpetas donde se incluyen los anexos correspondientes.

- 1. aerotriangulacion
- 2. curvas_de_nivel
- 3. dsm
- 4. dtm
- 5. fotos_rgb
- 6. indice
- 7. informe
- 8. levantamiento_topobatimetrico
- 9. lidar
- 10. modelo_geoidal
- 11. ortofoto
- 12. red_geodesica
- 13. gdb
- 14. vuelo
- 15. inventario estructuras

Ilustración 102. Anexos