



**ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.**

**Instituto
DESARROLLO URBANO**

“ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA”

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1860 DE 2021

**ETAPA 4: PROFUNDIZACIÓN SOBRE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA
TOPOGRAFÍA Y ANÁLISIS CARTOGRÁFICO**

VERSION 2

BOGOTÁ, 2023 – JUNIO 13

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 0	24/03/2023	Elaboración inicial	88
Versión 1	11/04/2023	Primera Versión	97
Versión 2	13/06/2023	Segunda Versión	103

EMPRESA CONTRATISTA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Luis Felipe Sarmiento Especialista	Ing. Carlos Urdaneta Coordinador de Consultoría	Ing. Oscar Rico Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA




REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Manuel Humberto Díaz Especialista	Ing. Diotima Preciado Coordinador de Interventoría	Ing. Abraham Palacio Director de Interventoría

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	12
2.1. ANTECEDENTES.....	12
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. Objetivo General	13
3.2. Objetivos Específicos.....	13
4. LOCALIZACIÓN.....	13
5. RELACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOPORTE OBTENIDA.....	13
6. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE.....	14
6.1. Fase De Prefactibilidad:	14
6.2. Alcance:	15
6.2.1. Patio taller.....	16
6.2.2. Estación 1. Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24	17
6.2.3. Estación 2 Avenida NQS con Calle 22.	18
6.2.4. Estación 5 Avenida 1ra mayo entre Kra 52b y Kra 52d.	18
6.2.5. Estación 12 Calle 60 sur entre Kra 88c y Kra 88f.....	19
6.2.6. Estación 13 Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.	19
6.2.7. Estación 15 Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha.	20
6.2.8. Estación 18 Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha.	20
7. EQUIPOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS	21
7.1. Softwares Utilizados.....	21
7.2. Certificados de Calibración	22
7.3. Herramientas	22
8. PERSONAL INVOLUCRADO EN EL ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	23
9. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECIBIDA O INVESTIGADA.	23
10. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	25
10.1. Reconocimiento y ubicación de los puntos GNSS.	25
10.1.1. Descripción de los mojones a materializar.....	25

10.2.	Posicionamiento Estático GNSS.....	27
10.3.	Postproceso	30
10.4.	Nivelación Geométrica.....	31
10.4.1.	Equipos utilizados.....	32
10.5.	Poligonal en campo.	33
10.5.1.	Poligonal cerrada por ceros atrás	33
10.6.	Levantamiento planimétrico	35
10.6.1.	Levantamiento con estación total.	35
10.6.1.1.	Equipo utilizado.....	36
10.6.2.	Levantamiento con equipos GNSS	36
10.6.2.1.	Equipo utilizado.....	37
10.7.	Postproceso de la información en oficina.....	37
10.8.	Revisión De Calidad De La Información.	38
10.8.1.	Verificación de equipos en campo.	38
10.8.2.	Verificación de precisión de la información.	39
10.9.	Generación del MDT para el corredor seleccionado.	39
11.	RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS.	39
11.1.	Patio taller	39
11.1.1.	Descripción de los mojones.....	39
11.1.2.	Localización de puntos GNSS.....	40
11.1.3.	Posicionamiento estático GNSS.....	41
11.1.4.	Postproceso	42
11.1.4.1.	Resultados.....	43
11.1.5.	Nivelación geométrica.	44
11.1.5.1.	Resultados.....	44
11.1.6.	Levantamiento de detalles.....	45
11.1.6.1.	Levantamiento con RTK.....	45
11.2.	Estación 1. Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24.....	46
11.2.1.	Descripción de los mojones.....	46
11.2.2.	Localización de puntos GNSS	46
11.2.3.	Posicionamiento estático GNSS.....	47
11.2.4.	Postproceso	48
11.2.4.1.	Resultados.....	49
11.2.5.	Nivelación geométrica.	50

11.2.5.1.	Resultados.....	51
11.2.6.	Poligonales en campo.	52
11.2.7.	Levantamiento de detalles.....	53
11.2.7.1.	Levantamiento con estación total.....	53
11.2.8.	Postproceso de la información en oficina.....	53
11.3.	Estación 2 Avenida NQS con Calle 22.....	54
11.3.1.	Descripción de los mojones.....	54
11.3.2.	Localización de puntos GNSS.....	55
11.3.3.	Posicionamiento estático GNSS.....	56
11.3.4.	Postproceso.....	57
11.3.4.1.	Resultados.....	58
11.3.5.	Nivelación geométrica.....	59
11.3.5.1.	Resultados.....	60
11.3.6.	Levantamiento de detalles.....	60
11.3.6.1.	Levantamiento con RTK.....	60
11.4.	Estación 5 Avenida 1ra Mayo entre Kra 52b y Kra 52d.....	61
11.4.1.	Descripción de los mojones.....	61
11.4.2.	Localización de puntos GNSS.....	61
11.4.3.	Posicionamiento estático GNSS.....	62
11.4.4.	Postproceso.....	63
11.4.4.1.	Resultados.....	64
11.4.5.	Nivelación geométrica.....	65
11.4.5.1.	Resultados.....	65
11.4.6.	Poligonales en campo.....	67
11.4.7.	Levantamiento de detalles.....	68
11.4.7.1.	Levantamiento con estación total.....	68
11.4.7.2.	Levantamiento con equipos RTK.....	69
11.4.8.	Postproceso de la información en oficina.....	69
11.5.	Estación 12 Calle 60 sur entre Kara 88c y Kra 88f.....	70
11.5.1.	Descripción de los mojones.....	70
11.5.2.	Localización de puntos GNSS.....	71
11.5.3.	Posicionamiento estático GNSS.....	72

11.5.4.	Postproceso	73
11.5.4.1.	Resultados	74
11.5.5.	Nivelación geométrica.	75
11.5.5.1.	Resultados	75
11.5.6.	Levantamiento de detalles.	76
11.5.6.1.	Levantamiento con estación total.	76
11.5.6.2.	Levantamiento con equipos RTK	77
11.6.	Estación 13 Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.....	77
11.6.1.	Descripción de los mojones	77
11.6.2.	Localización de puntos GNSS	78
11.6.3.	Posicionamiento estático GNSS	79
11.6.4.	Postproceso	80
11.6.4.1.	Resultados	81
11.6.5.	Nivelación geométrica.	82
11.6.5.1.	Resultados	82
11.6.6.	Levantamiento de detalles.	83
11.6.6.1.	Levantamiento con equipos GNSS	83
11.7.	Estación 15. Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha.....	83
11.7.1.	Descripción de los mojones	83
11.7.2.	Localización de puntos GNSS	84
11.7.3.	Posicionamiento estático GNSS	85
11.7.4.	Postproceso	86
11.7.4.1.	Resultados	87
11.7.5.	Nivelación geométrica.	88
11.7.5.1.	Resultados	89
11.7.6.	Levantamiento de detalles.	90
11.7.6.1.	Levantamiento con RTK.....	90
11.8.	Estación 18. Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha.....	90
11.8.1.	Descripción de los mojones	90
11.8.2.	Localización de puntos GNSS	91
11.8.3.	Posicionamiento estático GNSS	92
11.8.4.	Postproceso	93

11.8.4.1.	Resultados.....	94
11.8.5.	Nivelación geométrica.	95
11.8.5.1.	Resultados.....	95
11.8.6.	Levantamiento de detalles.....	96
11.8.6.1.	Levantamiento con RTK.....	96
11.9.	Resumen de coordenadas.....	97
11.10.	Áreas levantadas.....	99
11.11.	Generación de ortofotos.	99
11.12.	Redes de servicios.	100
12.	ESTIMACIÓN CANTIDADES Y COSTOS.....	100
13.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	102
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
15.	ANEXOS.....	103
15.1.	Carpeta 2. Personal_Equipos.....	103
15.2.	Carpeta 3. Georreferenciación.....	103
15.3.	Carpeta 4. Poligonal_Marco.....	103
15.4.	Carpeta 5. Nivelación.....	103
15.5.	Carpeta 6. Detalles.....	103
15.6.	Carpeta 7. Planos Topográficos.....	103
15.7.	Carpeta 8. Registro Fotográfico.....	103
15.8.	Carpeta 9. Costo Siguiendo Etapa.....	103
15.9.	Carpeta 10. Riesgos Componente.....	103
15.10.	Carpeta 11. Otros Entregables.....	103
15.11.	Carpeta 12. Pruebas Productos.....	103
15.12.	Carpeta 13. Aprobación interventoría.....	103
15.13.	Carpeta 14. Contrato Anexo Tec.....	103

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 .	Localización general de la alternativa 7.....	15
Figura 2.	Volúmenes de tránsito para las estaciones.....	16
Figura 3.	Localización del patio taller.....	17
Figura 4.	Estación 1: Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24.	17
Figura 5.	Estación 2: Avenida NQS con Calle 22.	18
Figura 6.	Estación 5: Avenida 1ra Mayo entre Kra 52b y Kra 52d.....	18

Figura 7. Estación 12: Calle 60 sur entre Kra 88c y Kra 88f.	19
Figura 8. Estación 13: Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.	19
Figura 9. Estación 15: Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha.	20
Figura 10. Estación 18: Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha.....	20
Figura 11. Herramientas, equipos y vehículos adicionales.	22
Figura 12. Esquema para los mojones en concreto.....	26
Figura 13. Ejemplo de la Inscripción de las placas	26
Figura 14. Posicionamiento diferencial.	27
Figura 15. Antena Equipo GNSS utilizado.....	28
Figura 16. Localización de puntos GNSS.....	28
Figura 17. Puntos para el posicionamiento GPS.	29
Figura 18. Tiempo de rastreo.	29
Figura 19. Tiempos de rastreo según la distancia de los puntos.	30
Figura 20. Parámetros equipos GNSS campo.....	30
Figura 21. Cálculo GNSS.	31
Figura 22. Nivelación puntos de control horizontal y vertical.	32
Figura 23. Nivel automático.....	33
Figura 24. Levantamiento con Estación total marca South.....	36
Figura 25. Levantamiento con metodología Stop and Go.....	37
Figura 26. Materialización mojón para GPS 02.	40
Figura 27. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS... 40	40
Figura 28. Esquema de ajuste de red GPS 02 Y SAZ 02.	42
Figura 29. Circuito de nivelación 4.3 para patio taller.	44
Figura 30. Incrustación sobre sardinel placa GPS 06 y SAZ 06.....	46
Figura 31. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS... 47	47
Figura 32. Esquema de ajuste de red GPS 06 Y SAZ 06.....	49
Figura 33. Circuito 1 de nivelación para la Carrera 15 entre Calle 23 y Calle 24.	51
Figura 34. Esquema poligonal cerrada por ceros atrás.	52
Figura 35. Puntos de posicionamiento para GPS 05 Y SAZ 05.	55
Figura 36. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS... 55	55
Figura 37. Esquema de ajuste de red GPS 05 y SAZ 05.....	57
Figura 38. Circuito 2 de nivelación para la AV NQS.	59
Figura 39. Puntos de posicionamiento para GPS 07 Y SAZ 07.	61
Figura 40. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS... 62	62
Figura 41. Esquema de ajuste de red GPS 07 y SAZ 07.....	64
Figura 42. Circuito 2 y 3 de nivelación para la AV 1ra de Mayo.....	66
Figura 43. Esquema poligonal cerrada por ceros atrás.	68
Figura 44. Puntos de posicionamiento para GPS 08 Y SAZ 08.	71
Figura 45. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS... 71	71
Figura 46. Esquema de ajuste de red GPS 08 y SAZ 08.....	73
Figura 47. Circuito de nivelación para la Calle 60.....	75
Figura 48. Puntos de posicionamiento para GPS 04 Y SAZ 04.	78
Figura 49. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS... 78	78

Figura 50. Esquema de ajuste de red GPS 04 y SAZ 04.	80
Figura 51. Circuito de nivelación para la Carrera 90.	82
Figura 52. Puntos de posicionamiento para GPS 01 Y SAZ 01.	84
Figura 53. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS. ...	85
Figura 54. Esquema de ajuste de red GPS 01 y SAZ 01.	87
Figura 55. Circuito de nivelación para la Calle 37.	89
Figura 56. Puntos de posicionamiento para GPS 03 Y SAZ 03.	91
Figura 57. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS. ...	91
Figura 58. Esquema de ajuste de red GPS 03 y SAZ 03.	93
Figura 59. Circuito de nivelación para San Marón.	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Recopilación documentos de referencia.	14
Tabla 2. Equipos usados en Campo.	21
Tabla 3. Comisión de campo.	23
Tabla 4. Recopilación documentos de referencia.	24
Tabla 5. Chequeo de verificación de equipos en campo.	38
Tabla 6. Vértices Georreferenciados GPS 02 y SAZ 02.	41
Tabla 7. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.	43
Tabla 8. Coordenadas de punto de amarre en época actual.	43
Tabla 9. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.	44
Tabla 10. Resultados de errores obtenidos.	45
Tabla 11. Resultado de nivelación.	45
Tabla 12. Vértices Georreferenciados GPS 06 y SAZ 06.	48
Tabla 13. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.	50
Tabla 14. Coordenadas de punto de amarre en época actual.	50
Tabla 15. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.	50
Tabla 16. Resultados de errores obtenidos.	51
Tabla 17. Resultado de nivelación.	51
Tabla 18. Resultados de la poligonal cerrada por ceros atrás.	54
Tabla 19. Vértices Georreferenciados GPS 05 y SAZ 05.	56
Tabla 20. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.	58
Tabla 21. Coordenadas de punto de amarre en época actual.	58
Tabla 22. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.	59
Tabla 23. Resultados error obtenido.	60
Tabla 24. Resultado de nivelación.	60
Tabla 25. Vértices Georreferenciados GPS 07 y SAZ 07.	63
Tabla 26. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.	65
Tabla 27. Coordenadas de punto de amarre en época actual.	65
Tabla 28. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.	65
Tabla 29. Resultados errores obtenidos.	66
Tabla 30. Resultado de nivelación.	66

Tabla 31. Resultados de la poligonal cerrada por ceros atrás.	70
Tabla 32. Vértices Georreferenciados GPS 08 y SAZ 08.	72
Tabla 33. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.....	74
Tabla 34. Coordenadas de punto de amarre en época actual	74
Tabla 35. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00	75
Tabla 36. Resultados errores obtenidos	76
Tabla 37. Resultado de nivelación.....	76
Tabla 38. Vértices Georreferenciados GPS 04 y SAZ 04.	79
Tabla 39. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.....	81
Tabla 40. Coordenadas de punto de amarre en época actual	81
Tabla 41. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00	82
Tabla 42. Resultados errores obtenidos	83
Tabla 43. Resultado de nivelación.....	83
Tabla 44. Vértices Georreferenciados GPS 01 y SAZ 01.	86
Tabla 45. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.....	88
Tabla 46. Coordenadas de punto de amarre en época actual	88
Tabla 47. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00	88
Tabla 48. Resultados errores obtenidos	89
Tabla 49. Resultado de nivelación.....	89
Tabla 50. Vértices Georreferenciados GPS 03 y SAZ 03.	92
Tabla 51. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.....	94
Tabla 52. Coordenadas de punto de amarre en época actual	94
Tabla 53. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00	95
Tabla 54. Resultados errores obtenidos	96
Tabla 55. Resultado de nivelación.....	96
Tabla 56. Resumen de coordenadas puntos GNSS.....	98
Tabla 57: Resumen de áreas levantadas.	99
Tabla 58: Cantidades y costos para la etapa de factibilidad.	101

1. INTRODUCCIÓN

La información Topográfica es la columna vertebral de los estudios técnicos de infraestructura, urbanismo y agrimensura entre otros, son el insumo a partir del cual se localiza, estudia y desarrolla las áreas involucradas en los proyectos; por lo anterior, se requiere garantizar que se cumpla con los criterios establecidos en las especificaciones técnicas de los productos geográficos ofrecidos y se garantice un estricto control de calidad en los trabajos realizados tanto en campo (levantamiento) como en oficina (análisis y procesamiento).

En el mundo de hoy, la tecnología ha ido avanzando en forma creciente para satisfacer los exigentes requerimientos y necesidades del hombre moderno. Este constante crecimiento trae como consecuencia la revisión, creación e integración de herramientas que buscan perfeccionar y optimizar los productos, tiempos y procedimientos.

La Geodesia y la Topografía han recibido un gran aporte con la introducción de nuevas herramientas tales como los sistemas de posicionamiento global por satélite (GNSS), los sensores remotos aerotransportados (sistemas LIDAR entre otros), haciendo necesario plantear y generar metodologías para que estas herramientas logren entregar las precisiones que satisfagan los requerimientos particulares de los proyectos.

Los levantamientos topográficos realizados mediante sensores remotos aerotransportados son equivalentes a los producidos con métodos convencionales pero de mayor resolución, nuestra experiencia en este tipo de trabajos nos ha demostrado que al final de todo el proceso, los productos generados cumplen con las especificaciones de precisión y calidad, aportando en los estudios insumos y beneficios adicionales que no podrían ser obtenidos mediante técnicas de levantamiento netamente convencionales.

El uso combinado de las anteriores tecnologías permitió optimizar las diferentes actividades y recursos del estudio, obteniéndose al final un mejor control del proyecto al tener en un menor tiempo toda la información base de levantamiento en campo.

A continuación, se hace una descripción general del estudio, exponiendo los objetivos, su localización, los recursos empleados para el desarrollo de los trabajos, los equipos y sensores utilizados, la metodología y actividades desarrolladas, así como los productos y subproductos generados.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.

2.1. ANTECEDENTES

El proyecto del Corredor Férreo del Sur tiene como principal antecedente la infraestructura férrea existente que fue construida a finales del siglo XIX y que es administrada por la nación, a través de la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI y el Instituto Nacional de Vías - INVIAS, y por el departamento mediante la Empresa Férrea Regional – EFR.

En el año 1999 el IDU contrató los “Estudios y diseños de la adecuación vial del Ferrocarril del Sur entre la Avenida 19 (Intersección Avenida Ciudad de Lima por Carrera 19) y la Calle 12 de Bosa”, el cual tenía como propósito realizar la evaluación que brindara la información necesaria para evaluar la viabilidad del proyecto, con el fin de optimizar y racionalizar el uso de los recursos ambientales y evitar o mitigar los riesgos, efectos e impactos negativos que puedan provocarse. En el componente de topografía se recopiló la información primaria y secundaria existente y se actualizó realizando un levantamiento topográfico sobre el corredor existente.

En el período administrativo 2016-2020 en el Instituto de Desarrollo Urbano se adelantó la prefactibilidad del proyecto para implementar un Sistema Troncal de Buses BRT en la Avenida Ferrocarril del Sur, proyecto con el cual se pretendía aprovechar las áreas de reserva vial para desarrollar un perfil con carriles exclusivos de buses del componente troncal paralelos a la línea férrea.

2.2. JUSTIFICACIÓN.

En el avance de las primeras 3 fases del proyecto, se identificó que la tipología más adecuada para la localización del corredor férreo corresponde a la subterránea. Por lo que, el diseño del corredor férreo del sur se presenta utilizando un túnel que recorre 13.96 km en la ciudad de Bogotá y 9.18 km en el municipio de Soacha, con 18 estaciones a lo largo del trazado y un área para el patio taller que se ubica en el municipio de Soacha. Aunque las estaciones y las construcciones requeridas para la operación también serán subterráneas, para su construcción se requiere la demolición de los elementos existentes a nivel y realizar las excavaciones hasta llegar al nivel del túnel proyectado.

Considerando las características del corredor férreo presentadas, se identifica que las mayores afectaciones y donde se requiere un mayor nivel de precisión en los diseños desarrollados a nivel de prefactibilidad, corresponde a los sectores donde se ubicaran las estaciones. Por lo tanto, para brindar ese nivel de precisión se hace necesario el desarrollo de un levantamiento topográfico sobre estas áreas, lo que permita definir con claridad cuáles son los elementos existentes.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Realizar los estudios de planimetría y altimetría de los sectores de mayor relevancia en el recorrido de la alternativa seleccionada para el proyecto, los cuales se describen en el capítulo 6.2. Alcance, para realizar los estudios del proyecto “ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FERROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA”

3.2. Objetivos Específicos

- Recopilar la información de topografía de los sitios de interés de la alternativa 7 para la realización de los diseños del proyecto.
- Realizar el levantamiento topográfico en las principales estaciones del proyecto.
- Localizar y georreferenciar la implantación de la alternativa seleccionada, con la información recopilada en campo.

4. LOCALIZACIÓN.

El proyecto “ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FERROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.” Se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá, en las localidades de Santa FÉ, Los Mártires, Puente Aranda, Kennedy, Ciudad Bolívar, Bosa y en el municipio de Soacha. La localización precisa del proyecto se presenta en la Figura 1.

Instituto de Desarrollo Urbano

5. RELACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOPORTE OBTENIDA

Se ha tomado la información recomendada para el inicio de la búsqueda y validación de la información, se genera un cuadro a manera de base de datos rápida en donde se consolidan los contratos que cuentan con información disponible y útil para el estudio de pre factibilidad, este documento será la columna vertebral de la búsqueda de la información, pues se organizan en hojas diferentes los contratos que cumplen o aplican y los que por otra parte no cumplen o aplican, se ha dispuesto del enlace de cada uno de los contratos en donde se almacenan los productos o archivos, estos contratos que aplican están dentro del Buffer de la alternativa seleccionada.

Tabla 1: Recopilación documentos de referencia.

1. RECOPIACIÓN DOCUMENTOS DE REFERENCIA			
CONTRATO	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN	ENLACE
Proyecto Metro para Bogotá 1989-1991	NA	Información desactualizada, planos a escala 1:25000 y corresponde a un estudio de Prefactibilidad	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/127530
Contrato IDU 132-2000	NA	Información desactualizada, no coincide la construcción propuesta con la realidad. (Comparar con imágenes satelitales o Institucionales IDECA)	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+132+de+2000
contrato IDU 25 de 2003	APLICA	planta topográfica aplicable al área de interés.	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/75349
contrato IDU 256 de 2003	NA	información fuera del corredor del proyecto	https://webidu.idu.gov.co/jspui/simple-search?query=106820
contrato IDU 32 de 2006	NA	información fuera del corredor del proyecto, comprendida por la AK 68	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/31037
contrato IDU 91 de 2006	NA	información fuera del corredor del proyecto, carece de topografía y esta enfocado en gestión ambiental	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+91+de+2006&value_lang=es
contrato IDU 40 de 2007	NA	información fuera del corredor del proyecto, carece de topografía y esta enfocado en diagnóstico y mantenimiento de vías	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+40+de+2007&value_lang=es
contrato IDU 70 de 2008	NA	información fuera del corredor del proyecto comprendida en la localidad de chapinero.	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+70+de+2008&value_lang=es
contrato IDU 73 de 2008	NA	información fuera del corredor del proyecto	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+73+de+2008&value_lang=es
contrato IDU 77 de 2008	APLICA	Topografía existente en el Puente vehicular Cl. 19 por Av. NQS	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/110155
contrato IDU 51 de 2012	APLICA	Topografía existente en la cll 39 l sur con Av Boyaca	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/110887
contrato IDU 849 de 2013	APLICA	Topografía existente, dentro del area de interes plano Tramo 2. Av. 68 - San Victorino. 1 al 5 de 22	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/117983
Contrato IDU 1968 de 2013	APLICA	levantamiento topográfico detallado, dentro del área de interés.	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/110909

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2022.

6. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE

El proyecto “ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FERROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.” Busca realizar los estudios técnicos que permitan el análisis y estructuración del corredor férreo del sur y su conexión con la primera línea del metro, Regiotram de occidente, Regiotram del Norte y el sistema de transporte público de la ciudad; para permitir la integración regional de Bogotá-Cundinamarca.

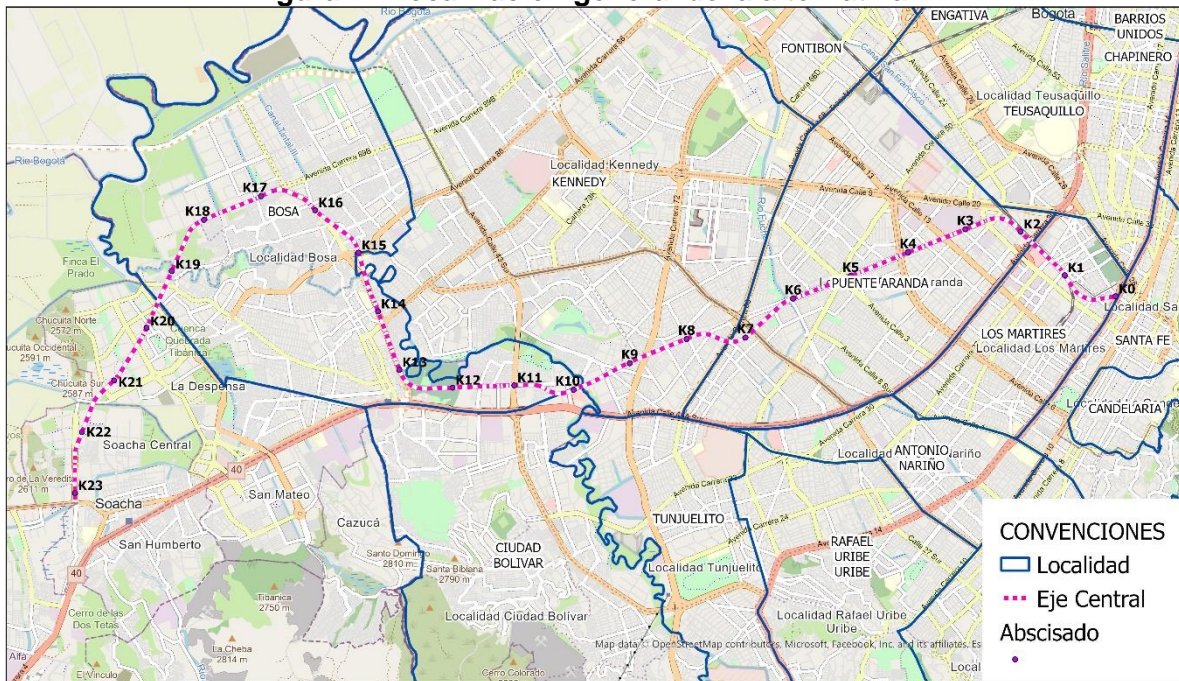
6.1. Fase De Prefactibilidad:

El desarrollo del proyecto en sus 3 primeras fases realizó el estudio de 7 alternativas de trazado para el corredor férreo del sur, las cuales, se estudiaron en las diferentes

especialidades, a través de una matriz multi criterio se identificó cual es la alternativa más favorable para el corredor férreo del sur.

La alternativa seleccionada, denominada como alternativa 7, corresponde a un trazado de **24.5 km** de longitud, su trazado se indica en la siguiente figura:

Figura 1 . Localización general de la alternativa 7.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2. Alcance:

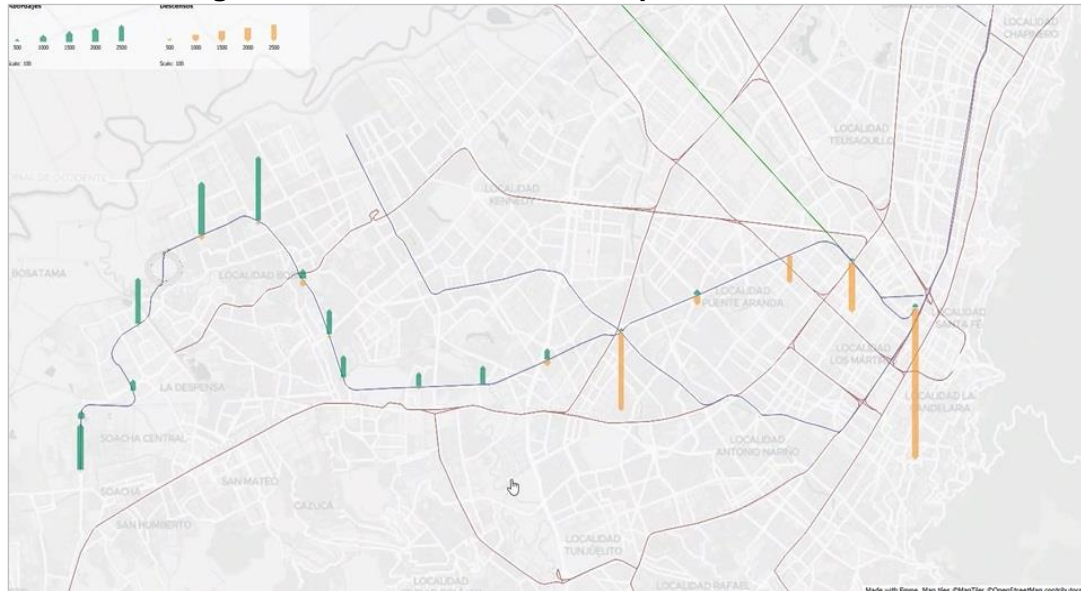
En el desarrollo de la etapa 3 del proyecto, se identificó que la alternativa 7 es la seleccionada para elaborar la etapa 4. Donde se realizará la profundización de los diferentes componentes del proyecto. Así mismo, mediante una matriz multicriterio se evaluó que tipología (A nivel, elevado o subterráneo) es la más conveniente para el tren de pasajeros con el recorrido de la alternativa 7. Como conclusión de la matriz multicriterio, se identificó que la tipología subterránea es más adecuada para el proyecto.

Aunque en los capítulos técnicos de consultoría, en la disciplina de topografía se indica que se debe realizar “Levantamiento topográfico en las intersecciones con malla vial arterial.”, considerando que la alternativa es subterránea se evalúa que no es necesario dado que no se presentan las intersecciones con la malla vial arterial, por lo que, se definen nuevos sectores que brinde un mayor beneficio al proyecto en la etapa de prefactibilidad y en etapas posteriores.

De acuerdo con las necesidades de información definidas en las diferentes disciplinas, se identificó que para la etapa de prefactibilidad, las zonas que requieren el levantamiento de

información en campo son las estaciones que presentan mayores volúmenes de pasajeros, por lo tanto, requieren de un mayor tamaño y no manejan un tipo de estación estándar. Aunque las estaciones son subterráneas, para su construcción se requieren excavaciones y el diseño de estructuras a nivel, es por eso, que se considera de interés el levantamiento de información de los elementos existentes sobre la superficie.

Figura 2. Volúmenes de tránsito para las estaciones



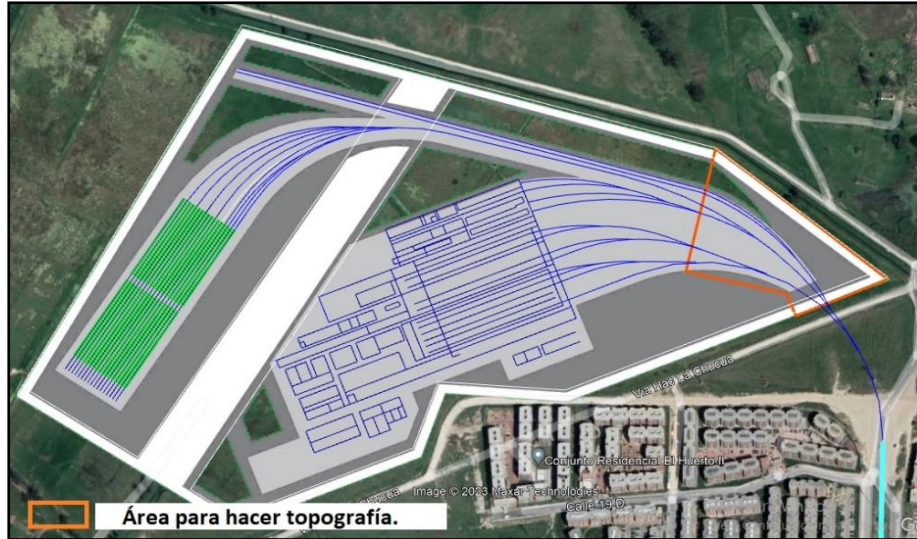
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

A continuación, se describe la localización de las principales estaciones y las áreas definidas para el levantamiento de información en campo.

6.2.1. Patio taller.

Para el patio taller se levantó la zona de acceso donde se realiza la transición entre el túnel y la salida a la superficie para la distribución en el patio taller. Por lo tanto, se requiere conocer en detalle cómo es la topografía donde se encuentra el portal de salida del túnel. La zona levantada corresponde a un área de 2.8 Ha; para complementar la información de la zona donde se proyecta ubicar el patio taller se utilizó información secundaria de origen oficial que permitió realizar los análisis en las diferentes especialidades del proyecto. En la siguiente figura se presenta la localización del patio taller y el área levantada:

Figura 3. Localización del patio taller.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.2. Estación 1. Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24

Para la estación de la Calle 23 que es la estación donde inicia el recorrido, se levantó un área de 0.63 Ha, que se indica en la siguiente figura:

Figura 4. Estación 1: Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24.

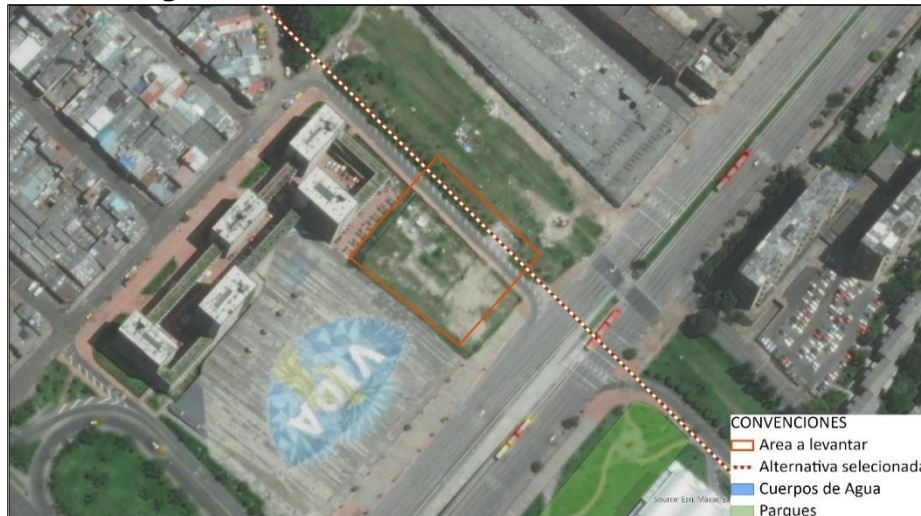


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.3. Estación 2 Avenida NQS con Calle 22.

Para la estación 2 localizada en la Av. NQS se proyecta bajo un lote que se encuentra vacío, se levantó un área de 0.53 Ha, que se indica en la siguiente figura:

Figura 5. Estación 2: Avenida NQS con Calle 22.

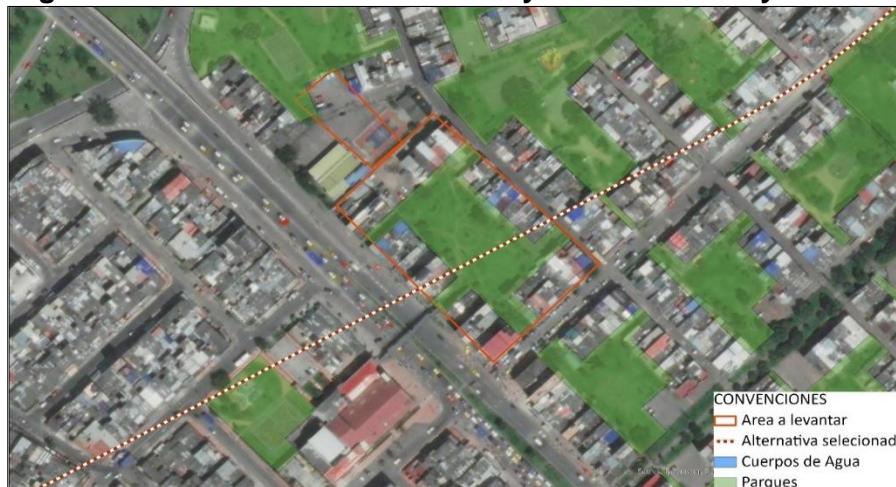


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.4. Estación 5 Avenida 1ra mayo entre Kra 52b y Kra 52d.

Para la estación 5 localizada en la Av. 1^{ra} Mayo se proyecta bajo la zona de un parque para su integración, también se incluye la conexión con una estación de la primera línea del metro que estará ubicada en esta intersección, se levantó un área de 1.13 Ha, que se indica en la siguiente figura:

Figura 6. Estación 5: Avenida 1ra Mayo entre Kra 52b y Kra 52d.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.5. Estación 12 Calle 60 sur entre Kra 88c y Kra 88f

Para la estación 12 localizada en la Calle 60 sur se proyecta bajo un parqueadero, se levantó un área de 0.70 Ha, que se indica en la siguiente figura:

Figura 7. Estación 12: Calle 60 sur entre Kra 88c y Kra 88f.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.6. Estación 13 Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.

Para la estación 13 localizada en la Carrera 90 se proyecta bajo una zona verde para su integración, se levantó un área de 0.70 Ha, que se indica en la siguiente figura:

Figura 8. Estación 13: Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.7. Estación 15 Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha.

La estación 15 está localizada en la Calle 37, se proyecta bajo una zona verde para su integración, se levantó un área de 0.69 Ha, que se indica en la siguiente figura:

Figura 9. Estación 15: Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

6.2.8. Estación 18 Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha.

La estación 18 se localiza en la Av. San Marón en el municipio de Soacha, se proyecta bajo el separador de la vía, se levantó un área de 0.68 Ha y se muestra en la siguiente figura:

Figura 10. Estación 18: Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

7. EQUIPOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS

Para la ejecución de los trabajos se hizo uso de los siguientes equipos y herramientas:

Tabla 2. Equipos usados en Campo.

EQUIPO	MARCA	MODELO
4 receptores satelitales doble frecuencia y constelación, en modo estático y RTK Precisión: Estático Hz: 3mm + 0.5 ppm V: 5 mm + 0.5 ppm RTK Hz: 10mm + 1 ppm V: 15mm +1ppm	ComNav Technology Ltd.	T300
Controladoras de campo para geo receptores y/o estaciones totales	Handheld	Nautiz x7
Estaciones electrónicas totales con resolución angular 3" y 5" con aproximación en pantalla a 1" Precisión: 2mm + 2ppm	South TITAN	N6+ 2" Serial: S143628 TTS2 Serial: Z.134324R
Nivel automático electrónico Desviación típica en medición de altura por km de doble nivelación 1.5 mm	GEOMAX LEICA	ZDL 700 Serial: 4211574 Sprinter 250 M Serial: 221443
Computadores con software especializado en geodesia, topografía y dibujo asistido.	Toshiba	Satélite a665

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Nota: Los equipos cuentan con sus respectivos accesorios: trípodes, bastones telescópicos, miras, plomadas, radios de comunicación y herramienta menor.

7.1. Softwares Utilizados

- **TOPSURV** versión 8.0, para controladoras de campo (registros con Georeceptores Estaciones totales).
- **TRIMBLE BUSSINES V 3.5** para el procesamiento de la información Topográfica Recolectada mediante georeceptores satelitales doble frecuencia y estaciones Totales.
- Software para dibujo: AutoCAD.
- Software para generación de curvas de nivel: AutoCAD Civil 3D.
- Software para generación de Modelos Digitales de Terreno: AutoCAD Civil 3D.
- Software para procesamiento de datos de campo.
- Hoja electrónica y procesador de texto: Microsoft Office.

El software de procesamiento de los puntos GNSS (Topcon tools) presenta un modo Demo, en cual se pueden ajustar hasta 5 puntos al tiempo, lo cual, es suficiente para este caso.

7.2. Certificados de Calibración

Las fichas técnicas y los certificados de calibración de los equipos a utilizar (Estación total y nivel de precisión), con un periodo de vigencia menor a 1 mes, se agregan en el Anexo 2.2.2.

7.3. Herramientas

Como parte del equipo necesario para lograr los objetivos de tiempo y calidad del proyecto se contó con las comisiones acordadas previamente con el cliente, de acuerdo con los plazos establecidos para la ejecución del proyecto.

- Vehículos 4x4 tipo doble cabina.
- Martillos, palas, picas, machete, pintura, etc.
- Referencias metálicas (tornillo, placa, etc.).
- Kit de seguridad y dotación personal (EPP) y bioseguridad.
- Radios de comunicación, cámaras fotográficas, internet inalámbrico, celulares, accesorios, baterías, etc.
- Baterías extras auxiliares para estación total, GNSS GPS y Nivel Digital.

Figura 11. Herramientas, equipos y vehículos adicionales.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

8. PERSONAL INVOLUCRADO EN EL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para la realización de las actividades de campo se trabajó con una comisión conformada por un coordinador de campo quien es Ingeniero Topográfico, un tecnólogo en topografía y 2 auxiliares de topografía con experiencia, para el trabajo de oficina un dibujante tecnólogo con experiencia en proyectos urbanos.

En el siguiente cuadro se relaciona el personal coordinador de campo de la comisión para la realización del levantamiento de información para el proyecto.

Tabla 3. Comisión de campo.

NOMBRE	CARGO	PROFESIÓN	LICENCIA No
Felipe Sarmiento	Especialista de consultoría	Ingeniero Topográfico	25335-307230-CND
Santiago Ventura	Coordinador de campo	Ingeniero Topográfico	25335-415292-CND
Maira Álvarez		Ingeniera Topográfica	091289-0593654 CND
Yineth Quesada		Ingeniera Topográfica	091289-0617154 CND

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

9. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECIBIDA O INVESTIGADA.

Para dar cumplimiento a la etapa de recopilación de la información existente en topografía, se recopiló la información disponible, relacionada con la disciplina de levantamiento topográfico, con el fin de verificar su utilidad, pertinencia y aplicación en el desarrollo de esta.

Se verificó uno a uno los contratos que se indicaron en el documento “*Capítulos técnicos Consultoría*”, que sirven como información secundaria de referencia, esto con el fin de validar de manera correcta que la información consultada en el repositorio del IDU que dicha información cumple y aplica para tener en consideración para los estudios de prefactibilidad de la alternativa 1 y el buffer comprendido.

A continuación, se adjunta la tabla de hallazgos y evidencia de las búsquedas de los proyectos iniciales según el documento de capítulos técnicos consultoría:

Tabla 4. Recopilación documentos de referencia.

1. RECOPIACIÓN DOCUMENTOS DE REFERENCIA			
CONTRATO	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN	ENLACE
Proyecto Metro para Bogotá 1989-1991	NA	Información desactualizada, planos a escala 1:25000 y corresponde a un estudio de Prefactibilidad	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/127530
Contrato IDU 132-2000	NA	Información desactualizada, no coincide la construcción propuesta con la realidad. (Comparar con imágenes satelitales o Institucionales IDECA)	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+132+de+2000
contrato IDU 25 de 2003	APLICA	planta topográfica aplicable al área de interés.	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/75349
contrato IDU 256 de 2003	NA	información fuera del corredor del proyecto	https://webidu.idu.gov.co/jspui/simple-search?query=106820
contrato IDU 32 de 2006	NA	información fuera del corredor del proyecto, comprendida por la AK 68	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/31037
contrato IDU 91 de 2006	NA	información fuera del corredor del proyecto, carece de topografía y esta enfocado en gestión ambiental	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+91+de+2006&value_lang=es
contrato IDU 40 de 2007	NA	información fuera del corredor del proyecto, carece de topografía y esta enfocado en diagnóstico y mantenimiento de vías	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+40+de+2007&value_lang=es
contrato IDU 70 de 2008	NA	información fuera del corredor del proyecto comprendida en la localidad de chapinero.	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+70+de+2008&value_lang=es
contrato IDU 73 de 2008	NA	información fuera del corredor del proyecto	https://webidu.idu.gov.co/jspui/browse?type=contrato&value=Contrato+IDU+73+de+2008&value_lang=es
contrato IDU 77 de 2008	APLICA	Topografía existente en el Puente vehicular Cl. 19 por Av. NQS	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/110155
contrato IDU 51 de 2012	APLICA	Topografía existente en la cll 39 l sur con Av Boyaca	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/110887
contrato IDU 849 de 2013	APLICA	Topografía existente, dentro del area de interes plano Tramo 2. Av. 68 - San Victorino. 1 al 5 de 22	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/117983
Contrato IDU 1968 de 2013	APLICA	levantamiento topográfico detallado, dentro del área de interés.	https://webidu.idu.gov.co/jspui/handle/123456789/110909

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

De los contratos indicados por el IDU, se evidencia que 5 contratos de los iniciales contienen información relevante para la etapa de prefactibilidad del proyecto. Los contratos con esta validez son:

- IDU 25 de 2003: planta topográfica aplicable al área de interés.
- IDU 77 de 2008: Topografía existente en el Puente vehicular Cl. 19 por Av. NQS
- IDU 51 de 2012: Topografía existente en la cll 39 l sur con Av. Boyacá
- IDU 849 de 2013: Topografía existente, dentro del área de interés plano Tramo 2. Av. 68 - San Victorino. 1 al 5 de 22
- IDU 1968 de 2013: levantamiento topográfico detallado, dentro del área de interés.

En la etapa inicial del proyecto se identificó que los contratos mencionados anteriormente presentaban información de interés que podía ser utilizada para los estudios de la presente etapa. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto se concluyó que, para la alternativa seleccionada la tipología más conveniente es subterránea, por lo tanto, la información de

topografía de las intersecciones con la malla vial arterial pierde su utilidad y validez para ser utilizada en esta etapa del proyecto.

10. METODOLOGÍA EMPLEADA.

Desde las diferentes disciplinas del componente técnico del proyecto contractual se identificaron las zonas a realizar levantamiento topográfico, de acuerdo con los requerimientos de información para desarrollar en la etapa 4: profundización sobre la alternativa seleccionada. Para lo cual, se sigue la siguiente metodología:

10.1. Reconocimiento y ubicación de los puntos GNSS.

Para la realización de los levantamientos en campo se realizó el posicionamiento de puntos GNSS en cada uno de los sectores a levantar. Para lo cual, la primera actividad realizada en campo fue la visita de reconocimiento donde se materializaron los puntos en campo. Estos mojones cumplen con la normatividad del IGAC, tienen Inter visibilidad para ser medidos con equipos tipo Estación total por medio de prismas.

La visita técnica tuvo como objetivo la validación de la ubicación proyectada para los mojones en campo, revisión de las características técnicas mínimas, para dar el visto bueno como punto base, se incluyeron también la revisión y validación de los BM's para el arrastre de cotas.

Esta visita la realizaron dos personas idóneas para la parte de la revisión, de perfil topógrafo e ingeniero topográfico, equipo navegador para la localización de los puntos existentes y no existentes.

La ubicación y materialización de los puntos GNSS, se realizó de acuerdo con los estándares del IDU, en las zonas blandas se construye un mojón en concreto con placa en aluminio y en las zonas duras se incrusta la placa en aluminio.

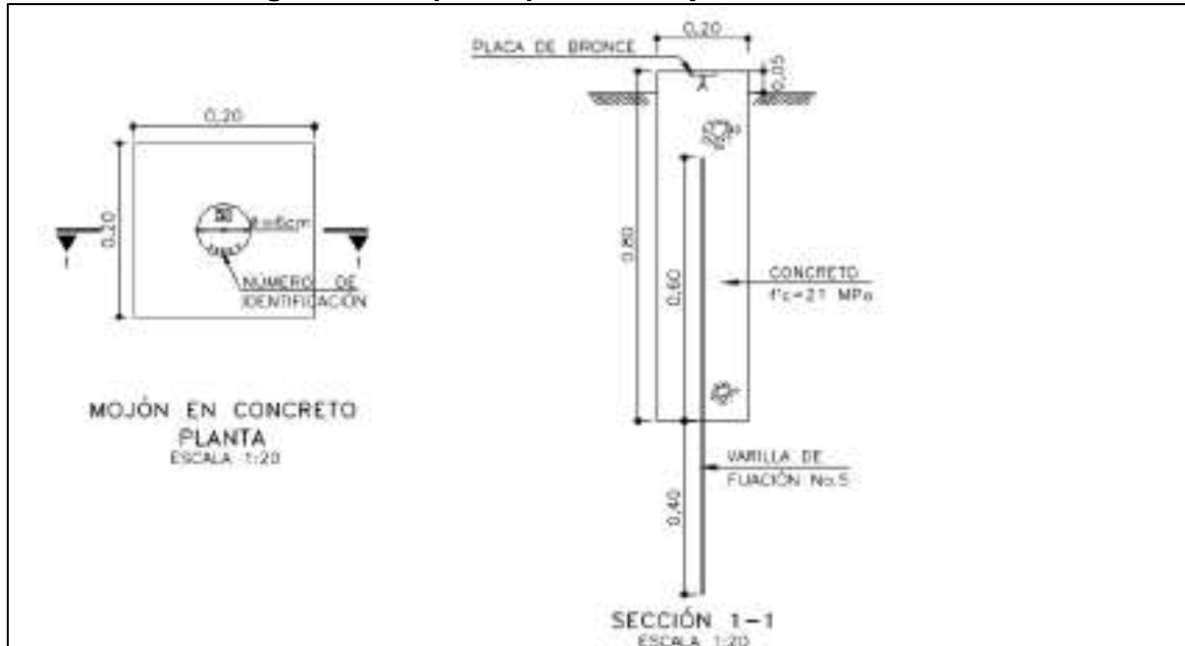
10.1.1. Descripción de los mojones a materializar

Los puntos se materializaron en zonas blandas o duras, de acuerdo, a las condiciones que se encuentren en terreno y los requerimientos de ubicación y distancia (mínima de 100 m. y máxima de 700 m.)

Para la materialización en zonas duras se realizó la incrustación de placas en aluminio en zonas duras como sardineles, andenes o lugares que garanticen su permanencia para las futuras etapas del proyecto.

Para la materialización de puntos en zonas blandas, se realizó la monumentación en concreto, con incrustación de la placa en aluminio. Las dimensiones de los mojones en concreto son de 30 cm x 30 cm x 80cm de alto, sobresaliendo 7 cm del terreno natural, de acuerdo, a la guía GU-DP-02_ELABORACIÓN_DE_ESTUDIOS_TOPOGRÁFICOS. En la siguiente figura se presenta el esquema de los mojones materializados.

Figura 12. Esquema para los mojones en concreto.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Las placas para incrustar están hechas en aluminio, para su identificación se realizó la inscripción incluyendo los siguientes elementos:

- Nombre de la entidad contratante
- Nombre de la empresa consultora
- Año de levantamiento
- Número del contrato
- Identificación del punto.

Figura 13. Ejemplo de la Inscripción de las placas



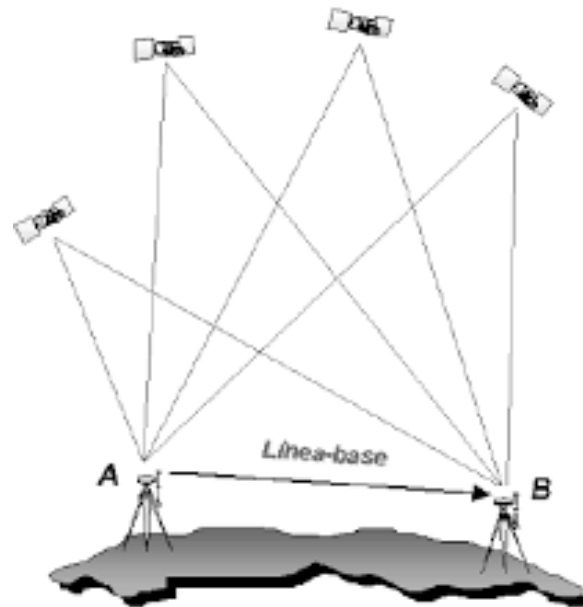
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.2. Posicionamiento Estático GNSS.

El proceso geodésico realizado para este proyecto se basa en tecnología GNSS (Global Navigation Satellite System) o SSNG (Sistema Satelital de Navegación Global) son los acrónimos que se utilizan para agrupar los diferentes sistemas de navegación por satélite que con cobertura global proveen un posicionamiento geoespacial de una manera autónoma. Este concepto agrupa a diferentes sistemas como son el GPS, Glonass, Galileo o Compass entre otros, permitiendo posicionamientos muy precisos basándose en señales emitidas por estos satélites siendo múltiples sus aplicaciones como la geo información o en investigaciones geocientíficas. Este complejo sistema está compuesto de: – Sistema Satelital – Sistema de Control Terrestre – Sistema de Usuario.

Para el proyecto se realiza un posicionamiento diferencial con fase, ya que este ofrece una mayor precisión y permite disponer de soluciones en pos-proceso.

Figura 14. Posicionamiento diferencial.



Fuente: López, Núñez y Gracia, 2010.

El método estático consiste en el estacionamiento de receptores que no se moverán de su posición original durante la etapa de observación. La referencia se establecerá con las bases permanentes de control GPS del IGAC; la precisión se dará en función del tiempo de observación, de la geometría y del instrumento utilizado.

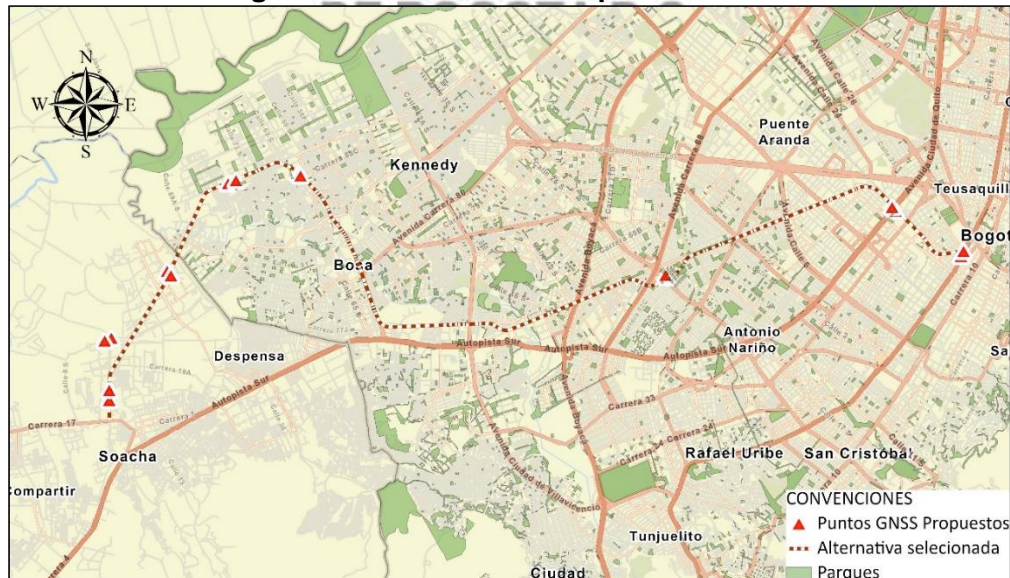
Figura 15. Antena Equipo GNSS utilizado.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento estático se ubicaron dos puntos base en cada uno de los sectores, los cuales cumplen con las especificaciones técnicas, los puntos base se posicionaron con equipos GPS de doble frecuencia los cuales se posicionan en pares al mismo tiempo para cada una de las áreas por levantar. En las siguientes dos figuras se evidencian las localizaciones de los puntos GNSS de manera general y específica respectivamente.

Figura 16. Localización de puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Figura 17. Puntos para el posicionamiento GPS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Estos cumplen con los tiempos de rastreo que se establecen en la resolución 643 de 2018 del IGAC como se indica en la siguiente figura:

Figura 18. Tiempo de rastreo.

ANEXO 2

- Para distancias menores a ochenta (80) kilómetros, con equipos de doble frecuencia L1/L2 se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$t = 65 \text{ min} + (3 \text{ min} \times (d - 10))$$

Donde:

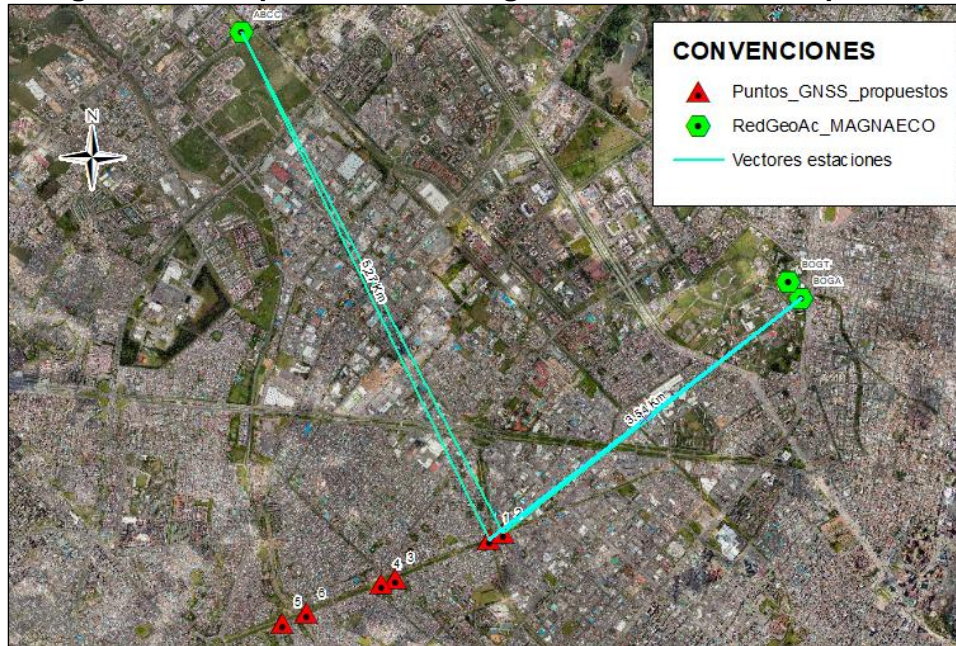
t = Tiempo de rastreo

d = Distancia en kilómetros

Fuente: Resolución IGAC 643, 2018

El proyecto se desarrolla en la ciudad de Bogotá por esto se emplearon las estaciones activas de la RED MAGNA ECO para la determinación de las coordenadas en estos puntos base. Ver figura19.

Figura 19. Tiempos de rastreo según la distancia de los puntos.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Como estrategia para captura de información en campo, se determinaron los parámetros contemplados dentro de la Guía de elaboración estudios topográficos V3 (GU-DP-02) para la actividad mencionada, lo cual se desarrolló de la siguiente manera:

Figura 20. Parámetros equipos GNSS campo

<p>Para realizar el levantamiento por medio de GNSS se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máscara de elevación: 15 grados sobre el horizonte. • Efemérides precisas • Componente geométrico de dilución de la precisión PDOP < 4 • Mínimo de satélites visibles a asegurar: 4 • Recolectar datos para tres dimensiones. • La antena debe estar nivelada y centrada sobre el punto, y debe verificarse antes y después de cada observación. • La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón debe medirse, antes y después de cada sesión. • Tiempo mínimo de recolección de datos: El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos debe calcularse mediante la fórmula: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo = 25 minutos + 5 minutos por kilómetro de separación entre la base y el rover. • Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.3. Postproceso

Por estar ubicados en la ciudad de Bogotá se utilizaron las estaciones de rastreo permanente la red activa MAGNAECO con las estaciones BOGT, BOGA y ABCC para realizar una doble determinación y eliminar errores por ambigüedad.

Figura 21. Cálculo GNSS.

La precisión horizontal y vertical de la medición debe estar de acuerdo a las especificaciones técnicas del equipo y método utilizado.

El procesamiento de los puntos rastreados en campo se debe realizar mínimo bajo los siguientes parámetros:

- El software utilizado debe estar configurado en el sistema de coordenadas WGS 84.
- El huso horario correspondiente a Colombia (-5 hrs).
- Se debe evidenciar la carga de los valores de calibración de antenas provistos por la National Geodetic Survey (NGS).
- Se debe evidenciar la carga de efemérides precisas provistas por la IGS (IGU, IGR, IGS) para el procesamiento de los datos.

- Utilizar las coordenadas semanales del marco de referencia SIRGAS. En caso de que no estén disponibles las de la semana de rastreo para la fecha del cálculo, se debe trabajar con las más cercanas a esta.
- Para el procesamiento utilizar datos GPS/GLONASS.
- Los modelos Troposféricos e Ionosféricos utilizados en el procesamiento, deben ser los más adecuados para la zona de rastreo.
- Se le deben dar al menos dos soluciones a cada punto con respecto a las estaciones de la red Magna Eco, teniendo en cuenta que, si están a menos de 80 Km, deben resolver ambigüedades.
- En los resultados por vector de cada punto, se debe verificar que:
 - El valor de $M0$ sea menor a 1.
 - El valor del GDOP sea menor a 8 o su equivalente, según la especificación técnica del equipo con que se realice el levantamiento.
 - La máscara de elevación debe estar en un rango de $5^{\circ} - 25^{\circ}$.
 - Las desviaciones estándar en cada componente Desv.Est.x, Desv.Est.y, Desv.Est.z menor a 1cm.

Fuente: Resolución IGAC 643, 2018.

Instituto de Desarrollo Urbano

Se realizó el postproceso de la información de los puntos de control GNSS de cada polígono en los softwares indicados en el capítulo 7 en el numeral 7.1.

Los cálculos están referidos al sistema de referencia MAGNA SIRGAS como datum horizontal, se llevan las coordenadas a época 2018.0 con un cálculo de regresión lineal ya que esta época es la oficial vigente y actualizada, se re proyectan las coordenadas planas a coordenadas planas cartesianas locales con origen Bogotá, teniendo como coordenadas de origen (falso Este 92334,879, falso Norte 109320,965).

10.4. Nivelación Geométrica.

La nivelación geométrica es un método por el cual se obtienen desniveles entre dos puntos, haciendo uso de visuales horizontales. Los equipos empleados son los niveles. Los métodos de nivelación dan como resultado diferencias de nivel. Para obtener altitudes, cotas absolutas, habría que referir aquellos resultados al nivel medio del mar en un punto.

Se realizó la nivelación de los puntos a través de una solución matricial por el método de mínimos cuadrados. Se inicia en los puntos de la red geodésica del IGAC, que tiene cota

geométrica, se realizan los circuitos cumpliendo con las especificaciones técnicas del IDU, esto permite calcular la altura sobre el nivel medio del mar.

Para de terminación de la coordenada Z o cota, es necesario llevar una nivelación en terreno con equipos de alta precisión, en este caso bajo la regulación y normativa del acueducto de Bogotá se solicitaron equipos de nivelación digital tipo geodésicos, esto con el fin de cumplir con las precisiones necesarias y con menos incertidumbre.

La metodología para las nivelaciones de orden geodésico considera el tomar como punto de arranque un BM por el IGAC como ente rector, la captura de información de elevación es relevante y de suma importancia, después de tener el BM cercano a la zona se lleva la nivelación en modalidad de circuito, es decir, ida y vuelta desde el punto de amarre o base, después de tener esta coordenada se realiza el mismo procedimiento para los puntos que hacen parte de la red geodésica.

Para esta actividad se usaron dos comisiones de topografía completas, vehículos, seguridad, miras de nivelación y herramienta menor para los puntos de cambio.

Se utilizaron equipos electrónicos de orden geodésico, cuya precisión está por debajo de los 0.7mm por kilómetro doble de nivelación, las miras son codificadas y aforadas para este tipo de trabajos, estos equipos facilitaron la captura de información, se entregaron los informes de origen y así mismo los informes bases para validación del cliente como control de calidad.

Figura 22. Nivelación puntos de control horizontal y vertical.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.4.1. Equipos utilizados

- Nivel Ruide RL-C32

- Mira
- Trípode
- Herramienta menor
- Computadores portátiles de alta capacidad de procesamiento.

Figura 23. Nivel automático



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.5. Poligonal en campo.

Una poligonal en topografía consiste en una serie de líneas rectas sucesivas que se unen entre sí, a las cuales en campo se le miden las distancias de cada una de ellas y los ángulos que ellas forman; con el propósito de trasladar coordenadas y poder obtener errores de cierre, tanto en ángulo como en distancia.

En este ítem se describe brevemente el procedimiento para la poligonal ejecutada en el levantamiento.

10.5.1. Poligonal cerrada por ceros atrás

Cálculo del error en ángulo, calculado por la diferencia que existe entre la sumatoria teórica de ángulos de acuerdo con la poligonal (Ecuación 1.) y la sumatoria observada de ángulos tomados en campo.

$$\sum TEORICA = ((n - 2) * 180) + 360$$

Ecuación 1. Sumatoria teórica

De acuerdo con la sumatoria teórica, se le asigna el mismo peso de corrección a cada ángulo.

Cálculo del azimut inicial: Del punto de amarre con base en las coordenadas de los puntos (Que es lo mismo de pasar de coordenadas rectangulares a coordenadas polares). Con los ángulos corregidos se calculan los azimutes de todas las líneas de la poligonal: al azimut

inicial se le suma el ángulo y se obtiene el azimut al delta, de ahí en adelante, se calcula el contra-azimut y se lo suma cada ángulo. Si cada resultado es mayor a 360° , se le resta 360° . Como comprobación el azimut de partida debe ser igual al azimut de llegada por ser una poligonal cerrada y si están bien ajustados los ángulos observados.

Cálculo de las proyecciones: Con los ángulos y distancias se calculan las proyecciones.

Corrección de las proyecciones: Como son poligonales cerradas, la sumatoria de proyecciones tanto Norte como Este debe ser igual a 0. En esta ocasión se optó por usar el método de corrección por "Mínimos Cuadrados, para el cual se corrigen simultáneamente las distancias y los ángulos. Este método se basa en la teoría de la probabilidad que modela la aparición de errores aleatorios.

Estos datos se calculan y plasman por escrito debido a que son el soporte del cumplimiento de las especificaciones requeridas:

- Error angular máximo

$$e_a = \alpha \sqrt{n}$$

Ecuación 2. Error angular máximo permitido

Fuente: Planimetría editorial UD

Donde,

e_a = error en ángulo
 α = precisión del equipo
 n = número de vértices

- Precisión de las poligonales

$$GP = \frac{\sum dist}{e_d}$$

Ecuación 3. Precisión de la poligonal

Fuente: Planimetría editorial UD

Donde,

GP = Grado de precisión
 e_d = error en distancia
 ΔNS = sumatoria de proyecciones norte
 ΔEW = sumatoria de proyecciones este

- Error en nivelación

Ecuación 4. Error en nivelación

$$e_n \leq 0.008 * \sqrt{k}$$

Fuente: Planimetría editorial UD⁵

Donde,

e_n = error máximo permisible en m

k = longitud del circuito en km

El traslado de coordenadas por poligonales con estación total se realiza mediante la metodología de ceros atrás con poligonal cerrada, siempre y cuando se requiera materializar deltas para el levantamiento de detalles por obstáculos en el entorno que impidan la visualización que abarca la zona de cada polígono desde los dos puntos GNSS, de lo contrario no se realiza poligonal debido a que únicamente se tendrá dos puntos de GNSS para cada polígono y estas tendrán coordenadas reales como resultado de la georreferenciación y postproceso.

10.6. Levantamiento planimétrico

Para el levantamiento de detalles se utilizaron las siguientes metodologías, haciendo claridad que el levantamiento se realizaría partiendo de los puntos GNSS materializados y que estos ya cuentan con coordenadas y cota.

10.6.1. Levantamiento con estación total.

Partiendo de los puntos GNSS georreferenciados en campo, se inicia el levantamiento de detalles utilizando como equipo la estación total, con las características de precisión determinadas por el IDU. Se emplea el método de radiación para la toma de detalles y en el caso de requerirse el traslado de coordenadas utilizando varios deltas, se aplica el método de poligonal cerrada con el apoyo de los puntos GNSS que se encuentran materializados.

La radiación es el procedimiento básico de topografía y es utilizado para todos los levantamientos topográficos. Consiste en ubicar un punto, generalmente cerca del centro de la zona a levantar, desde el cual se toman medidas del azimut y de la distancia de cada uno de los vértices con respecto al punto central. Este es uno de los más sencillos que puede realizarse. Se fundamenta en la definición de triángulos dentro de un polígono, con lo cual se hace más simple el cálculo de las coordenadas. Para usar este método en un polígono, se requiere que este tenga un área relativamente pequeña, de tal forma que se tenga fácil visual de los vértices y que en las medidas se minimice el error. Para el proyecto se realiza la radiación desde los deltas de la poligonal y los puntos GNSS.

La metodología de toma de detalles se resume a continuación:

- Se arma, se centra y nivela la estación en un punto A referido a un vértice GNSS o en un delta.
- Se visa a un punto B igualmente con coordenadas conocidas y se fija en el ángulo horizontal en 0° 00' 00"
- Se leen ángulos y distancias a todos y cada uno de los detalles dentro del área del levantamiento.

- Finalmente se lee de nuevo el ángulo al punto B de visado en ángulo 0 para verificar que el equipo está bien armado, centrado y nivelado.

Figura 24. Levantamiento con Estación total marca South.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.6.1.1. Equipo utilizado

El equipo utilizado en el desarrollo de los trabajos se indica a continuación:

- Estaciones total marca South N6
- Bastones topográficos de 5,1 m, para puntos móviles.
- Prismas con porta prismas.
- Trípode para la base.
- Herramienta menor.
- Plomadas ópticas y de péndulo.
- Software para lectura de datos crudos y paquete de office para el cálculo de detalles.
- Computadores portátiles de alta capacidad de procesamiento.

10.6.2. Levantamiento con equipos GNSS

Adicional al levantamiento de detalles con estación total, también se considera la utilización de equipos GNSS que permiten obtener una mayor cantidad de puntos en un menor tiempo. Para el levantamiento de detalles con equipos GNSS se utilizan los métodos Real Time Kinematic (RTK) o Stop and Go, dependiendo del tipo de elemento que se quiera levantar.

La medición en un receptor GPS es representada mediante vectores tridimensionales que contienen distancia, dirección y un diferencial de altura entre los puntos de la medición. Se necesita tener una línea directa de vista a un número suficiente de satélites para que el software pueda generar el vector como la diferencia entre las coordenadas X, Y, Z de un sistema dado.

Para garantizar la precisión de la información tomada utilizando este método, se realizó un control en campo, tomando puntos conocidos que permiten garantizar la precisión de los detalles tomados.

10.6.2.1. Equipo utilizado

Para la obtención y pos-proceso de información para los puntos mencionados anteriormente se utilizó:

- Antena marca Sino GNSS T300
- Bastones topográficos
- Bípode para bastón.
- Base nivelante.
- Trípode para la base.
- Herramienta menor.
- Plomadas ópticas y de péndulo.
- Cámara fotográfica digital.
- Software para conversión y transformación de coordenadas.
- Computadores portátiles de alta capacidad gráfica.

Figura 25. Levantamiento con metodología Stop and Go.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.7. Postproceso de la información en oficina

Con la información tomada en campo (representado en coordenadas N, E y cota), se procede a importar la información (nube de puntos) al software Autocad y consiguiente a dibujar la información teniendo en cuenta las capas (codificación y color) estipulados por el IDU. La información de los levantamientos se entrega en el sistema de coordenadas proyectadas MAGNA SIRGAS CIUDAD DE BOGOTÁ.

- Projected Coordinate System: MAGNA_Ciudad_Bogota
- Projection: Transverse_Mercator

- False_Easting: 92334,87900000
- False_Northing: 109320,96500000
- Central_Meridian: -74,14659167
- Scale_Factor: 1,00039980
- Latitude_Of_Origin: 4,68048611
- Linear Unit: Meter.

10.8. Revisión De Calidad De La Información.

Para garantizar la precisión y exactitud de la información levantada en campo, se realizan en campo los procedimientos de verificación de precisión de los equipos utilizados, en el Anexo 12.1. Se adjunta el formato para la verificación de cierre angular de la estación total.

10.8.1. Verificación de equipos en campo.

Para garantizar la precisión de la información que se toma en campo, adicional a la calibración y verificación de los equipos mayores (Receptores GNSS, Estación Total y Nivel digital) que se realiza antes y durante las actividades de campo. Se realiza la verificación de los bastones con los prismas, con el fin, de identificar si el nivel circular que utilizan está funcionando correctamente para la ejecución de las actividades. La verificación se realiza siguiendo los siguientes procedimientos:

Tabla 5. Chequeo de verificación de equipos en campo.

CHEQUEO VERTICAL DEL PRISMA	
1	Arme, aplome y nivele la estación total
2	Colocar en un bipode el bastón y centre el nivel de burbuja
3	Ubicar la punta del bastón con el retículo de la estación (centro del limbo horizontal y vertical o cruz filar)
4	Bloquear los tornillos de presión (vertical y horizontal)
5	Usando el tornillo de movimiento lento vertical levante la cruz filar hacia el prisma
6	Chequear que la cruz filar coincida con las guías del prisma (vertical y horizontal)
7	En caso de que no coincida requiere ajuste
AJUSTE	
1	Con ayuda de la cruz filar alinee el bastón con prisma a las guías
2	La burbuja debe estar descentrada y fuera de los círculos del nivel
3	La base del nivel cuenta con tres tornillos nivelantes, con una llave - afloje y/o apriete el tornillo más alejado de la burbuja
4	Con el tornillo 2 y 3 realice ajustes finos hasta que la burbuja ocupe exactamente el centro del círculo
5	Ajuste los 3 tornillos observando que la burbuja no se salga del centro sin mover el bipode.

6	Realice nuevamente el procedimiento de chequeo y en caso de ser necesario el ajuste.	
---	--	--

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

10.8.2. Verificación de precisión de la información.

En complemento a los procesos de verificación en campo, utilizando los puntos de control se realizará el cálculo de la precisión de la información generada, con el fin de verificar el cumplimiento de los estándares de calidad del IDU. Para los puntos GNSS posicionados, utilizando el error determinado en cada uno de los postprocesos se hace el cálculo estadístico de cuál es el error medio cuadrático, para lo cual, en el Anexo 12.1 se adjunta el respectivo formato de prueba de calidad de los productos.

10.9. Generación del MDT para el corredor seleccionado.

Finalmente, para realizar el diseño geométrico del trazado del tren, se generó un MDT (Modelo Digital de Terreno) que permita identificar los niveles de terreno para localizar las profundidades de los túneles. Por lo tanto, para generar el MDT se empalmó la información levantada por topografía en campo con la información secundaria de origen oficial del resto del trazado de la alternativa seleccionada. Para realizar el empalme se analizó la información de campo y se comparó con la información secundaria, identificando su empalme o correspondientes diferencias; El modelo se realiza en el software AutoCAD Civil 3D y en los casos en que se presentaron diferencias en elevación entre las fuentes, se utilizaron breaklines para el ajuste de las elevaciones, tomando como referencia la información de origen primario.

11. RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los sectores levantados:

11.1. Patio taller

11.1.1. Descripción de los mojones.

Los vértices geodésicos tipo mojones GPS 02 y SAZ 02 con una distancia entre sí de 80.35 m, se materializaron en concreto in situ de 30 cm x 30 cm x 80 cm de alto, sobresaliendo 7 cm del terreno natural. En el centro del mojón se ubicó una placa de aluminio con su punto guía para el centrado y armado instrumental y marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos como se evidencia en la Figura 26. Materialización mojón para GPS 02.

Figura 26. Materialización mojón para GPS 02.

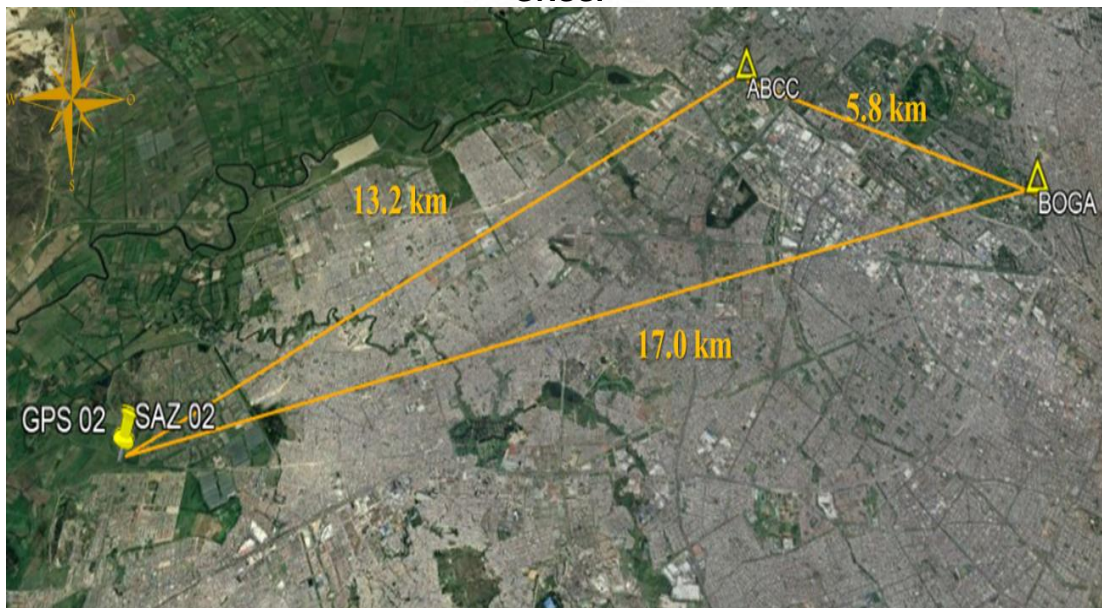


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.1.2. Localización de puntos GNSS.

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 27. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas BOGA Y BOGT ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.1.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 24 de marzo de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 02 el día 24 de marzo iniciando a las 11:29 horas a.m., hasta las 02:11 horas p.m. en una duración de dos horas con cuarenta y dos minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 02 el día 24 de marzo iniciando a las 11:27 horas a.m., hasta las 02:10 horas p.m. en una duración de dos horas con cuarenta y tres minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 80.361 m. En la Tabla 6, se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 6. Vértices Georreferenciados GPS 02 y SAZ 02.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 02			Sector previsto para el PATIO TALLER
SAZ 02			Sector previsto para el PATIO TALLER

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

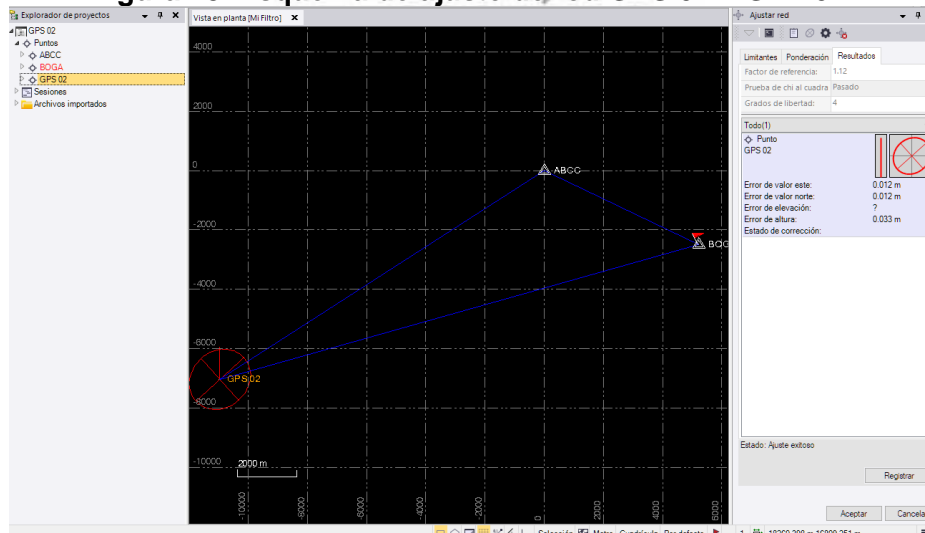
11.1.4. Postproceso

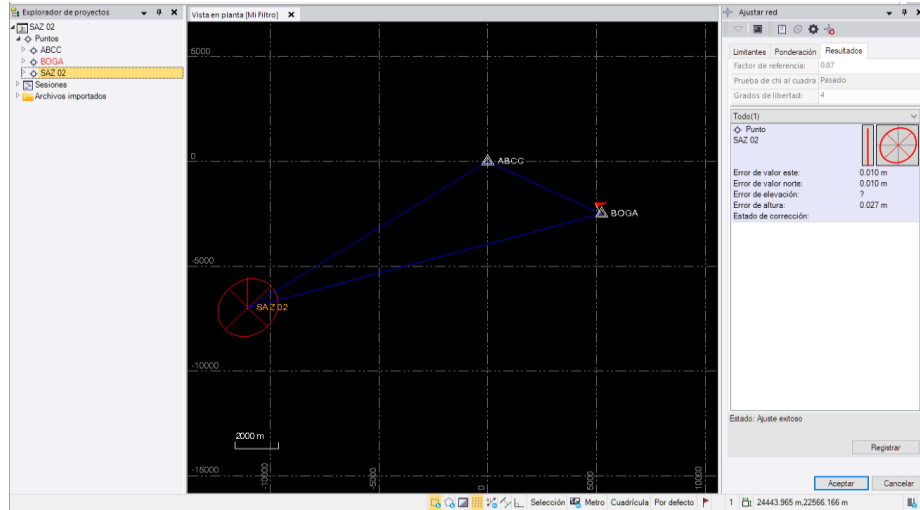
Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso ABCC y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2254 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Bussines Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 02 y SAZ 02 con las bases permanentes ABCC Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 28. Esquema de ajuste de red GPS 02 Y SAZ 02.

Figura 28. Esquema de ajuste de red GPS 02 Y SAZ 02.





Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.1.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 7. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.

Tabla 7. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 02	0.012	0.012	0.033
SAZ 02	0.010	0.010	0.027

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 8. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 9. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00 las coordenadas en época de referencia. Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 8. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.14			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 02	100136.742	83525.288	2567.087
SAZ 02	100189.31	83464.525	2560.270

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 9. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

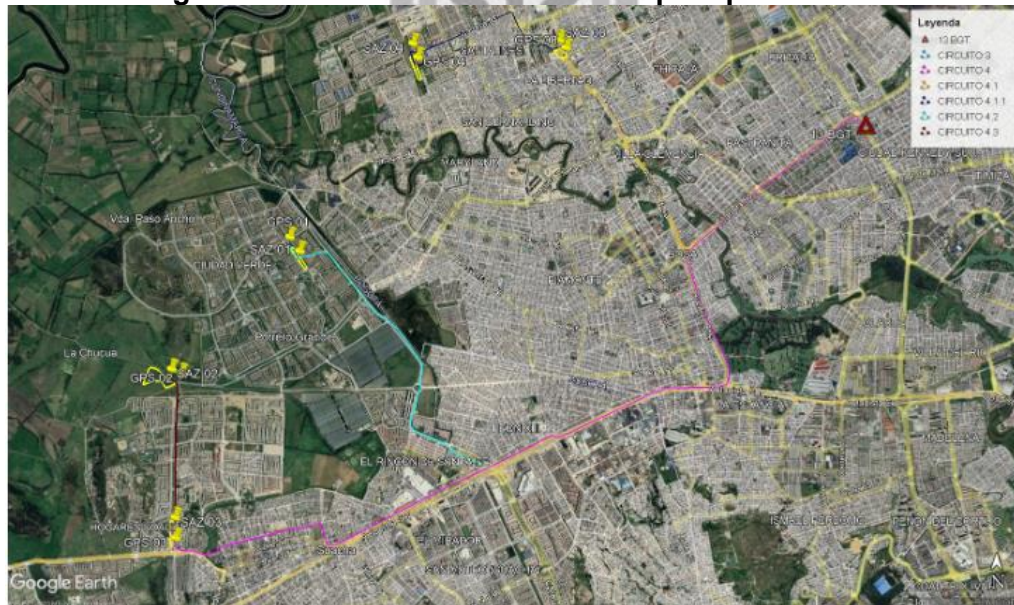
Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 02	100136.671	83525.274	2544.070
SAZ 02	100189.239	83464.511	2544.366

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.1.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 13 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 29. Circuito de nivelación 4.3 para patio taller.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 4.3 se ejecutaron 2 tramos de nivelación (A y B) con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.1.5.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del circuito realizado. Para mayor detalle de la información consultar los anexos que reposan en la Carpeta 5. Nivelación.

Tabla 10. Resultados de errores obtenidos.

ITEM	RESULTADOS POR TRAMO	
	A	B
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	0.002	0.002
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	0.779	0.730
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.007	0.007

Tabla 11. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 02	100136.671	83525.274	2544.070	Patio Taller
SAZ 02	100189.239	83464.511	2544.366	Patio Taller

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.1.6. Levantamiento de detalles.

La metodología seleccionada para el levantamiento de detalles del polígono de Patio Taller fue el levantamiento mediante el método de RTK, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.1.6.1. Levantamiento con RTK

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 552 detalles en el levantamiento del polígono de Patio Taller.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.2. Estación 1. Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24

11.2.1. Descripción de los mojones

Las placas de los vértices geodésicos GPS 06 y SAZ 06 con una distancia entre sí de 103.16 m, se incrustaron en zonas duras adyacentes al proyecto. La placa de aluminio cuenta con su punto guía para el centrado y armado instrumental y está marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos. La incrustación del GPS 06 se encuentra localizado en el sardinel del costado derecho sentido norte sur de la Avenida Caracas con Calle 24. La incrustación del vértice denominado SAZ 06 se encuentra localizado en el sardinel del costado izquierdo sentido norte sur de la Avenida Caracas con Calle 24b, como se aprecia en la Figura 30. Incrustación sobre sardinel placa GPS 06.

Figura 30. Incrustación sobre sardinel placa GPS 06 y SAZ 06

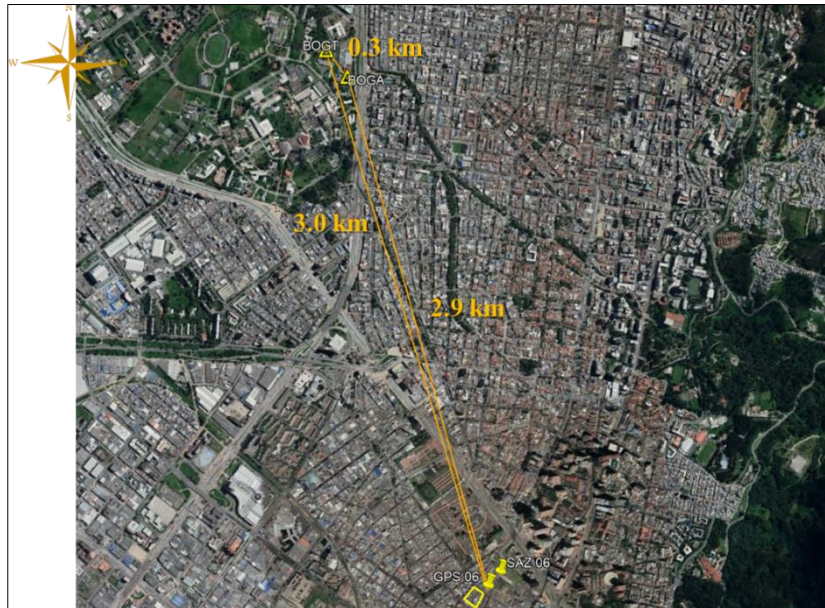


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.2.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 31. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas BOGA Y BOGT ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.2.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 21 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 06 el día 21 de febrero iniciando a las 08:26 horas a.m., hasta las 10:51 horas a.m. en una duración de dos horas con veinticinco minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 06 el día 21 de febrero iniciando a las 08:27 horas p.m., hasta las 10:50 horas p.m. en una duración de dos horas con veintitrés minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 103.136 m. En la Tabla 12. Vértices Georreferenciados GPS 06 y SAZ 06., se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 12. Vértices Georreferenciados GPS 06 y SAZ 06.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 06			Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24
SAZ 06			Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

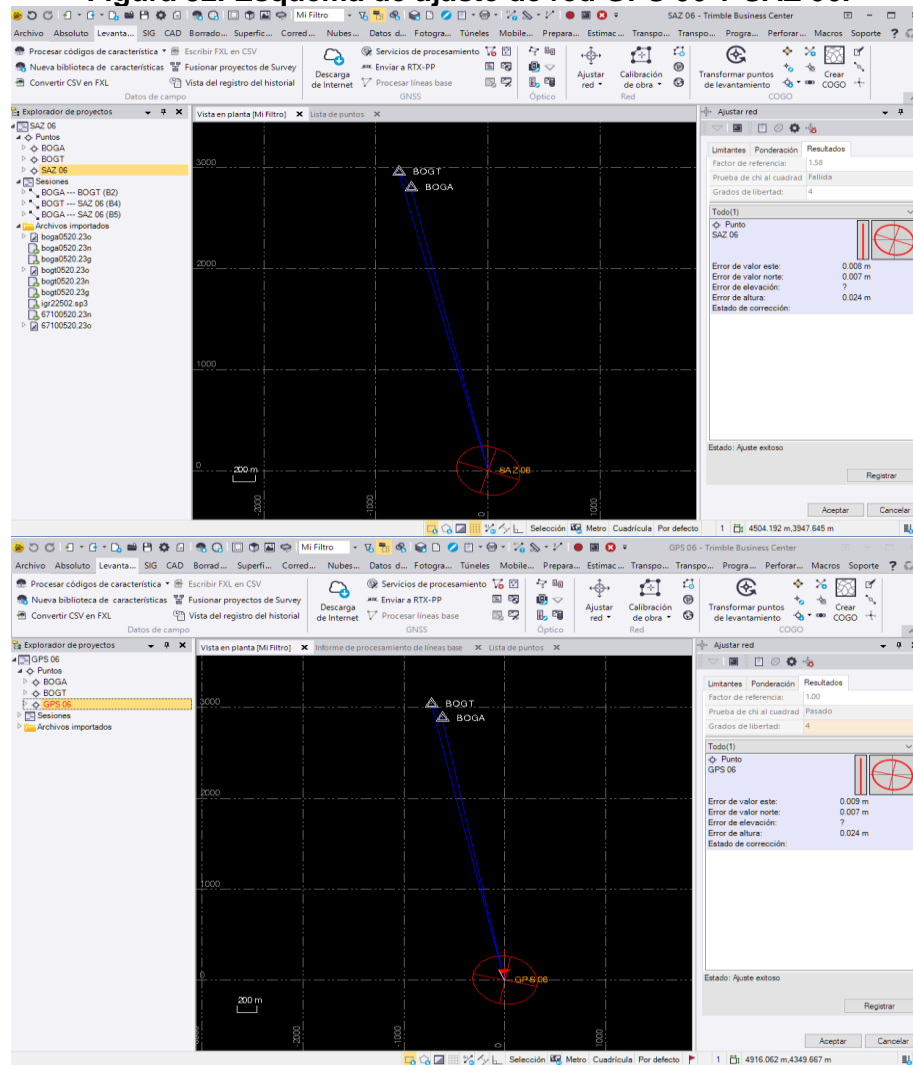
11.2.4. Postproceso

Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso BOGT y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Business Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 06 y SAZ 06 con las bases permanentes BOGT Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 32. Esquema de ajuste de red GPS 06 Y SAZ 06.

Figura 32. Esquema de ajuste de red GPS 06 Y SAZ 06.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.2.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 13. Error en componentes obtenido en el ajuste de red .

Tabla 13. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 06	0.007	0.009	0.024
SAZ 06	0.008	0.007	0.024

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 14. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 15. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 14. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.14			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 06	101814.677	100350.522	2591.577
SAZ 06	101888.448	100422.631	2590.587

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 15. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 06	101814.607	100350.508	2591.577
SAZ 06	1101888.378	100422.617	2590.587

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.2.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 49 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 33. Circuito 1 de nivelación para la Carrera 15 entre Calle 23 y Calle 24.

Figura 33. Circuito 1 de nivelación para la Carrera 15 entre Calle 23 y Calle 24.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 1 se ejecutaron 3 tramos de nivelación (A, B y C) con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.2.5.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del circuito realizado. Para mayor detalle de la información consultar los anexos que reposan en la Carpeta 5. Nivelación.

Tabla 16. Resultados de errores obtenidos

ITEM	RESULTADOS POR TRAMO		
	A	B	C
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	0.005	0.001	0.002
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	0.995	0.844	0.530
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.008	0.007	0.006

Tabla 17. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 06	101814.607	100350.508	2591.577	Calle 23
SAZ 06	101888.378	100422.617	2590.587	Calle 23

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.2.6. Poligonales en campo.

Para la ejecución del levantamiento de la Estación 1, se realizó una poligonal cerrada por ceros atrás, así:

- Se realizó un reconocimiento del terreno, e identificación de los puntos de partida de la poligonal.
- Se instala el equipo en el punto de inicio GPS 06, se visualiza el punto de amarre SAZ 06 colocándolo en el círculo horizontal $0^{\circ} 0' 0''$ y se lee el ángulo y se mide la distancia al D1 punto vértice que se materializa para el desarrollo de la poligonal.
- Se lleva el equipo al D1, se visa dando ceros al vértice GPS 06 y se lee el ángulo y se mide la distancia al D2 segundo punto vértice que se materializa para el desarrollo de esta.
- Este procedimiento se repite en cada uno de los deltas, para el caso puntual de **La carrera 15 entre Calle 23 y Calle 24** se materializaron 4 (cuatro) deltas teniendo en cuenta que la poligonal no se cruzara y se pudiera abarcar toda el área del levantamiento.

Finalmente se arma nuevamente el equipo en el punto de inicio GPS 06, se visualiza al último delta el cual fue D4, se coloca el círculo horizontal del equipo en $0^{\circ}0'0''$ y se mide el ángulo al punto de amarre SAZ 06.

La Figura 34. Esquema poligonal cerrada por ceros atrás, esquematiza la ubicación de la poligonal ejecutada en campo dentro de la subestación.

Figura 34. Esquema poligonal cerrada por ceros atrás.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.2.7. Levantamiento de detalles.

La metodología seleccionada para el levantamiento de detalles de la Estación 1, fue el levantamiento convencional con estación total, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.2.7.1. Levantamiento con estación total.

El levantamiento convencional se efectuó con equipo de medición electrónica (Estación total) de precisión milimétrica. La metodología de toma de detalles se resume a continuación:

- Se arma, se centra y nivela la estación en un punto A referido a un vértice GNSS o en un delta.
- Se visa a un punto B igualmente con coordenadas conocidas y se fija en el ángulo horizontal en 0° 00' 00"
- Se leen ángulos y distancias a todos y cada uno de los detalles dentro del área del levantamiento.
- Finalmente se lee de nuevo el ángulo al punto B de visado en ángulo 0 para verificar que el equipo está bien armado, centrado y nivelado.

Cabe resaltar que inicialmente se realizó el chequeo de la estación tomando tres referencias conocidas para verificar el cierre de las medidas angulares y de distancia. Además, se realiza el chequeo inicial de verificación de verticalidad del bastón. La anterior metodología se describe a detalle en el documento denominado Verificación de equipos en campo en la Carpeta 12.1.1 Plan de calidad.

Para el cálculo de detalles en oficina es necesario realizar: _____

- Cálculo del azimut: mediante las coordenadas rectangulares del punto armado y el punto de amarre se determina el azimut entre estos; este ángulo dependerá de la posición y dirección de los puntos.
- Cálculo de detalles: cada detalle se calcula teniendo como base las coordenadas del respectivo vértice o estación desde el cual fue radiado cada uno de ellos, se toma el azimut de referencia (donde se orientó la estación total), y se le suma el ángulo horizontal medido en cada detalle, obteniendo así el azimut a cada punto, con las respectivas distancias se calculan las proyecciones y las coordenadas correspondientes.

El resultado del cálculo de detalles es almacenado en el archivo digital detalles.csv dentro del anexo levantamiento topográfico el cual contiene punto, norte, este, elevación o cota y descripción de todos los puntos radiados.

11.2.8. Postproceso de la información en oficina.

Se presentan en la Tabla 18. Resultados de la poligonal cerrada por ceros atrás se relacionan los resultados obtenidos para la poligonal ejecutada.

Tabla 18. Resultados de la poligonal cerrada por ceros atrás.

ITEM	Obtenido	Máximo
Error angular	0° 0' 02"	0° 0' 04"
Δ NS	0.000	
Δ EW	-0.017	
Σ Distancias	431.837	
GP	25846.9	

PTO	COORDENADAS		COTA
	NORTE	ESTE	
D1	101719.483	100298.456	2591.747
D2	101745.767	100244.337	2590.192
D3	101778.770	100207.016	2588.943
D4	101874.965	100280.955	2589.382
GPS 06	101814.607	100350.508	2591.577

11.3. Estación 2 Avenida NQS con Calle 22

11.3.1. Descripción de los mojones

Las placas de los vértices geodésicos GPS 05 Y SAZ 05 con una distancia entre sí de 112.41 m, se incrustaron en zonas duras adyacentes al proyecto. La placa de aluminio cuenta con su punto guía para el centrado y armado instrumental y está marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos. La incrustación del GPS05 se encuentra localizado en el bordillo del andén del costado derecho sentido norte sur de la Troncal NQS pasando la Calle 19c. La incrustación del SAZ05 se encuentra incrustado en el borillo en medio del andén del costado derecho sentido norte sur de la Troncal NQS llegando a la Calle 19C, como se aprecia en la siguiente Figura.

Figura 35. Puntos de posicionamiento para GPS 05 Y SAZ 05.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.3.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 36. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas BOGA Y BOGT ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.3.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 25 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 05 el día 25 de febrero iniciando a las 08:34 horas a.m., hasta las 11:00 horas a.m. en una duración de dos horas con veinte y cinco minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 05 el día 25 de febrero iniciando a las 08:42 horas a.m., hasta las 11:20 horas a.m. en una duración de dos horas con treinta y ocho minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 112.420 m. En la Tabla 19. Vértices Georreferenciados GPS 05 y SAZ 05 se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 19. Vértices Georreferenciados GPS 05 y SAZ 05

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 05			Avenida NQS con calle 22
SAZ 05			Avenida NQS con calle 22

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

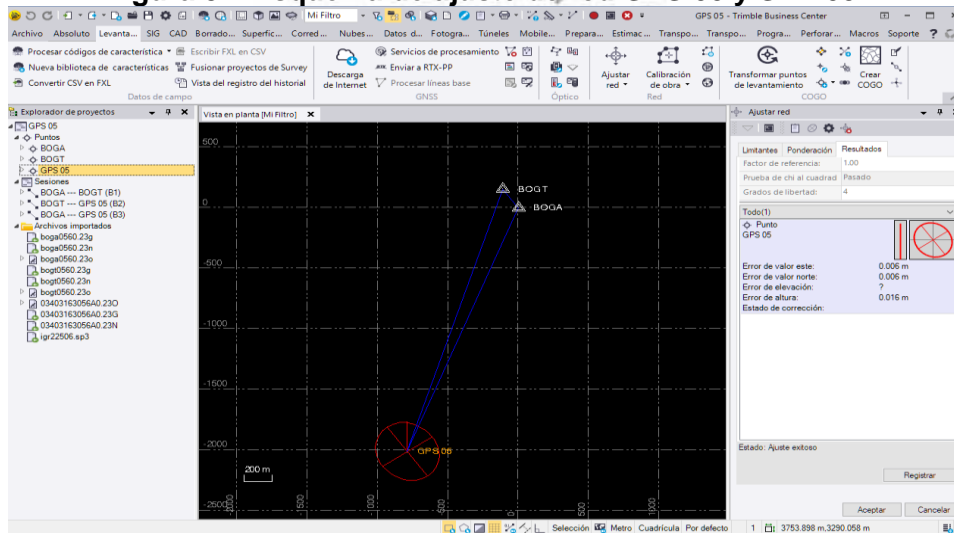
11.3.4. Postproceso

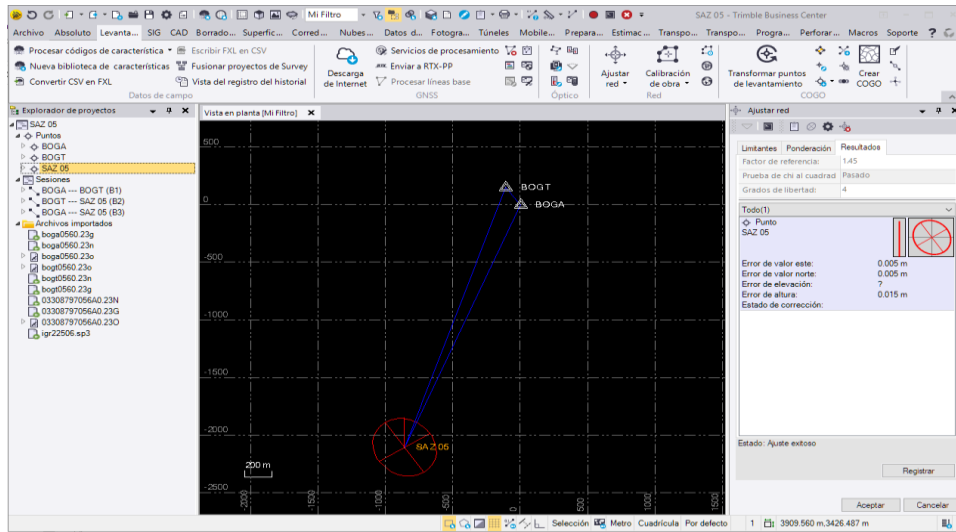
Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso BOGT y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Business Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 05 y SAZ 05 con las bases permanentes BOGT Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 37. Esquema de ajuste de red GPS 05 y SAZ 05.

Figura 37. Esquema de ajuste de red GPS 05 y SAZ 05.





Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.3.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 20. .

Tabla 20. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 05	0.006	0.006	0.016
SAZ 05	0.005	0.005	0.015

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 21. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 22. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 21. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.15			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 05	102678.654	98939.555	2567.827
SAZ 05	102588.859	98871.930	2568.228

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 22. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

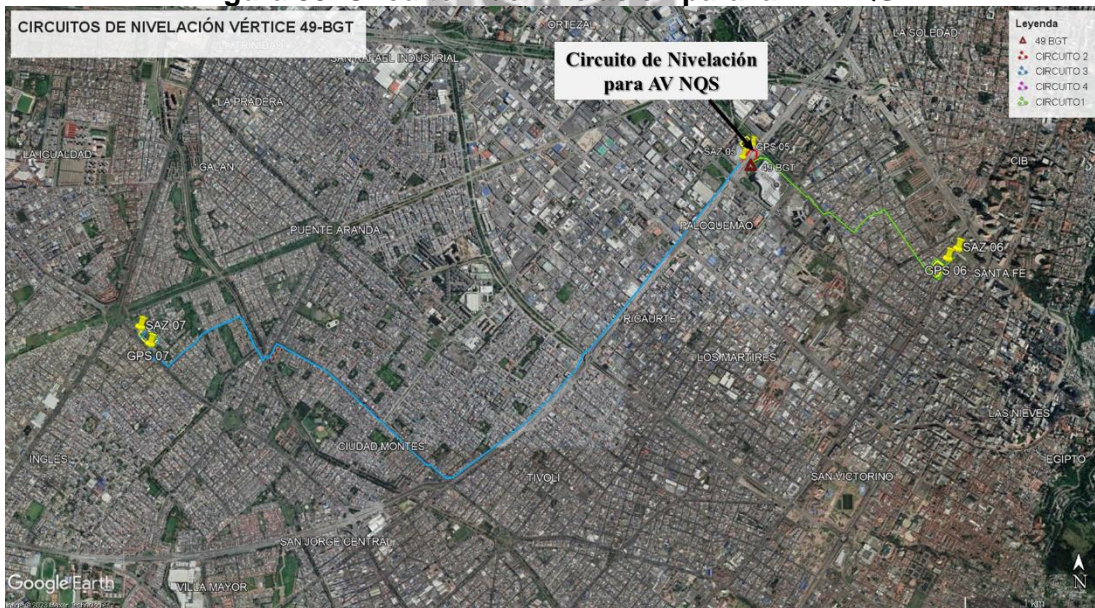
Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 05	102678.724	98939.569	2567.827
SAZ 05	102588.929	98871.944	2568.228

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.3.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica de tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 49 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 38. Circuito 2 de nivelación para la AV NQS.

Figura 38. Circuito 2 de nivelación para la AV NQS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 2 con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.3.5.1. Resultados

Tabla 23. Resultados error obtenido

ITEM	RESULTADO
	TRAMO A
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	0.006
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	0.970
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.008

Tabla 24. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 05	102678.724	98939.569	2567.827	AV NQS
SAZ 05	102588.929	98871.944	2568.228	AV NQS

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.3.6. Levantamiento de detalles.

La metodología seleccionada para el levantamiento de detalles del polígono de la Estación 2 Avenida NQS, fue el levantamiento mediante el método de RTK, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.3.6.1. Levantamiento con RTK

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 679 detalles en el levantamiento del polígono de la Estación 2.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.4. Estación 5 Avenida 1ra Mayo entre Kra 52b y Kra 52d

11.4.1. Descripción de los mojones

Las placas de los vértices geodésicos GPS 07 Y SAZ 07 con una distancia entre sí de 138.87 m, se incrustaron en zonas duras adyacentes al proyecto. La placa de aluminio cuenta con su punto guía para el centrado y armado instrumental y está marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos. La incrustación del GPS 07 se encuentra localizado en el bordillo del andén del costado derecho sentido occidente oriente sobre la Av. 1 Mayo con carrera 52 b. La incrustación del SAZ 07 se encuentra sobre el andén izquierdo sentido oriente occidente sobre la Av. 1 Mayo pasando la carrera 52 c como se aprecia en la Figura 39. Puntos de posicionamiento para GPS 07 Y SAZ 07.

Figura 39. Puntos de posicionamiento para GPS 07 Y SAZ 07.

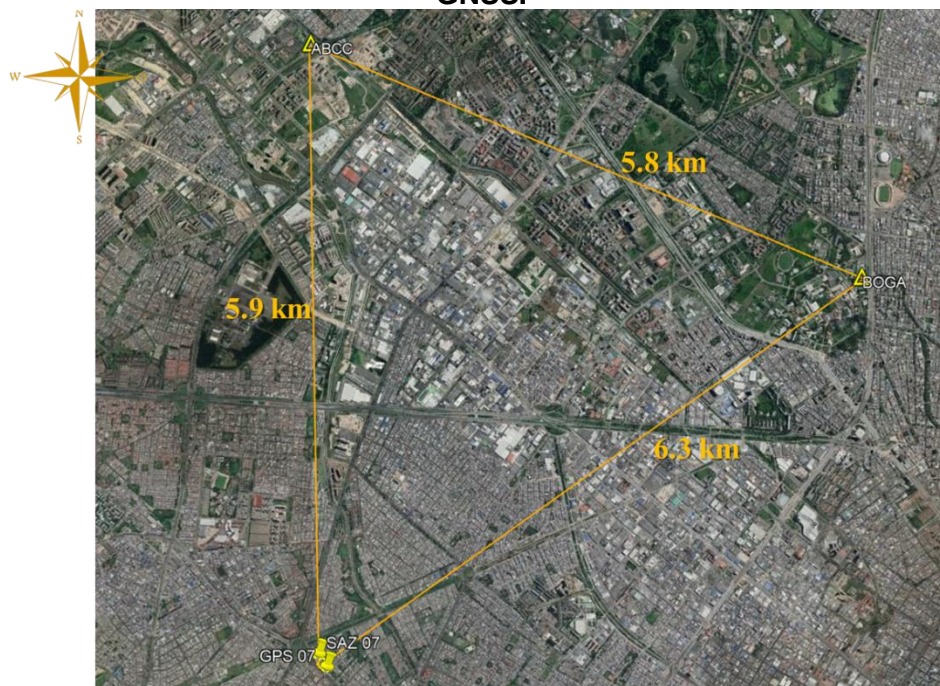


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.4.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 40. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas ABCC Y BOGA ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.





11.4.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 25 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 07 el día 25 de febrero iniciando a las 01:51 horas a.m., hasta las 04:31 horas p.m. en una duración de dos horas con cuarenta minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 07 el día 25 de febrero iniciando a las 01:41 horas p.m., hasta las 04:33 horas p.m. en una duración de dos horas con cincuenta y dos minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 138.875 m. En la Tabla 25. Vértices Georreferenciados GPS 07 y SAZ 07. se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 25. Vértices Georreferenciados GPS 07 y SAZ 07.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN
GPS 07			Avenida 1ra de Mayo entre Kra 52b y Kra 52d
SAZ 07			Avenida 1ra de Mayo entre Kra 52b y Kra 52d

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.4.4. Postproceso

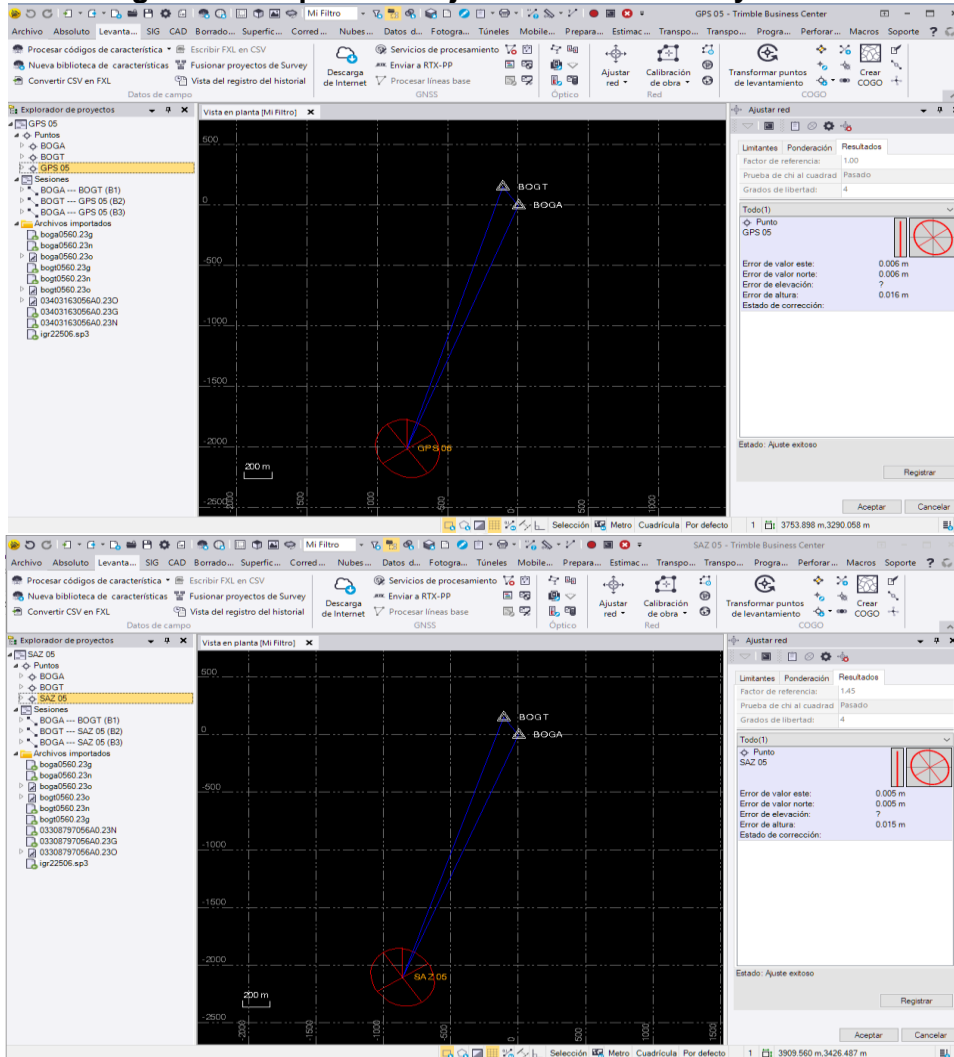
Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso ABCC y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Bussines Center”. Inicialmente se realiza el ajuste

de manera independiente para los puntos GPS 07 y SAZ 07 con las bases permanentes BOGT Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 41. Esquema de ajuste de red GPS 07 y SAZ 07.

Figura 41. Esquema de ajuste de red GPS 07 y SAZ 07.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.4.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 26. Error en componentes obtenido en el ajuste de red .

Tabla 26. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 07	0.004	0.003	0.019
SAZ 07	0.007	0.007	0.038

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 27. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 28. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 27. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.15			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 07	101193.957	94514.430	2553.984
SAZ 07	101313.840	94444.331	2553.600

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 28. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 07	101193.887	94514.416	2553.984
SAZ 07	101313.770	94444.317	2553.600

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.4.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 13BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 42. Circuito 2 y 3 de nivelación para la AV 1ra de Mayo.

11.4.5.1. Resultados

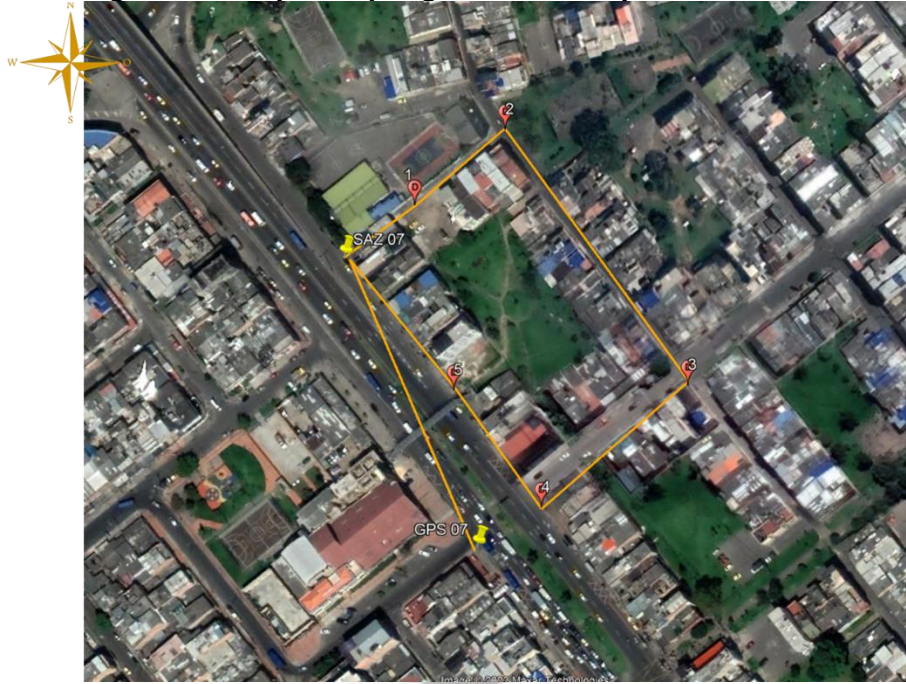
11.4.6. Poligonales en campo.

Para la ejecución del levantamiento de la Estación 5, se realizó una poligonal cerrada por ceros atrás, así:

- Se realizó un reconocimiento del terreno, e identificación de los puntos de partida de la poligonal.
- Se instala el equipo en el punto de inicio SAZ 07, se visualiza el punto de amarre GPS 07 colocándolo en el círculo horizontal $0^{\circ} 0' 0''$ y se lee el ángulo y se mide la distancia al D1 punto vértice que se materializa para el desarrollo de la poligonal.
- Se lleva el equipo al D1, se visa dando ceros al vértice SAZ 07 y se lee el ángulo y se mide la distancia al D2 segundo punto vértice que se materializa para el desarrollo de esta.
- Este procedimiento se repite en cada uno de los deltas, para el caso puntual de **Avenida 1ra de Mayo entre la Carrera 52b y la carrera 52d** se materializaron 5 (cinco) deltas teniendo en cuenta que la poligonal no se cruzara y se pudiera abarcar toda el área del levantamiento.

Finalmente se arma nuevamente el equipo en el punto de inicio SAZ 07, se visualiza al último delta el cual fue D5, se coloca el círculo horizontal del equipo en $0^{\circ}0'0''$ y se mide el ángulo al punto de amarre GPS 07.

La Figura 43. Esquema poligonal cerrada por ceros atrás., esquematiza la ubicación de la poligonal ejecutada en campo.

Figura 43. Esquema poligonal cerrado por ceros atrás.

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.4.7. Levantamiento de detalles.

Las metodologías seleccionadas para el levantamiento de detalles de la Estación 5, fue el levantamiento convencional con estación total y levantamiento mediante RTK, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.4.7.1. Levantamiento con estación total.

El levantamiento convencional se efectuó con equipo de medición electrónica (Estación total) de precisión milimétrica. La metodología de toma de detalles se resume a continuación:

- Se arma, se centra y nivela la estación en un punto A referido a un vértice GNSS o en un delta.
- Se visa a un punto B igualmente con coordenadas conocidas y se fija en el ángulo horizontal en $0^{\circ} 00' 00''$
- Se leen ángulos y distancias a todos y cada uno de los detalles dentro del área del levantamiento.
- Finalmente se lee de nuevo el ángulo al punto B de visado en ángulo 0 para verificar que el equipo está bien armado, centrado y nivelado.

Cabe resaltar que inicialmente se realizó el chequeo de la estación tomando tres referencias conocidas para verificar el cierre de las medidas angulares y de distancia. Además, se

realiza el chequeo inicial de verificación de verticalidad del bastón. La anterior metodología se describe a detalle en el documento denominado Verificación de equipos en campo en la Carpeta 12.1.1 Plan de calidad.

Para el cálculo de detalles en oficina es necesario realizar:

- Cálculo del azimut: mediante las coordenadas rectangulares del punto armado y el punto de amarre se determina el azimut entre estos; este ángulo dependerá de la posición y dirección de los puntos.
- Cálculo de detalles: cada detalle se calcula teniendo como base las coordenadas del respectivo vértice o estación desde el cual fue radiado cada uno de ellos, se toma el azimut de referencia (donde se orientó la estación total), y se le suma el ángulo horizontal medido en cada detalle, obteniendo así el azimut a cada punto, con las respectivas distancias se calculan las proyecciones y las coordenadas correspondientes.

El resultado del cálculo de detalles es almacenado en el archivo digital detalles.csv dentro del anexo levantamiento topográfico el cual contiene punto, norte, este, elevación o cota y descripción de todos los puntos radiados.

11.4.7.2. Levantamiento con equipos RTK

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 133 detalles en el levantamiento del polígono de la Estación 5.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.4.8. Postproceso de la información en oficina.

En la siguiente Tabla se relacionan los resultados obtenidos para cada una de las poligonales ejecutadas.

Tabla 31. Resultados de la poligonal cerrada por ceros atrás.

ITEM	Obtenido	Máximo
Error angular	0° 0' 04"	0° 0' 05"
Δ NS	-0.001	
Δ EW	0.010	
Σ Distancias	374.602	
GP	38680	

PTO	COORDENADAS		COTA
	NORTE	ESTE	
D1	101340.335	94473.120	2553.336
D2	101376.895	94509.310	2552.929
D3	101273.854	94599.645	2553.494
D4	101214.852	94541.005	2553.857
D5	101261.835	94497.905	2553.804
AUX1-D2	101306.490	94578.052	2553.343
AUX1-D1	101288.040	94512.723	2554.229
AUX2-D1	101323.157	94499.055	2553.926
AUX1-D4	101250.472	94575.806	2553.626

11.5. Estación 12 Calle 60 sur entre Carrera 88c y Carrera 88f.

11.5.1. Descripción de los mojones

Las placas de los vértices geodésicos GPS 08 Y SAZ 08 con una distancia entre sí de 124.01 m, se incrustaron en zonas duras adyacentes al proyecto. La placa de aluminio cuenta con su punto guía para el centrado y armado instrumental y está marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos. La incrustación del GPS 08 se encuentra localizado en el bordillo del andén del costado derecho sentido sur norte frente al CAI La Libertad que queda sobre la Calle 60 sur con carrera 88c. La incrustación del SAZ 08 se encuentra sobre el andén derecho sentido norte sur sobre la Calle 60 sur como se aprecia en la Figura 44. Puntos de posicionamiento para GPS 08 Y SAZ 08.

Figura 44. Puntos de posicionamiento para GPS 08 Y SAZ 08.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.5.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 45. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas ABCC Y BOGA ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.5.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 24 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 08 el día 24 de febrero iniciando a las 01:59 horas p.m., hasta las 04:51 horas p.m. en una duración de dos horas con cincuenta y un minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 08 el día 24 de febrero iniciando a las 02:07 horas p.m., hasta las 04:51 horas p.m. en una duración de dos horas con cuarenta y cuatro minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 124.199 m. En la Tabla 32. Vértices Georreferenciados GPS 08 y SAZ 08. se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 32. Vértices Georreferenciados GPS 08 y SAZ 08.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 08			Calle 60 sur entre Kra 88c y Kra 88f
SAZ 08			Calle 60 sur entre Kra 88c y Kra 88f

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

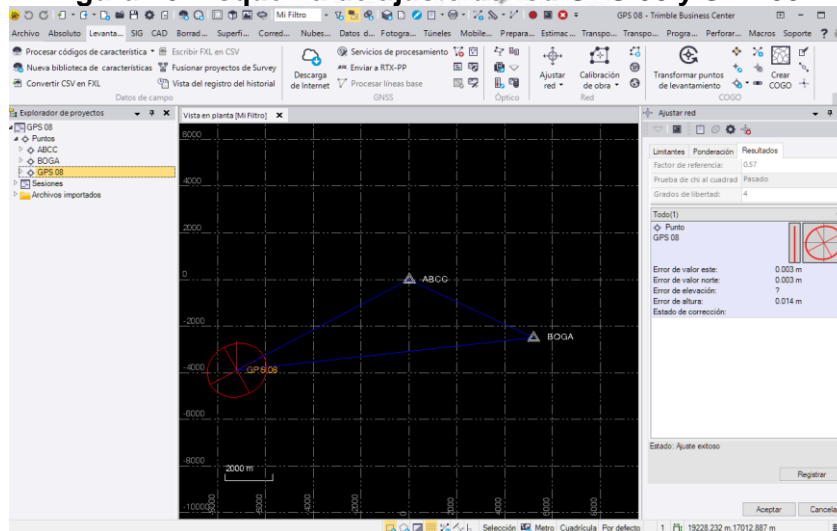
11.5.4. Postproceso

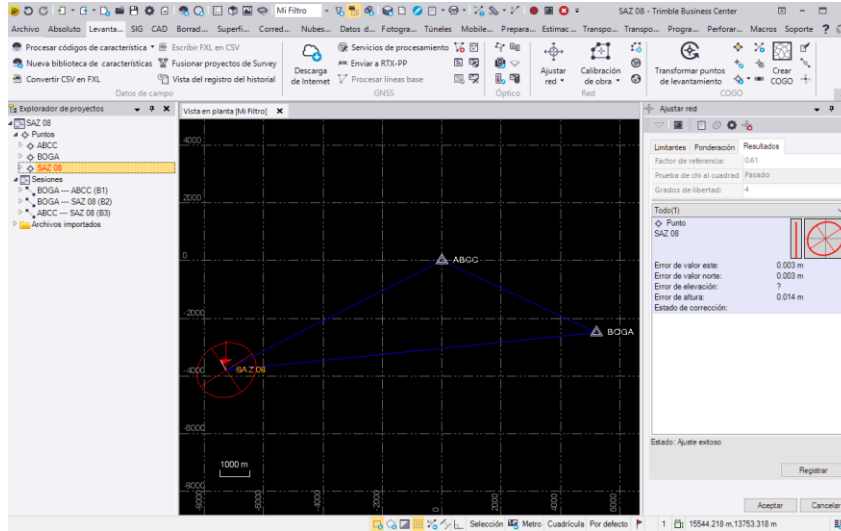
Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso ABCC y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Business Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 08 y SAZ 08 con las bases permanentes ABCC Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 46. Esquema de ajuste de red GPS 08 y SAZ 08.

Figura 46. Esquema de ajuste de red GPS 08 y SAZ 08.





Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.5.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, se obtuvieron las precisiones descritas a continuación en la Tabla 33. Error en componentes obtenido en el ajuste de red .

Tabla 33. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 08	0.003	0.003	0.014
SAZ 08	0.003	0.003	0.014

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 34. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 35. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 34. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.15			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 08	103296.803	87217.116	2543.343
SAZ 08	103386.651	87237.636	2542.937

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 35. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

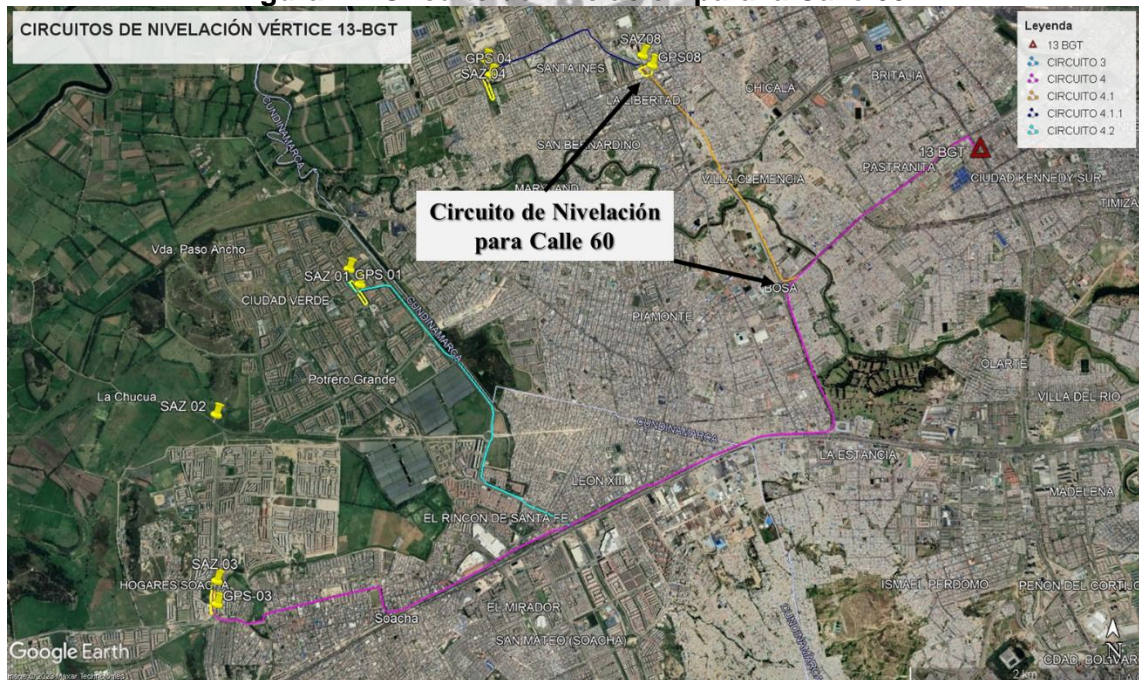
Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 08	103296.733	87217.102	2543.343
SAZ 08	103386.581	87237.622	2542.937

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.5.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica de tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 13 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 47. Circuito de nivelación para la Calle 60.

Figura 47. Circuito de nivelación para la Calle 60.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 4.1 se ejecutaron 3 tramos de nivelación (A, B y C) con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.5.5.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del circuito realizado. Para mayor detalle de la información consultar los anexos que reposan en la Carpeta 5. Nivelación.

Tabla 36. Resultados errores obtenidos

ITEM	RESULTADOS POR TRAMO		
	A	B	C
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	-0.002	-0.003	0.001
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	1.0	1.0	0.457
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.089	0.083	0.036

Tabla 37. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 08	103296.733	87217.102	2543.343	CALLE 60
SAZ 08	103386.581	87237.622	2542.937	CALLE 60

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.5.6. Levantamiento de detalles.

Las metodologías seleccionadas para el levantamiento de detalles de la Estación 12, fue el levantamiento convencional con estación total y levantamiento mediante RTK, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.5.6.1. Levantamiento con estación total.

El levantamiento convencional se efectuó con equipo de medición electrónica (Estación total) de precisión milimétrica. La metodología de toma de detalles se resume a continuación:

- Se arma, se centra y nivela la estación en un punto A referido a un vértice GNSS o en un delta.
- Se visa a un punto B igualmente con coordenadas conocidas y se fija en el ángulo horizontal en 0° 00' 00"
- Se leen ángulos y distancias a todos y cada uno de los detalles dentro del área del levantamiento.
- Finalmente se lee de nuevo el ángulo al punto B de visado en ángulo 0 para verificar que el equipo está bien armado, centrado y nivelado.

Cabe resaltar que inicialmente se realizó el chequeo de la estación tomando tres referencias conocidas para verificar el cierre de las medidas angulares y de distancia. Además, se realiza el chequeo inicial de verificación de verticalidad del bastón. La anterior metodología se describe a detalle en el documento denominado Verificación de equipos en campo en la Carpeta 12.1.1 Plan de calidad.

Para el cálculo de detalles en oficina es necesario realizar:

- Cálculo del azimut: mediante las coordenadas rectangulares del punto armado y el punto de amarre se determina el azimut entre estos; este ángulo dependerá de la posición y dirección de los puntos.
- Cálculo de detalles: cada detalle se calcula teniendo como base las coordenadas del respectivo vértice o estación desde el cual fue radiado cada uno de ellos, se toma el azimut de referencia (donde se orientó la estación total), y se le suma el ángulo horizontal medido en cada detalle, obteniendo así el azimut a cada punto, con las respectivas distancias se calculan las proyecciones y las coordenadas correspondientes.

El resultado del cálculo de detalles es almacenado en el archivo digital detalles.csv dentro del anexo levantamiento topográfico el cual contiene punto, norte, este, elevación o cota y descripción de todos los puntos radiados.

11.5.6.2. Levantamiento con equipos RTK

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 1052 detalles en el levantamiento del polígono de la Estación 12.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.6. Estación 13 Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.

11.6.1. Descripción de los mojones

Los vértices geodésicos tipo mojones GPS 04 y SAZ 04 con una distancia entre sí de 133.70 m, se materializaron en concreto in situ de 30 cm x 30 cm x 80 cm de alto, sobresaliendo 7 cm del terreno natural. En el centro del mojón se ubicó una placa de aluminio con su punto guía para el centrado y armado instrumental y marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos como se evidencia en la Figura 48. Puntos de posicionamiento para GPS 04 Y SAZ 04.

Figura 48. Puntos de posicionamiento para GPS 04 Y SAZ 04.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.6.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 49. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas ABCC Y BOGA ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.6.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 23 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 04 el día 23 de febrero iniciando a las 09:10 horas a.m., hasta las 11:45 horas a.m. en una duración de dos horas con treinta y cinco minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 04 el día 23 de febrero iniciando a las 08:56 horas a.m., hasta las 11:51 horas a.m. en una duración de dos horas con cincuenta y cinco minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 133.695 m. En la Tabla 38. Vértices Georreferenciados GPS 04 y SAZ 04. se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 38. Vértices Georreferenciados GPS 04 y SAZ 04.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 04			Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.
SAZ 04			Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur.

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

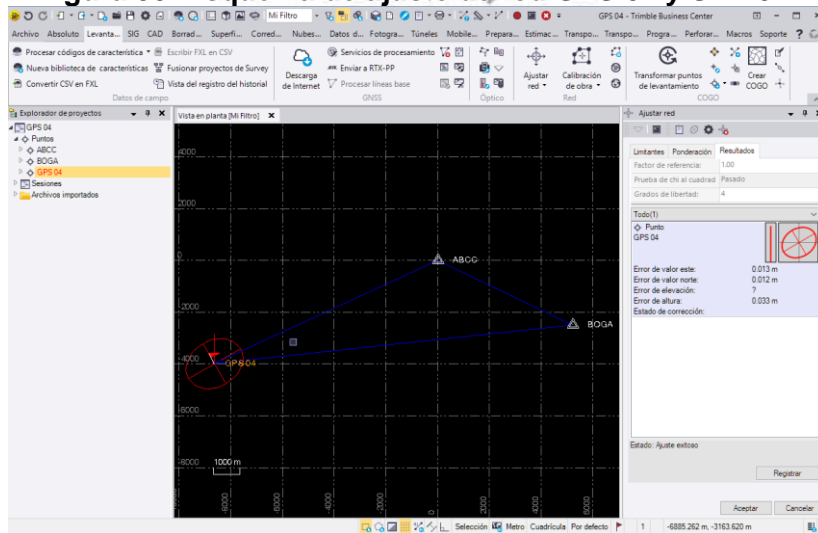
11.6.4. Postproceso

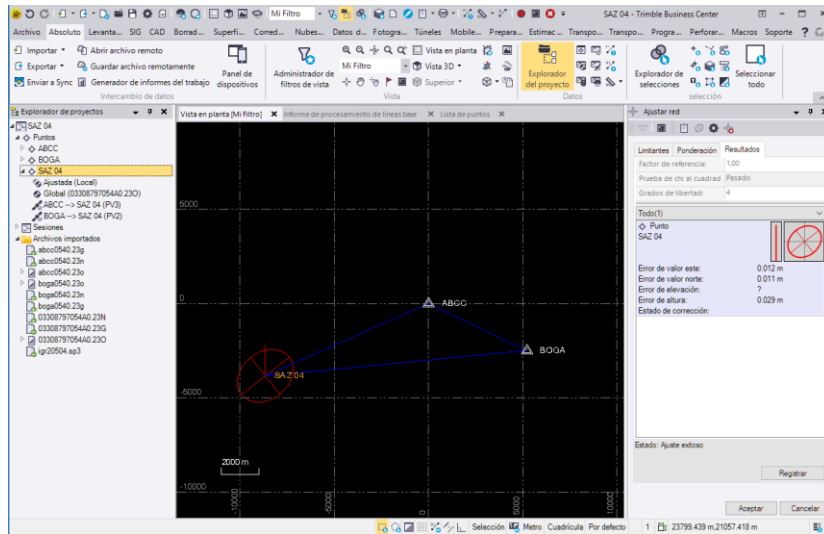
Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso ABCC y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Bussines Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 04 y SAZ 04 con las bases permanentes ABCC Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 50. Esquema de ajuste de red GPS 04 y SAZ 04.

Figura 50. Esquema de ajuste de red GPS 04 y SAZ 04.





Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.6.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 39. Error en componentes obtenido en el ajuste de red .

Tabla 39. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 04	0.012	0.013	0.033
SAZ 04	0.011	0.012	0.029

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 40. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 41. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00, para el punto de amarre por época de referencia.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 40. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.15			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 04	103204.781	85863.405	2544.205
SAZ 04	103331.440	85820.587	2543.640

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 41. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 04	103204.711	85863.391	2544.205
SAZ 04	103331.370	85820.573	2543.640

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.6.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 13 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 51. Circuito de nivelación para la Carrera 90.

Figura 51. Circuito de nivelación para la Carrera 90.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 4.1.1 se ejecutaron 2 tramos de nivelación (D y E) con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.6.5.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del circuito realizado. Para mayor detalle de la información consultar los anexos que reposan en la Carpeta 5. Nivelación.

Tabla 42. Resultados errores obtenidos

ITEM	RESULTADOS POR TRAMO	
	D	E
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	0.001	-0.002
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	0.919	0.932
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.082	0.083

Tabla 43. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 04	103204.711	85863.391	2544.205	CARRERA 90
SAZ 04	103331.370	85820.573	2543.640	CARRERA 90

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.6.6. Levantamiento de detalles.

11.6.6.1. Levantamiento con equipos GNSS

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 534 detalles en el levantamiento del polígono de la Estación 13.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.7. Estación 15. Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha.

11.7.1. Descripción de los mojones

Los vértices geodésicos tipo mojones GPS 01 y SAZ 01 con una distancia entre sí de 177.82 m, se materializaron en concreto in situ de 30 cm x 30 cm x 80 cm de alto, sobresaliendo 7

cm del terreno natural. En el centro del mojón se ubicó una placa de aluminio con su punto guía para el centrado y armado instrumental y marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos como se evidencia en la Figura 52. Puntos de posicionamiento para GPS 01 Y SAZ 01.

Figura 52. Puntos de posicionamiento para GPS 01 Y SAZ 01.

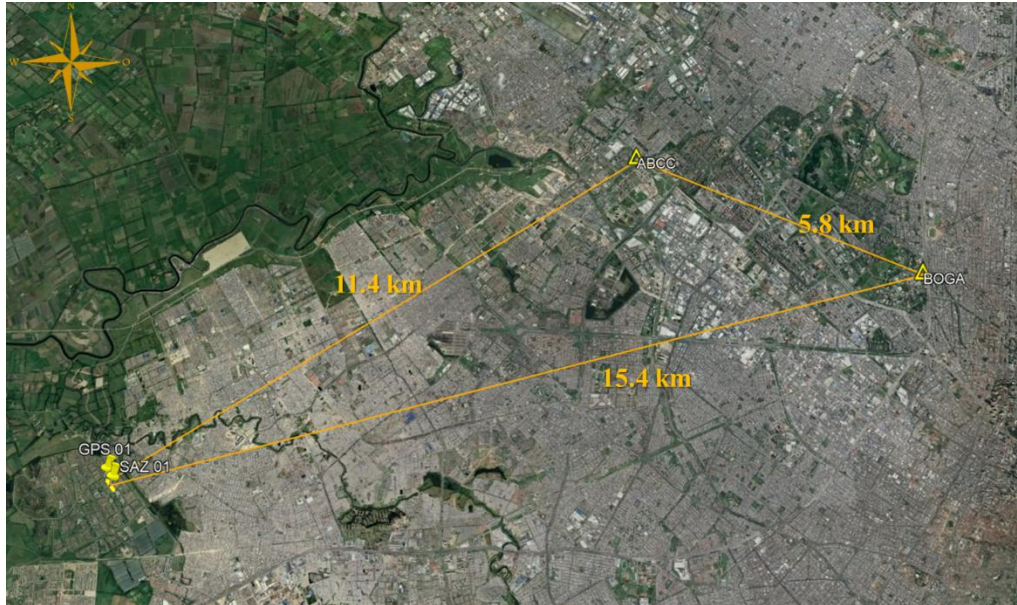


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.7.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 53. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas ABCC Y BOGA ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.7.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 23 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 01 el día 23 de febrero iniciando a las 01:05 horas P.m., hasta las 03:58 horas p.m. en una duración de dos horas con cincuenta y tres minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 01 el día 23 de febrero iniciando a las 01:13 horas p.m., hasta las 03:52 horas p.m. en una duración de dos horas con treinta y nueve minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 177.817 m. En la Tabla 44. Vértices Georreferenciados GPS 01 y SAZ 01. se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 44. Vértices Georreferenciados GPS 01 y SAZ 01.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 01			CALLE 37
SAZ 01			CALLE 37

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

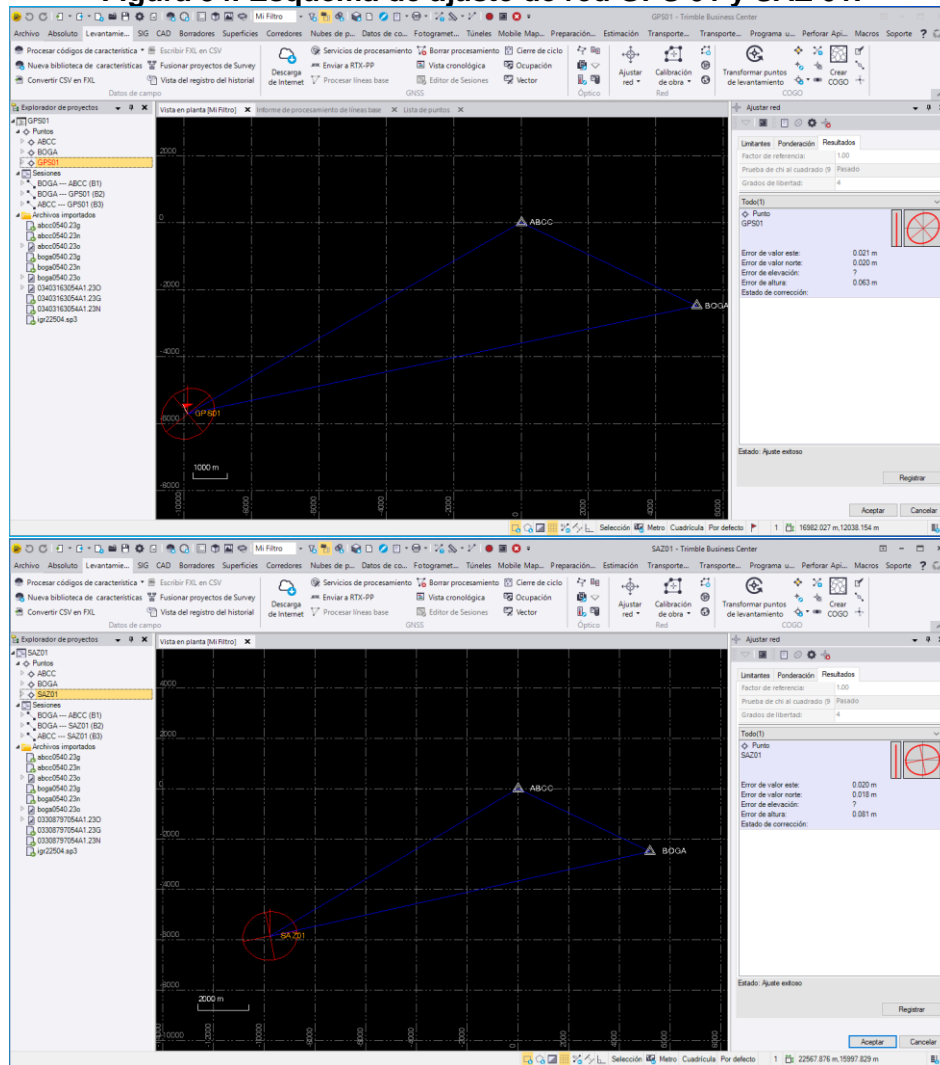
11.7.4. Postproceso

Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso ABCC y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Business Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 01 y SAZ 01 con las bases permanentes ABCC Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 54. Esquema de ajuste de red GPS 01 y SAZ 01.

Figura 54. Esquema de ajuste de red GPS 01 y SAZ 01.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.7.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 45. Error en componentes obtenido en el ajuste de red.

Tabla 45. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 01	0.020	0.021	0.063
SAZ 01	0.018	0.020	0.081

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 46. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 47. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00 para el punto de amarre en época de referencia.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 46. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.15			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 01	101466.626	84619.968	2543.638
SAZ 01	101322.111	84723.574	2543.343

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 47. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

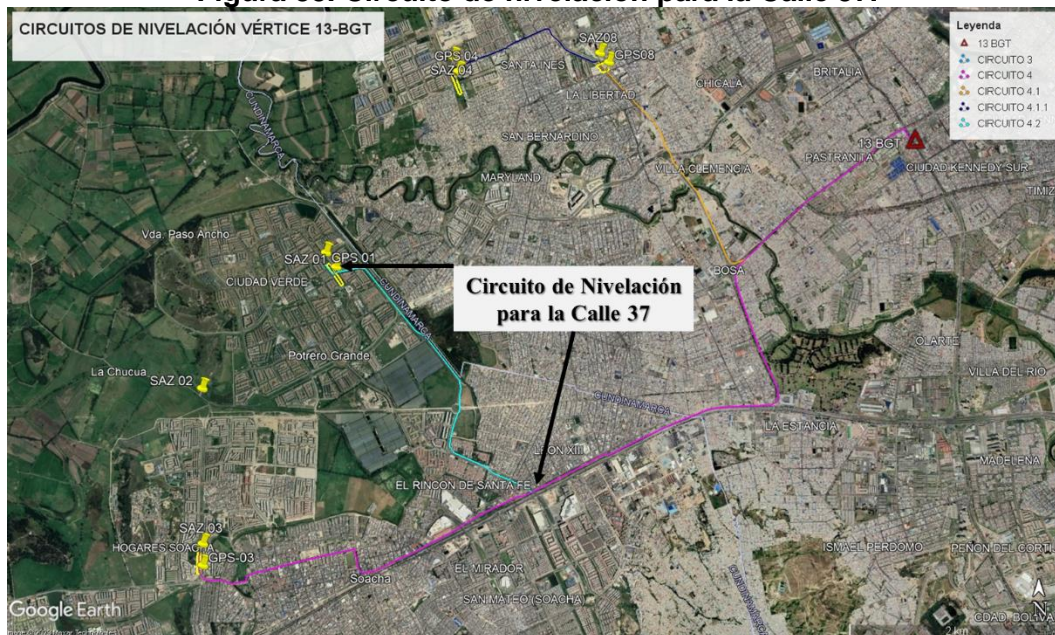
Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 01	101466.556	84619.954	2543.638
SAZ 01	101322.041	84723.560	2543.343

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.7.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 13 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 55. Circuito de nivelación para la Calle 37.

Figura 55. Circuito de nivelación para la Calle 37.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 4.2 se ejecutaron 4 tramos de nivelación (A, B C y D) con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.7.5.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del circuito realizado. Para mayor detalle de la información consultar los anexos que reposan en la Carpeta 5. Nivelación.

Tabla 48. Resultados errores obtenidos

ITEM	RESULTADOS POR TRAMO			
	A	B	C	D
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	0.002	-0.003	-0.006	0.001
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	0.952	1.0	0.755	0.722
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.008	0.008	0.007	0.007

Tabla 49. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 01	101466.556	84619.954	2543.638	CALLE 37
SAZ 01	101322.041	84723.560	2543.343	CALLE 37

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.7.6. Levantamiento de detalles.

La metodología seleccionada para el levantamiento de detalles del polígono de Patio Taller fue el levantamiento mediante el método de RTK, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.7.6.1. Levantamiento con RTK

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 1277 detalles en el levantamiento del polígono de la Estación 15.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.8. Estación 18. Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha.

11.8.1. Descripción de los mojones

Los vértices geodésicos tipo mojones GPS 03 y SAZ 03 con una distancia entre sí de 197.57 m, se materializaron en concreto in situ de 30 cm x 30 cm x 80 cm de alto, sobresaliendo 7 cm del terreno natural. En el centro del mojón se ubicó una placa de aluminio con su punto guía para el centrado y armado instrumental y marcada con la siguiente información: nombre de la entidad contratante, nombre de la empresa consultora, año de levantamiento, número del contrato e identificación del punto cumpliendo con las especificaciones de la Guía Elaboración de Estudios Topográficos como se evidencia en la Figura 56. Puntos de posicionamiento para GPS 03 Y SAZ 03.

Figura 56. Puntos de posicionamiento para GPS 03 Y SAZ 03.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.8.2. Localización de puntos GNSS

Los tiempos de rastreo se establecieron bajo el cumplimiento del tiempo mínimo de rastreo, teniendo en cuenta que existió una distancia mayor a 80 km se amplió dicho tiempo hasta cumplir con las especificaciones y las precisiones.

Figura 57. Distancia de vectores entre estaciones permanentes IGAC y puntos GNSS.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Para este posicionamiento se tomaron inicialmente las bases permanentes del IGAC llamadas ABCC Y BOGA ubicadas en la ciudad de Bogotá, de Colombia en el departamento de Cundinamarca.

11.8.3. Posicionamiento estático GNSS.

Para vincular los puntos a la red Magna-SIRGAS y rectificar las coordenadas, se optó por realizar el rastreo el día 24 de febrero de 2023 de la siguiente manera:

- Se rastrea el punto GPS 03 el día 24 de febrero iniciando a las 07:55 horas a.m., hasta las 11:18 horas a.m. en una duración de tres horas con veinte y tres minutos.
- Se rastrea el punto SAZ 03 el día 24 de febrero iniciando a las 08:01 horas a.m., hasta las 11:07 horas a.m. en una duración de tres horas con cinco minutos.

Los vértices se encuentran a una distancia entre sí de 197.552 m. En la Tabla 50. Vértices Georreferenciados se evidencia la identificación de las placas de los vértices materializados en campo, así mismo registro fotográfico del posicionamiento.

Tabla 50. Vértices Georreferenciados GPS 03 y SAZ 03.

PUNTO	PLACA	MOJÓN	ESTACIÓN.
GPS 03			Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha
SAZ 03			Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

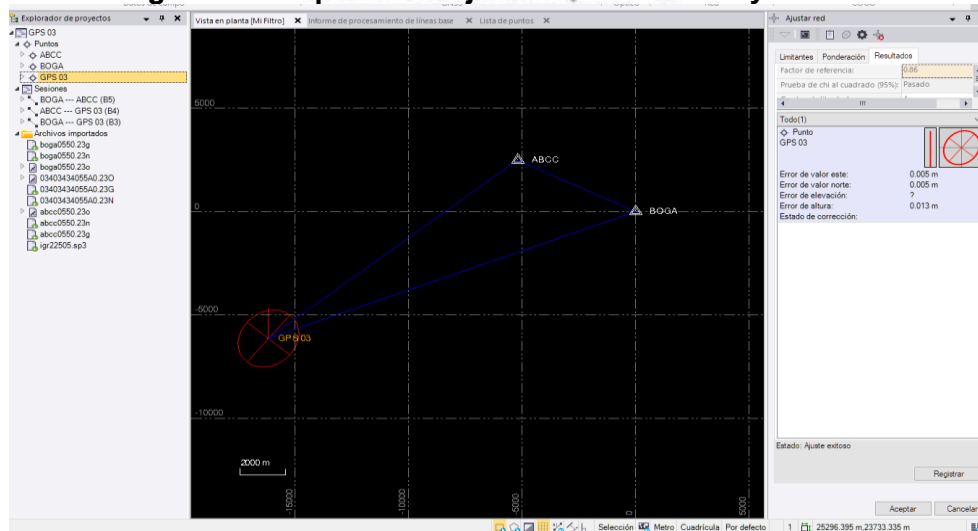
11.8.4. Postproceso

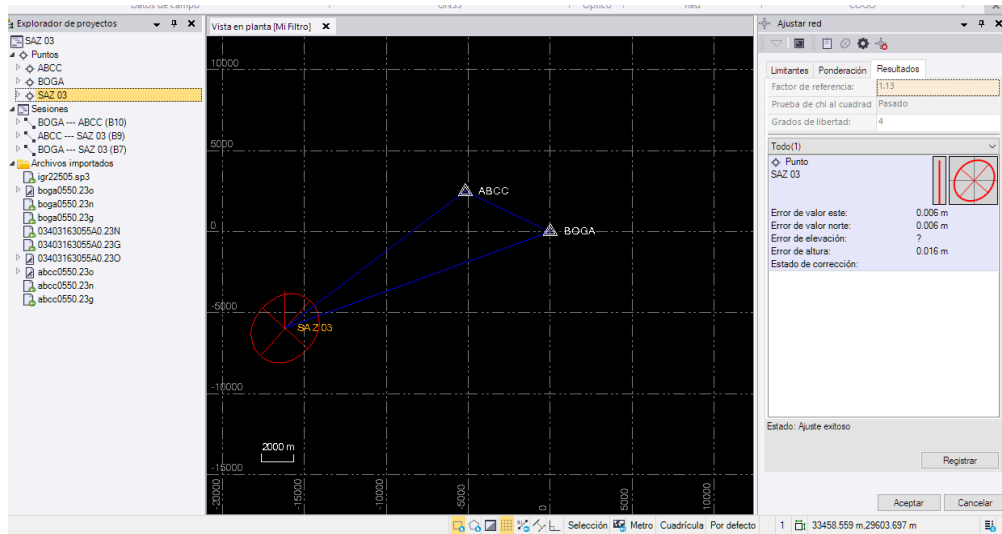
Para el procedimiento de cálculo de coordenadas en oficina, se precisa obtener primero los archivos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC para su debido ajuste, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Para la descarga de los RINEX se recurre al Geoportal del IGAC allí se encuentra a disposición del público el FTP correspondiente para la descarga de dichos archivos, teniendo el día del año se buscan en las diferentes carpetas O, N Y G y se procede a realizar la descarga de las respectivas estaciones a usar como base, para este caso ABCC y BOGA.
- Para la descarga de las efemérides precisas se recurre a la página de la NASA EarthData, se procede a la descarga del archivo igr.sp3.
- Para mayor precisión se usaron las correcciones semanales a las coordenadas de las estaciones permanentes. Las coordenadas semanales del SIRGAS utilizadas son la 2250 para las estaciones base.

Con la información ya adquirida se procede a calcular el punto geodésico; con ayuda del software de post-procesamiento “Trimble Bussines Center”. Inicialmente se realiza el ajuste de manera independiente para los puntos GPS 03 y SAZ 03 con las bases permanentes ABCC Y BOGA de la Red activa Magna Eco del IGAC, donde para el punto posicionado se genera un vector de ajuste a cada una de las bases permanentes, como se evidencia en la Figura 58. Esquema de ajuste de red GPS 03 y SAZ 03.

Figura 58. Esquema de ajuste de red GPS 03 y SAZ 03.





Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.8.4.1. Resultados

Realizado el ajuste para cada uno de los puntos de manera independiente con doble determinación, los errores obtenidos en las componentes norte, este y altura se relacionan a continuación en la Tabla 51. Error en componentes obtenido en el ajuste de red .

Tabla 51. Error en componentes obtenido en el ajuste de red

Error obtenido en el ajuste de red			
Punto	Norte	Este	h
GPS 03	0.005	0.005	0.013
SAZ 03	0.006	0.006	0.016

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Finalmente, en la Tabla 52. Coordenadas de punto de amarre en época actual se relacionan las coordenadas de los puntos de amarre GNSS en época actual. Posteriormente la Tabla 53. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00, para la época de referencia en el punto de amarre.

Para más información se puede remitir a los datos crudos e informes de post-procesamiento ubicados en el Anexo digital 3. Georreferenciación.

Tabla 52. Coordenadas de punto de amarre en época actual

Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2023.15			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 03	98544.608	83508.015	2550.859
SAZ 03	98742.172	83508.688	2547.464

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Tabla 53. Coordenadas de punto de amarre en época de referencia 2018.00

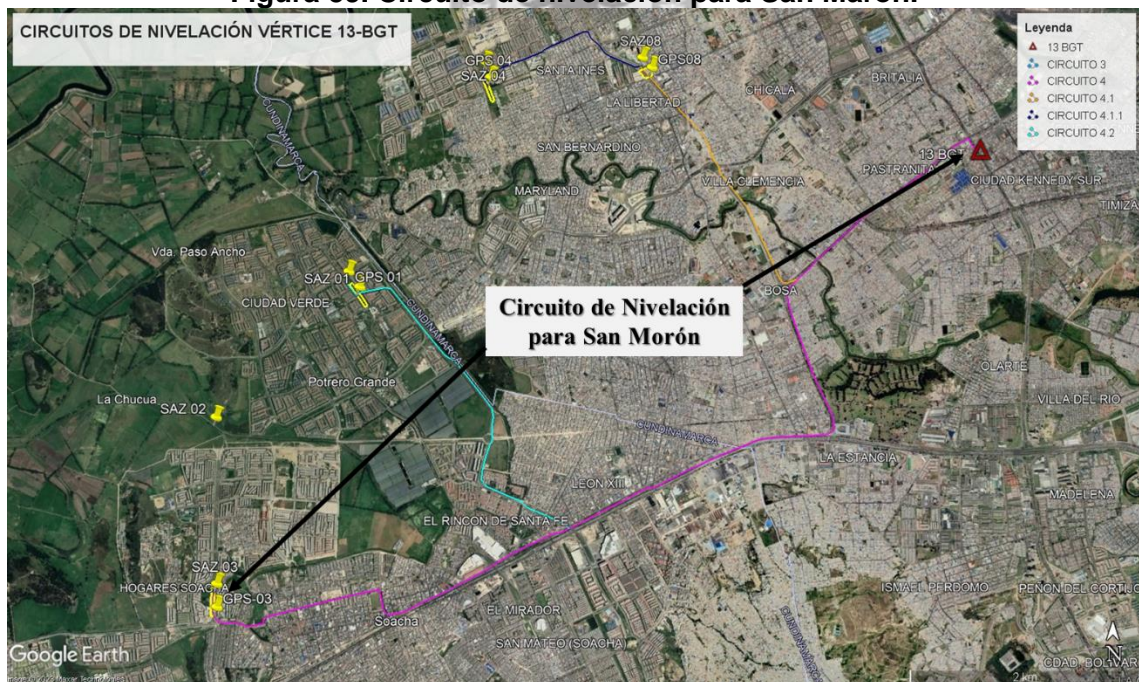
Coordenadas planas Cartesiana locales Origen Bogotá			
Época: 2018.00			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
GPS 03	98544.538	83508.001	2550.859
SAZ 03	98742.102	83508.674	2547.464

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.8.5. Nivelación geométrica.

Se realizó el circuito de nivelación geométrica tomando como punto de referencia el vértice de control del IGAC denominado 13 BGT, siguiendo la trayectoria como se muestra en la ruta de la Figura 59. Circuito de nivelación para San Marón.

Figura 59. Circuito de nivelación para San Marón.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior para el circuito de nivelación 4 se ejecutaron 11 tramos de nivelación de los cual se especifica para GPS 03 Y SAZ 03 el tramo K con su correspondiente contranivelación hasta los puntos GNSS y puntos de topografía.

11.8.5.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del circuito realizado. Para mayor detalle de la información consultar los anexos que reposan en la Carpeta 5. Nivelación.

Tabla 54. Resultados errores obtenidos

ITEM	RESULTADOS
	TRAMO K
ERROR OBSERVADO ACUMULADO (m)	0.000
DISTANCIA NIVELADA ACUMULADA (km)	0.2
ERROR PERMITIDO +/- (m)	0.004

Tabla 55. Resultado de nivelación.

PUNTO	BOGOTÁ 2011 - EP 2018		COTA NIVELADA	LOCACIÓN
	NORTE	ESTE		
GPS 03	98544.538	83508.001	2550.859	CALLE 37
SAZ 03	98742.102	83508.674	2547.464	CALLE 37

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.8.6. Levantamiento de detalles.

s tablas de los detalles tomados y calculados.

La metodología seleccionada para el levantamiento de detalles del polígono de Patio Taller fue el levantamiento mediante el método de RTK, teniendo en cuenta las condiciones y características del área observadas en el reconocimiento de la zona.

11.8.6.1. Levantamiento con RTK

El procedimiento inicial es el ajuste del sistema de coordenadas a origen Magna Sirgas Origen Bogotá, seleccionando los vértices de control, diseñando la red básica de trabajo para las observaciones de los GPS. La metodología de observación con GPS en tiempo real, se compone de una antena fija de referencia y una antena en movimiento. El receptor fijo se sitúa garantizando la nivelación del equipo sobre el vértice configurando las coordenadas de control conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido el cual servirá como vértice de control, llamado Base. Posteriormente con la antena móvil y garantizando la correcta posición de la antena, se toma un punto de control conocido en el que se garantice que efectivamente se están recepcionando los satélites suficientes para obtener una posición fija y una correcta determinación de las coordenadas X, Y, Z en el sistema dado.

En oficina se realiza la verificación de cumplimiento de las tolerancias y parámetros de calidad de la información capturada. Finalmente, se obtuvo un total de 1070 detalles en el levantamiento del polígono de la Estación 18.

Para mayor información de los resultados, se puede apreciar en el Anexo 6. Detalles, donde, de manera digital, se encuentran las tablas de los detalles tomados y calculados.

11.9. Resumen de coordenadas

A continuación, se presenta la tabla resumen con las coordenadas procesadas para cada uno de los puntos GNSS que fueron materializadas y posicionados, con su respectiva cota geométrica calculada a partir de las nivelaciones realizadas en campo. Los puntos fueron la base para realizar el levantamiento topográfico de las zonas descritas.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Tabla 56. Resumen de coordenadas puntos GNSS.

CUADRO RESUMEN COORDENADAS FINALES ÉPOCA DE REFERENCIA 2018							
ITEM	PUNTO	AZIMUT GMS	DISTANCIA (m)	COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS LOCALES ORIGEN BOGOTÁ (m)		COTA (m)	ESTACIÓN
				NORTE	ESTE		
1	GPS 01	144°21'44.727"	177.817	101466.556	84619.954	2543.638	Estación 15 Calle 37 entre Carrera 33 y Avenida Tierra negra - Soacha
	SAZ 01			101322.041	84723.560	2543.343	
2	GPS 02	310°51'50.842"	80.346	100136.671	83525.274	2544.070	Patio Taller
	SAZ 02			100189.239	83464.511	2544.366	
3	GPS 03	0°11'42.637"	197.565	98544.538	83508.001	2550.859	Estación 18 Avenida San Marón entre Vía Indumil y Carrera 12 - Soacha
	SAZ 03			98742.102	83508.674	2547.464	
4	GPS 04	341°19'18.481"	133.701	103204.711	85863.391	2544.205	Estación 13 Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur
	SAZ 04			103331.370	85820.573	2543.640	
5	GPS 05	216°59'0.817"	112.411	102678.724	98939.569	2567.827	Estación 2 Avenida NQS con Calle 22
	SAZ 05			102588.929	98871.944	2568.228	
6	GPS 06	44°20'50.142"	103.159	101814.607	100350.508	2591.577	Estación 1 Carrera 15 entre Calle 23 y Calle 24.
	SAZ 06			101888.378	100422.617	2590.587	
7	GPS 07	329°41'2.253"	138.873	101193.887	94514.416	2553.984	Estación 5 Avenida 1ra Mayo entre Carrera 52b y Carrera 52d.
	SAZ 07			101313.770	94444.317	2553.600	
8	GPS 08	316°25'37.675"	124.014	103296.733	87323.102	2543.343	Estación 12 Calle 60 Sur entre Carrera 88c y Carrera 88f
	SAZ 08			103386.581	87237.622	2542.937	

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

11.10. Áreas levantadas.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las áreas levantadas para cada uno de los sectores donde se hizo topografía en campo.

Tabla 57: Resumen de áreas levantadas.

CUADRO RESUMEN ÁREAS LEVANTADAS		
ESTACIÓN	ÁREA DEL LEVANTAMIENTO	
	m2	Ha
Patio Taller	28093,69	2,81
Estación 18 Avenida San Marón entre Vía Indumil y Kra 12 - Soacha	5901,42	0,59
Estación 15 Calle 37 entre Kra 33 y Avenida Tierra negra - Soacha	6953,43	0,70
Estación 13 Carrera 90 entre Calle 78 Sur y Calle 74c Sur	7010,73	0,70
Estación 12 Calle 60 Sur entre Kra 88c y Kra 88f	7078,94	0,71
Estación 5 Avenida 1ra Mayo entre Kra 52b y Kra 52d	9938,47	0,99
Estación 2 Avenida NQS con Calle 22	5003,57	0,50
Estación 1 Kra 15 entre Calle 23 y Calle 24	6322,33	0,63
TOTAL	76302,58	7,63

11.11. Generación de ortofotos.

Adicional a las actividades de campo donde se realizó el levantamiento topográfico de las áreas descritas anteriormente, se realizó la generación de ortofotos como herramienta de apoyo para la validación de la información topográfica levantada. Sin embargo, como no es producto contractual de la consultoría, no se adjunta la información base utilizada para su generación.

Las ortofotos generadas para cada una de las estaciones definidas se adjuntan en el anexo 11.1. Ortofotos.

11.12. Redes de servicios.

Como se describe en el capítulo 6.2 Alcance:, en el desarrollo de la prefactibilidad se identificó que la alternativa 7 en tipología subterránea es la seleccionada para elaborar la etapa 4. Donde se realizará la profundización de los diferentes componentes del proyecto. Por lo tanto, las principales afectaciones se presentan en los sectores donde se van a desarrollar las estaciones, aunque son subterráneas se requieren excavaciones para su construcción.

En las actividades de topografía en campo se realizó el levantamiento de los elementos de las redes secas e hidrosanitarias, como lo son: postes, pozos, cajas, sumideros y demás elementos que se encontraron en campo. Los cuales fueron suministrados a los componentes de redes secas e hidrosanitarias, para la realización de los respectivos prediseños a nivel de prefactibilidad.

En el desarrollo de los estudios del componente de redes hidrosanitarias se identificó que para la factibilidad no se requería la inspección de pozos en campo, para la realización de los de los prediseños de las redes que se requieren desplazar, considerando que se cuenta con la topografía de campo y la información suministrada por la EAAB. En el informe CAC-SGC-RHS-INF.PAS-1. se describe la información utilizada para la realización de los prediseños de las redes hidrosanitarias.

12. ESTIMACIÓN CANTIDADES Y COSTOS.

Para la siguiente etapa de factibilidad del proyecto, considerando que se utilice la tipología subterránea en el trazado del tren, se identifica que es necesario el levantamiento o actualización de las 18 estaciones del proyecto y el área definida para el patio taller del proyecto. Para la realización de esas actividades se proyectan los siguientes costos:

Tabla 58: Cantidades y costos para la etapa de factibilidad.

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Amarre a la red geodésica	Un	19	\$ 1 200 000	\$ 22 800 000
2	Materialización de pareja mojones	Un	19	\$ 700 000	\$ 13 300 000
3	Levantamiento topográfico con tecnología convencional	Un	19	\$ 5 000 000	\$ 95 000 000
4	Vectorización de información.	Global	1	\$ 4 800 000	\$ 4 800 000
5	Generación de ortofotos	Un	19	\$ 600 000	\$ 11 400 000
				SUBTOTAL	\$ 147 300 000
				IVA 19%	\$ 27 987 000.00
				TOTAL	\$ 175 287 000.00

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano

13. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

En la siguiente tabla se presentan los riesgos identificados para la siguiente etapa de factibilidad del proyecto.

RIESGO	CAUSA	ACCIONES POR TOMAR
Chequeo en desplazamiento en los componentes (X, Y) y componente (H) y existencia de los puntos GNSS en campo.	<ul style="list-style-type: none"> - Fenómenos geológicos - Obras aledañas - Vandalismo de placas 	Verificar la existencia y estado de los puntos GNSS, que serán los puntos de control para verificar en campo que la variación en coordenadas y cota geométrica de la información presentada en los planos, estén dentro de las tolerancias permitidas a la fecha de inicio de la etapa posterior y evitar diferencias en actividades de replanteo. En caso de no existir una pareja de puntos GNSS o únicamente exista un punto, se deberá posicionar nuevamente una pareja de puntos para hacer dicha validación.
Actualización de información de redes secas y húmedas	Obras aledañas dentro de la zona de estudio referentes a optimización de redes.	Verificar con planos récord de las Empresas de Servicios Públicos y/o realizar actividades de campo referentes a la inspección de redes secas y húmedas para que las actividades a desarrollar en etapas posteriores se realicen sobre información actualizada.
Actualización de información de detalles existentes.	Obras aledañas dentro de la zona de estudio que puede modificar la existencia de algunos detalles, ya sea, incluir o eliminar, siempre y cuando sean relevantes para tener en cuenta en caso de que requieran ser intervenidos más adelante, según la alternativa seleccionada.	Verificar en campo que los detalles relevantes como (construcciones, postes, cajas, arboles, urbanismo, entre otros) presentados en los planos de esta fase sean los mismos existentes en terreno cuando inicie la etapa posterior, en caso de no ser así, se deberá armonizar la información con los proyectos que estuvieron en desarrollo en la zona de estudio o actualizar con información tomada en campo.

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia – 2023.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En la presente etapa se realizó el levantamiento topográfico de las principales estaciones del proyecto, de acuerdo con el diseño geométrico realizado, para las etapas posteriores se debe realizar el levantamiento de todas las estaciones del proyecto y del patio taller, considerando las modificaciones que se puedan presentar.

Para cada una de las estaciones levantas, a partir de las labores realizadas en campo y oficina, se generó un modelo digital de terreno y su correspondiente salida gráfica, la cual se ubica en el anexo 7. Planos Topográficos.

Los puntos GNSS materializados y posicionados, las nivelaciones y la información levantada cumple con los estándares de calidad y precisión solicitados por el IDU. Por lo tanto, la información primaria obtenida puede ser utilizada en los estudios de las siguientes etapas del proyecto.

Para las siguientes etapas se recomienda verificar las cotas de los puntos de amarre y de los vértices nivelados, considerando las dinámicas de asentamiento del terreno que se presentan en la ciudad, lo cual puede generar diferencias considerables en la información determinada.

15. ANEXOS

- 15.1. Carpeta 2. Personal_Equipos
- 15.2. Carpeta 3. Georreferenciación
- 15.3. Carpeta 4. Poligonal_Marco
- 15.4. Carpeta 5. Nivelación
- 15.5. Carpeta 6. Detalles
- 15.6. Carpeta 7. Planos Topográficos
- 15.7. Carpeta 8. Registro Fotográfico
- 15.8. Carpeta 9. Costo Siguiete Etapa
- 15.9. Carpeta 10. Riesgos Componente
- 15.10. Carpeta 11. Otros Entregables
- 15.11. Carpeta 12. Pruebas Productos
- 15.12. Carpeta 13. Aprobación interventoría
- 15.13. Carpeta 14. Contrato Anexo Tec.