

ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ



ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ (PLMB)

METODOLOGIA Y PLAN DE RECOPIACION DE INFORMACION COMPLEMENTARIA DE ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

DOCUMENTO N° ETPLMB-ET01-L01-ITE-L-0001_RB

CONSORCIO METRO BOG

SYSTRA



INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DEPENDENCIA

No. de copias

CLIENTE Financiera de Desarrollo Nacional (FDN)	1
Centro de Documentación del Proyecto	1

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Revisión del documento	Sección modificada	Fecha de modificación	Observaciones
A	-	09-03-2017	Versión original
B	4.2.1; 4.3.11	03-04-2017	Ajustes por observaciones de la interventoría

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Contrato:		ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ			
Título Documento:		METODOLOGIA Y PLAN DE RECOPIACION DE INFORMACION COMPLEMENTARIA DE ESTUDIOS TOPOGRAFICOS			
Documento No. :		ETPLMB-ET01-L01-ITE-L-0001_RB			
A P R O B A C I O N	Número de revisión		A	B	C
	Ingeniero ejecutor	Nombre	M. Florez	M. Florez	
		Firma			
		Fecha	15-03-2017	31-03-2017	
	Vo. Bo Director de Departamento	Nombre	I. Dussan	I. Dussan	
		Firma			
		Fecha	15-03-2017	31-03-2017	
	Vo. Bo Director de División	Nombre	F. Sánchez	F. Sánchez	
		Firma			
		Fecha	15-03-2017	31-03-2017	
	Vo. Bo Director del Proyecto	Nombre	H. Abjean	H. Abjean	
		Firma			
		Fecha	15-03-2017	31-03-2017	

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	LOCALIZACIÓN GENERAL.....	2
3	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE	3
3.1	INFORMACIÓN EXISTENTE TOPOGRAFIA CONTRATO IDU-849 DE 2013 - Proyecto del diseño de la Primera Línea de Metro en el marco del sistema integrado de transporte público-SITP para la ciudad de Bogotá (Colombia) AÑO 2013.	3
4	TOPOGRAFÍA PARA DISEÑOS DE FACTIBILIDAD	10
4.1	VALIDACIÓN DE TOPOGRAFIA EXISTENTE	10
4.2	ACTUALIZACIÓN RED PLANIMÉTRICA Y ALTIMÉTRICA.....	10
4.3	VUELO LIDAR Y ORTOFOTO	14
4.4	LEVANTAMIENTO ESCÁNER LASER TERRESTRE	19
5	PRODUCTOS A ENTREGAR.....	21
6	INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA REQUERIDA PARA ESTUDIOS DETALLADOS DEL PROYECTO	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Coordenadas geográficas y coordinas planas de Gauss	4
Tabla 3.2 NP's IGAC nivelación.....	4
Tabla 3.3 Nivelación geométrica	4

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Localización General corredor Primera Línea Metro Bogotá.....	2
Figura 3.1 Distribución espacial de los Deltas	8
Figura 4.1 Red geodésica	9

1 INTRODUCCIÓN

El siguiente documento describe la metodología y los criterios a seguir para la ejecución de los estudios topográficos que complementen la información existente, para desarrollar los diseños de factibilidad correspondientes a la estructuración técnica del tramo 1 de la primera línea del Metro de la ciudad de Bogotá, que se localiza sobre el corredor vial de las avenidas Ciudad de Villavicencio, Primero de Mayo, Ciudad de Quito, General Santander, La Hortua y Caracas hasta a la calle 76.

En el documento se describen procedimientos a seguir, el plan para para la recopilación de la información complementaria, los equipos a utilizar y los productos generados con las precisiones a obtener.

El capítulo 2 describe la localización general del proyecto.

El capítulo 3 se describe los levantamientos topográficos existentes de estudios anteriores

El capítulo 4 describe las actividades a desarrollar para los diseños de factibilidad.

El capítulo 5 describe los productos.

El capítulo 6 describe los trabajos topográficos requeridos para una posterior etapa de diseños detallados

2 LOCALIZACIÓN GENERAL

El trazado del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de la ciudad de Bogotá (PLMB), se localiza sobre en el corredor vial de las avenidas ciudad de Villavicencio, Primero de Mayo, Ciudad de Quito, general Santander, la Hortua, y Caracas hasta a la Calle 76

El Tramo 1 de la PLMB es una línea de aproximadamente 19,1 km de longitud entre las estaciones Portal Américas y Calle 72, cola de maniobras hasta la Calle 76 y un ramal técnico hacia el patio-taller que aún no ha sido definido en su emplazamiento. El sistema contará con 15 estaciones más la estación ALO, que se encontrará localizada en un punto sobre el ramal técnico en correspondencia con la futura troncal de Transmilenio ALO. Posiblemente existirá otra estación en el municipio de Mosquera si es decidido que la PLMB llegue hasta ese municipio, localizando en su territorio el patio-taller.

En total se estima obtener información topografía en una longitud de 25 km, por una franja de 600 m de ancho para el corredor de los estudios y 100 Ha adicionales para el sitio del patio-taller.

La estructuración técnica del Tramo 1 de la PLMB define principalmente el modo metro pero tiene un alto componente de definición de la infraestructura BRT asociada a él. En efecto, la interface que se produce axialmente entre los modos metro y BRT a lo largo de la Avenida Caracas entre las Calles 1 y 76, en un segmento de la Avenida NQS, entre Av. Primero de Mayo y Calle 8 Sur y de forma transversal con las estaciones Portal Américas, Av. Boyacá y Av. 68 plantea un desafío técnico y funcional para el proyecto porque ambos modos deberán responder a la demanda con un servicio complementario e integrado. Estaciones complejas como la de la Av. 68 donde no solo el intercambio metro-BRT debe ser resuelto eficientemente sino que se debe modificar la configuración de puentes vehiculares y estructuras de acceso peatonal a las estaciones también plantean un desafío en las interfaces urbanas del proyecto. Por lo tanto, una estructura de gestión de proyecto en coordinación con el IDU, TransMilenio, la SDM y SDP será conveniente establecer.

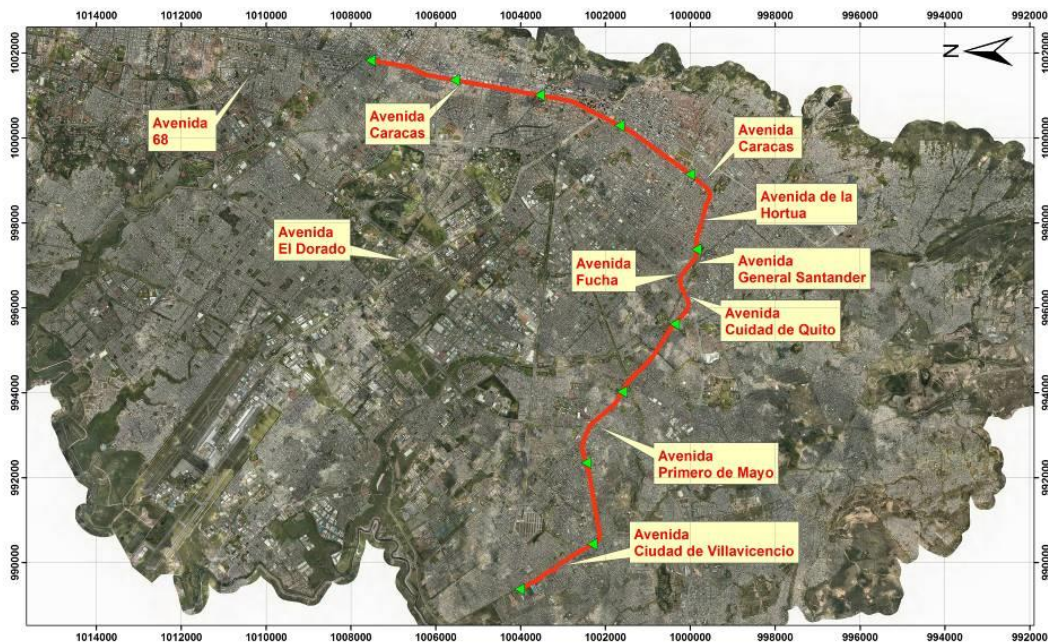


Figura 2.1 Localización General corredor Primera Línea Metro Bogotá

3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Para desarrollar los estudios de la Estructuración Técnica de la Primera Línea del Metro, se partirá de la información topográfica existente producto de trabajos realizados para estudios anteriores, previo a un análisis y validación de dicha información.

De acuerdo a la recopilación realizada, existe información topográfica de los siguientes estudios desarrollados en el área de influencia del proyecto:

- Contrato IDU-849 de 2013: Estudios y Diseños de Ingeniería Básica Avanzada de la Primera Línea del Metro de Bogotá D.C.
- Contrato IDU-89 DE 2000: Rehabilitación de las calzadas de tráfico mixto y adecuación para la operación de Transmilenio de la Troncal Caracas de la Calle 6 a la Calle 80 Los Héroes.
- Contrato IDU-90 de 2000: Rehabilitación de las calzadas de tráfico mixto y adecuación para la operación de Transmilenio de la Troncal Caracas desde la Calle 51 Sur hasta la Calle 6.

3.1 INFORMACIÓN EXISTENTE TOPOGRAFIA CONTRATO IDU-849 DE 2013 - PROYECTO DEL DISEÑO DE LA PRIMERA LÍNEA DE METRO EN EL MARCO DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO-SITP PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ (COLOMBIA) AÑO 2013.

Estos estudios fueron realizados por el Consorcio L1 (Euroestudios – Idom – Cano y Jimenez) e incluyen los siguientes trabajos topográficos.

3.1.1 Red Geodésica

Los trabajos de levantamiento topográfico, se utilizó el Sistema de referencia Oficial MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de referencia – Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). Constituido por:

- International Terrestrial Reference Frame ITRF94, época 1995,4.
- Elipsoide: Geodetic Reference System 1980: GRS80 (Moritz, 1980, 1992).
- Proyección cartográfica Gauss–Krüger, modificada a la latitud del Observatorio Astronómico de Bogotá.

3.1.1.1 Enlace Planimétricos

El enlace al sistema de referencia, se realizó con las dos antenas geodésicas existentes en las instalaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC - BOGT y BOGA. También se incluyó las observaciones esporádicas que realiza la antena ABCC, perteneciente a la Empresa Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB.

A continuación se indican las coordenadas geográficas y coordinas planas de Gauss de los vértices geodésicos observados:

ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

Tabla 3.1 Coordenadas geográficas y coordinas planas de Gauss

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	X	Y
BOGT	4° 38' 24.25718"	-74° 04' 51.38249"	2577.0830	999619.233	1004851.323
BOGA	4° 38' 19.24554"	-74° 04' 47.81772"	2610.6677	999729.103	1004697.380
ABCC	4° 39' 40.43454"	74° 07' 36.91958"	2577.1453	994517.309	1007191.462

Estas coordenadas geográficas de las antenas de referencia, sirvieron como partida para realizar el cálculo de la Red Geodésica.

3.1.1.2 Enlace Altimétrico

La altimetría se ha referido al nivel medio del mar, que se enlazó con los clavos de la Red de Nivelación (NP's) del IGAC, más próximos a la zona del proyecto, para obtener sus coordenadas y localización.

Los clavos de nivelación utilizados fueron:

Tabla 3.2 NP's IGAC nivelación

NOMBRE NP's	ALTITUD ORTOMÉTRICA
CD-526	2568.274
CD-342	2566.486
CD-341	2568.719

Debido a los fuertes asentamientos que se producen en la ciudad de Bogotá, se realizó una comprobación de estos tres puntos entre sí, mediante una nivelación geométrica de ida y vuelta, con los siguientes resultados:

Tabla 3.3 Nivelación geométrica

TRAMO	DESNIVEL ORTOMÉTRICO TEÓRICO	DESNIVEL ORTOMÉTRICO COMPROBADO	DIFERENCIA
CD-341 --- CD-342	-2.233	-2.214	-0.019
CD-342 --- CD-526	1.788	1.801	-0.013
CD-341 --- CD-526	-0,445	-0,413	-0.032

Por las diferencias encontradas y tras consulta con el IDU, se realizó el transporte de cotas a partir de la señal CD-341.

3.1.1.3 Observación y cálculo

La observación de la Red Geodésica se realizó mediante técnicas GPS, con equipos LEICA System 500, compuestos por receptores de doble frecuencia que trabajan con observables de código P y unidades de control portátiles.

Los tiempos de observación fueron determinados por la regla Hoffmann-Wellenhof (10 minutos + 1 minuto por cada kilómetro que exceda los 10 Kilómetros de línea base a observar). Con el fin de tener mayor abundancia de datos, se tomó la decisión que ningún punto tenga un periodo inferior a 20 minutos.

El tipo de observación fue el estático relativo desde las antenas geodésicas, para lo cual se utilizaron dos receptores GPS de forma simultánea. Toda la red está compuesta por un conjunto de observaciones interrelacionadas entre sí, lo que permitió realizar los cálculos de manera concatenada.

El proceso de datos para el cálculo de las líneas-base y resolución de ambigüedades, se realizó mediante el software GeoOffice de la casa LEICA, con lo cual se obtuvo las coordenadas de todos los puntos en el sistema Magna-Sirgas.

En el proceso de cálculo se tuvo en cuenta los siguientes condicionantes:

- Máscara de elevación mayor de 15° sexagesimales
- Los cálculos se realizan de manera concatenada
- No se introducen en el cálculo las líneas base superiores a 20 km.

3.1.2 **Red básica**

Se implementó una Red Básica a lo largo de cada una de las zonas objeto del trabajo.

Los vértices se materializaron en el terreno mediante placas de aluminio empotrados en paramentos horizontales y recibidos con resina, que ofrecen las máximas garantías de permanencia, según las siguientes condiciones:

- Parejas de vértices colocados a intervalos medios de 2 Km.
- Visibilidad entre los vértices integrantes de cada pareja.
- Situados en la proximidad del trazado.
- Ubicados en zonas dominantes, de dominio público y fácil acceso.

Se implementaron un total de 30 vértices, que cumplen las condiciones establecidas. La materialización de esta Red Básica, estuvo condicionada por la morfología del terreno, principalmente por situarse en el entorno de una zona urbana.

3.1.2.1 Planimetría

El trabajo se realizó empleando el mismo instrumental y método GPS anteriormente descrito.

Se utilizaron al menos cuatro receptores GPS, para garantizar que al menos dos estuvieran ubicados como estaciones de referencia y otros dos en vértices de la Red Básica, con lo que se

concatenaron las observaciones. De esta forma, los vértices de la Red Básica se observaron desde un mínimo de dos vértices de la red geodésica y quedaron unidos mediante una observación con su colindante.

Los tiempos de observación fueron determinados por la regla Hoffmann-Wellenhof (10 minutos + 1 minuto por cada kilómetro que exceda los 10 Kilómetros de línea base a observar).

Se diligenciaron hojas de campo para cada punto con los parámetros y comentarios que faciliten la detección e identificación de posibles errores de cálculo.

El proceso de datos para el cálculo de las líneas-base y resolución de ambigüedades, se realizó mediante el software GeoOffice de la casa LEICA, con lo cual se obtuvo las coordenadas de todos los puntos en el sistema Magna-Sirgas.

El mínimo tiempo para la observación de las bases líneas fue de 20 minutos, ya que ninguna de las líneas base excede de los 20 km de longitud. Se obtuvo de internet los datos de las antenas BOGT, BOGA y ABCC para complementar las observaciones.

3.1.2.2 Altimetría

Desde el punto NP's CD-341 de la Red de Nivelación, más cercano a la zona de proyecto, se transmitió la cota, mediante nivelación geométrica, a los vértices GPS de la Red Básica implementada. Se realizó una nivelación geométrica de ida y vuelta.

Los Equipos utilizados en el levantamiento corresponde a niveles digital Pentax AL-320 de 0.8 mm de precisión y miras verticales de aluminio, provistas de nivel esférico contrastado para asegurar su verticalidad.

Todas las nivelaciones se realizaron por anillos para lo que se empleó el método del punto medio, que promedia los desniveles de ida y vuelta con tolerancia máxima de $7 \sqrt{K}$ mm, siendo K la longitud del anillo expresado en kilómetros y así mismo, compensa los cierres obtenidos.

3.1.2.3 Ajuste de la Red y Transformación de Coordenadas

El procesamiento de datos, cálculo de las líneas base y ajuste de la Red Básica por mínimos cuadrados se realizó con el software LEICA GeoOffice.

Finalizado el proceso de vectores y cálculo de cierres de los triángulos espaciales, se realizó el cálculo y la compensación en bloque de todas las observaciones, con el método de ajuste por mínimos cuadrados.

Se utilizó como vértices de partida la antena del IGAC BOGT (coordenadas fijas), que transmitió las coordenadas a Magna-Sirgas, al resto de los vértices observados, con lo que se obtuvo precisiones planimétricas mejores de 1 cm, excepto en el GPS-12 que fue de 12 mm.

El proceso del ajuste de la red, se realizó en el Sistema de Referencia de coordenadas WGS84 en 3D, con el módulo MOVE Versión 3.1.5 para Diseño y Ajuste de Redes Geodésicas. Esto se incluyó en el programa de cálculo LEICA GeoOffice. El ajuste de observaciones se realizó con precisiones al 95% de nivel de confianza.

De cada vértice se obtuvo sus coordenadas ajustadas y los errores medios cuadráticos correspondientes a cada uno. Una vez realizado el ajuste en coordenadas Magna-Sirgas, se proyectaron en el sistema planimétrico Gauss-Kruger.

La planimetría se utilizó las coordenadas de la antena BOGT y en altimetría las cotas obtenidas por nivelación geométrica de los vértices de la Red Básica.

Se adjuntan los siguientes datos:

- Gráfico de la Red observada sobre cartografía
- Gráfico de la nivelación geométrica
- Libreta y cálculos de la nivelación geométrica
- Reportes de ajuste de la Red
- Coordenadas Magna-Sirgas en la proyección Gauss-Kruger de los vértices de la Red Básica
- Reseñas de los vértices de la Red Básica, con reseña, croquis, fotografías y coordenadas definitivas.

3.1.3 Red secundaria

La red secundaria, compuesta por los puntos Delta, se implementó mediante placas de aluminio empotradas en paramentos horizontales. Estas placas tienen grabado la denominación del punto para su correcta identificación.

Como regla general, al tratarse de un entorno completamente urbano, se buscaron lugares con el horizonte lo más despejado posible, para así optimizar la recepción de las señales de los satélites GPS.

El espaciado entre Deltas, o Deltas y vértices GPS de la Red Básica, es de aproximadamente 435 m, lo que proporcionó a todo el trabajo una gran homogeneidad espacial.

Su observación se realizó con receptores GPS geodésicos compuestos por receptores de doble frecuencia que trabajan con observables de código P y unidades de control portátiles. Estos equipos aseguraron precisiones del orden de 1 - 2 cm.

El método de observación fue el estático relativo en postproceso, el cual tomó como referencia la antena GPS del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) también perteneciente al IGS (International GNSS Service).

Una vez obtenidas las coordenadas en el sistema geocéntrico WGS-84 se ha procedido al cálculo de sus coordenadas en la proyección Gauss.Kruger en el sistema Magna Sirgas.

La obtención de la altura ortométrica se realizó mediante una transformación, usando como puntos de cálculo los puntos Gps de la Red Básica, los cuales tienen altura ortométrica proveniente de la nivelación geométrica.

En la Figura 3.1 se presenta la distribución espacial de los Deltas.

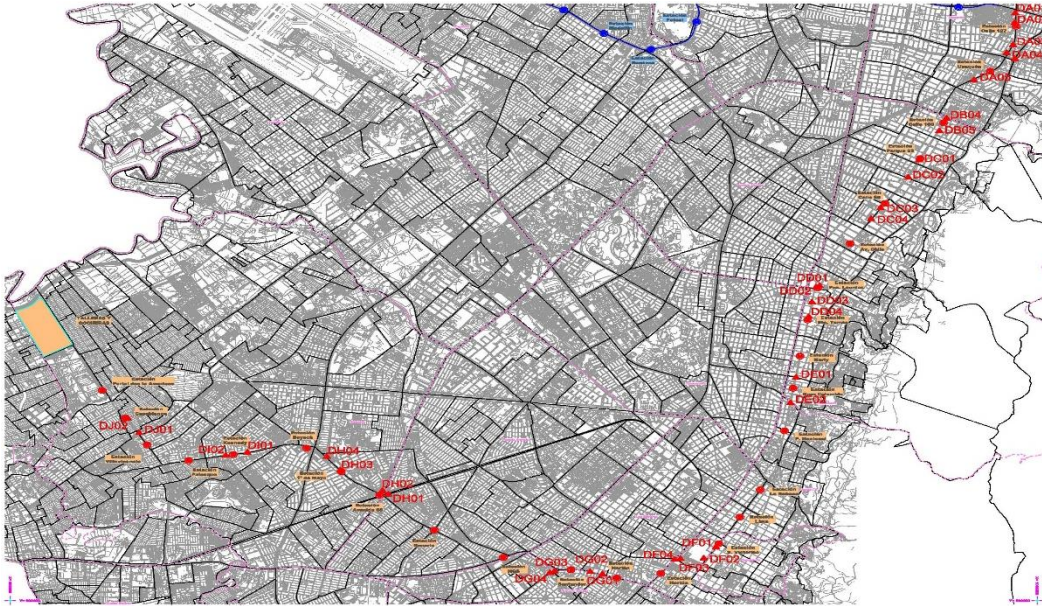


Figura 3.1 Distribución espacial de los Deltas

3.1.4 Poligonales

Así mismo, se contempló en los términos que las poligonales principales se encuadrarían entre los vértices de la Red Básica, para lo cual se decidió realizar las observaciones de los Delta con equipos Gps bifrecuencia, los mismos con los que se observó la Red Básica. Esta metodología redujo aún más los errores inherentes al uso de estaciones totales en el transporte de coordenadas

3.1.5 Levantamiento de detalle

A partir de los vértices de la Red Básica y de los vértices Delta implementados, se tomaron los puntos necesarios para definir de una forma fidedigna la morfología de las zonas cartografiadas. Se han utilizado estaciones totales calibradas,

En los casos que no fue posible la medición directa de ángulos y distancias desde esos vértices, se implementaron vértices auxiliares para realizar las correctas mediciones. Este arrastre de coordenadas entre auxiliares siempre se comprobó mediante la medida de un punto común, desde dos auxiliares consecutivos y con la observación de los vértices GPS o Delta, con lo cual se analizaron las diferencias resultantes, las cuales siempre fueron de una magnitud muy inferior a la precisión del plano levantado.

Una vez obtenida la nube de puntos por coordenadas en el terreno, se ha realizado la edición en gabinete a partir de programas basados en entorno CAD, los cuales permiten delinear los elementos en sus tres dimensiones, con lo que se obtuvo una representación a escala real del entorno levantado.

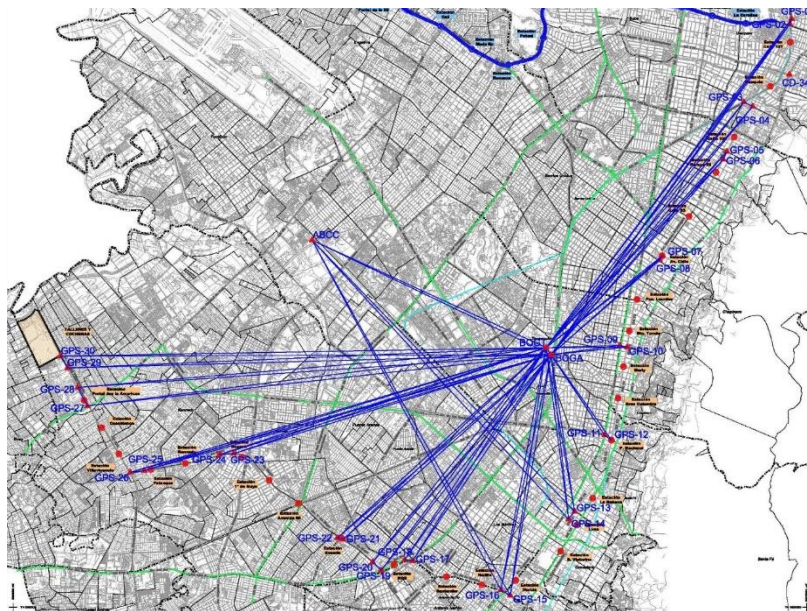


Figura 3.2 Red geodésica

4 TOPOGRAFÍA PARA DISEÑOS DE FACTIBILIDAD

Para realizar los diseños de factibilidad del proyecto se utilizarán levantamientos topográficos existentes de acuerdo a la recopilación y análisis realizado de estudios anteriores. Esta información será complementada con trabajos de campo y oficina, que comprenden las siguientes actividades:

- Validación de topografía existente
- Actualización red planimétrica y altimétrica.
- Levantamiento de las estaciones con escáner laser terrestre.
- Vuelo LIDAR y Toma de fotografía aéreas.

La información topográfica para los estudios de de redes secas e hidrosanitaria que se utilizará en los presentes estudios, será la suministrada por la Empresa de Acueducto de Bogotá EAB, producto del plan temprano que esta entidad está adelantando actualmente. En caso de hacer falta información, ésta será levantada en tiempo adicional.

4.1 VALIDACIÓN DE TOPOGRAFIA EXISTENTE

Para la validación de la información topográfica existente recopilada, se hará una inspección detallada en campo por medio de comisiones de topografía y de los especialistas de inventario de redes, quienes verificaran que lo encontrado en campo se muestre en los planos existentes. La información faltante será registrada en los planos para su posterior levantamiento e incorporación al modelo topográfico existente.

Como apoyo para la validación de la información y con el fin de evidenciar cambios en las condiciones actuales del corredor vial, respecto a los levantamientos realizados en estudios anteriores.

4.2 ACTUALIZACIÓN RED PLANIMÉTRICA Y ALTIMÉTRICA.

Un aspecto importante para la validación de la información existente será la verificación y actualización de la red planimétrica y altimétrica a lo largo del proyecto. Estos trabajos se realizaran de acuerdo a o lo indicado en los Términos de Referencia:

4.2.1 Red Planimétrica de Control Horizontal

Se materializará una red de puntos de amarre con coordenadas referidas al Sistema de referencia Magna Sirgas y se posicionaran mediante equipos GPS doble frecuencia (GNSS) utilizando como bases fijas para su georreferenciación vértices o placas certificados por el IGAC. La red estará conformada por mojones construidos en zonas blandas y/o placas metálicas incrustadas en zonas duras tales como sardineles, andenes, cabezales, distribuidos a lo largo de corredor en pares de vértices cada 2.0 km aprox. y se densificará mediante poligonales o posicionamiento GNSS en parejas de vértices cada 500 metros aprox., garantizando la referenciación de las señales de azimut, la perdurabilidad, un horizonte despejado, la intervisibilidad, estabilidad y accesibilidad a cada punto.

En caso de no existir zonas duras para la materialización de los puntos GNSS o de algunos puntos de las poligonales, se construirán mojones en concreto, con incrustación de placa metálica. Las dimensiones de los mojones de concreto serán de 30 cm x 30 cm x 80 cm de alto, sobresaliendo 7 cm del terreno natural y las mediciones se toman sobre el centro de la placa incrustada. Cada vértice amojonado se referenciará con mínimo cuatro (4) referencias para garantizar su ubicación y replanteo en caso de pérdida o destrucción.



Se hará una ficha de ubicación de las diferentes placas monumentadas en el corredor donde se mostrará su esquema de ubicación, registro fotográfico de la placa y coordenadas de punto.

Las placas serán metálicas y estarán marcadas con una inscripción que permita la identificación del punto la cual será coincidente con el formato de campo, de tal forma que al consultar la base de datos del IDU se identifiquen los atributos del elemento.

En la inscripción aparecerá:

- Centro punto guía para el centrado y armado instrumental
- Nombre de la entidad contratante
- Nombre de la empresa consultora
- Año de levantamiento
- Número del contrato o Nombre del Proyecto
- Identificación del punto

Los equipos GNSS (GPS – GLONASS) que se utilizarán serán multi frecuencia o doble frecuencia con los protocolos establecidos por la entidad regente, manteniendo los estándares de calidad en todo el proyecto.

Para el posicionamiento de puntos inicialmente se inspeccionará el área de trabajo y se determinarán los parámetros de configuración de cada equipo, de acuerdo a los requerimientos establecidos, se localizarán los puntos de amarre según el plan de trabajo, y se realizará un diagrama de obstáculos para luego proceder a la captura de datos.

Se tendrán en cuenta los siguientes requerimientos de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas:

- Ángulo mínimo de recepción: 15 grados sobre el horizonte.
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4.
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 4
- Se recolectarán datos para tres dimensiones.
- La antena será nivelada y centrada sobre el punto y se verificará antes y después de cada observación.
- La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón se medirá antes y después de cada sesión.
- Tiempo mínimo de recolección de datos: El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos será de acuerdo a la fórmula: $\text{Tiempo} = 25 \text{ minutos} + 5 \text{ minutos por kilómetro de separación entre la base y el rover}$.
- Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.
- Se realizarán triangulaciones amarrando pareja de vértices con la base utilizada, sea esta la base del IGAC (BOGA) u otra de rastreo permanente.
- Entre las parejas de puntos a georreferenciar con GNSS la distancia mínima será de 300 metros y la máxima de 700 metros.
- Los datos deben pasar la prueba del test Chi-Cuadrado (95%), con niveles de confianza mayor o igual al 95%.
- Si se emplea otro método diferencial para la captura de datos se indicará el tipo de procedimiento, ya sea Posicionamiento GPS Diferencial de Fase, Posicionamiento Diferencial de Fase Estático o Posicionamiento Diferencial de Fase Estático Rápido, de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas.

La georreferenciación de los puntos de amarre se realizarán con métodos diferenciales (Estático, estático rápido), teniendo en cuenta la proximidad de los puntos de control y las estaciones base existentes al igual que los NP como control vertical del proyecto.

La georreferenciación garantizará una precisión absoluta de la posición < 0.03 m. Lo anterior, garantiza el amarre a la Red Geodésica Nacional de los estudios topográficos contratados, acorde a las precisiones exigidas y requeridas para los diferentes proyectos del IDU.

El post proceso de los datos capturados tiene como base el método diferencial, en el cual se deben realizarán las correcciones de los archivos generados por el equipo utilizado como rover, a partir del punto de referencia (base). Como sustento técnico del proceso, se debe entregar:

- Reportes que incluyan la identificación de cada punto con sus respectivas coordenadas elipsoidales referidas al elipsoide GRS80, (Latitud, Longitud y Altura elipsoidal), Planas cartesianas locales origen Bogotá (Norte, Este y Altura Ortométrica)
- Reportes en Word: Épocas, observaciones, estaciones rover y posición satélites para las épocas de observación, estación central, análisis de vectores, gráfico de ajustes y vectores de la red, gráfico con la posición satélites, reporte de errores, deltas análisis de ajustes, precisión relativa de la red, número de satélites captados, cuadro resumen coordenadas planas cartesianas locales origen Bogotá y coordenadas geográficas, Datum Magna Sirgas elipsoide GRS80, vértices geo posicionados y vértice IGAC, cuadro con azimut magnéticos y azimut reales entre vértices geo posicionados. Los anteriores reportes deben formar parte integral del estudio Topográfico.
- Informe de cada punto con la precisión horizontal (< 0.03 m), precisión vertical (< 0.4 m), tipo de antena utilizada, hora de inicio, hora de finalización, duración de la toma de datos, número de épocas, nivel de confianza no menor al 95%.
- Copia digital de los archivos en formato RINEX de los puntos georreferenciados y de la base empleada para el amarre.
- Copia digital de los archivos en formato original de los puntos georreferenciados.
- En el informe del post proceso incluir la metodología utilizada para minimizar el error o mejorar la determinación del cálculo del vector.
- Ficha técnica de los equipos utilizados.
- Registro fotográfico de los vértices geo localizados y sus alrededores.
- Formato IDU diligenciado y diagrama de obstáculos.

4.2.2 Poligonales de amarre

Las poligonales se materializaran partiendo de los puntos GPS, para trasladar coordenadas a las parejas de vértices materializados cada 500 m aprox., que densifican la red de control horizontal a lo largo del corredor de los estudios. Los deltas de las poligonales estarán acompañados por dos referencias materializadas y cumplirán con la precisión angular y lineal indicada e las especificaciones técnicas. Se utilizarán carteras convencionales o diseñadas en formato Excel que contendrán como datos mínimos:

- Nombre del Proyecto
- Nombre y firma del topógrafo con su número de tarjeta profesional.
- Equipo utilizado
- Fecha de las observaciones
- Estación ocupada
- Nomenclatura urbana, CI, Kr, Dg. Tv., etc. de la estación ocupada

Las poligonales serán cerradas partiendo de una placa IGAC o de un punto posicionado con GNSS de la de planimétrica y llegando al mismo punto conformando anillos de tal manera que cada cierre no exceda 2 Km. Los valores de distancia entre deltas de la poligonal se tomaran con estación electrónica, atrás y adelante.

En caso de no encontrarse sardineles o andenes para materializar los vértices de las poligonales estos se amojonarán en concreto y tendrán un buen anclaje y una buena ubicación, que garantice que el punto sea inamovible y de fácil ubicación.

Las lecturas de las poligonales, serán transferidas y procesadas de manera automática para evitar inexactitudes cometidas en el traspaso manual de la información. La información del cálculo de la poligonal se presentará en formato Excel consignando los datos tomados en campo tales como coordenadas de partida, ángulo horizontal, ángulo vertical, distancia inclinada, distancia horizontal, azimut de partida, coordenadas calculadas para cada delta de la poligonal, errores de cierre angular y precisión obtenida.

- **Precisión**

El error angular permitido en una poligonal será el menor al valor dado por la fórmula:

$\Sigma \text{ ang. Internos} = (n-2) \times 180^\circ$ ó $\Sigma \text{ ang. Externos} = (n+2) \times 180^\circ$, donde n es igual al número de lados o ángulos en el polígono.

El error de cierre angular para una poligonal cerrada es la diferencia entre la suma teórica de ángulos y la suma geométrica de los resultantes en campo.

Error angular máximo = Precisión angular equipo $\sqrt{\text{No. vértices}}$.

La precisión mínima relativa aceptada para las poligonales es de 1:20000.

También se prevé para densificar la red de control planimétrico crear marcos de referencia, utilizando antenas GNSS doble frecuencia por el método estático rápido el cual consiste en hacer una ocupación simultánea entre la Base del proyecto y los puntos del marco de referencia a georreferenciar con tiempos entre 5 y 15 minutos dependiendo de la ventana de recepción satelital que se tenga. Para este método se garantizará que la precisión horizontal de los puntos debe mantener como mínimo el 95% de confianza y cumplir con lo mencionado indicado en las especificaciones técnicas.

Todos los deltas de poligonales y/o puntos de marco de referencia materializados, serán ligados a la red de nivelación que se tendrá a lo largo del corredor de los estudios.

4.2.3 Red de nivelaciones

Se actualizará la red de nivelación a lo largo del corredor de los estudios, partiendo de vértices IGAC o placas NP verificando la fecha de actualización. En caso de no encontrarse un NP a menos de 2 km del proyecto se partirá de un CD bajo la aprobación de la interventoría. Se llevará circuitos de ida y vuelta que cerraran en BMs materializados cada 500 m aprox.

Se utilizarán carteras convencionales diseñadas en formato Excel, las cuales contendrán como datos mínimos:

- Nombre del Proyecto
- Nombre y firma del topógrafo con su número de tarjeta profesional. .
- Equipo utilizado
- Fecha de las observaciones
- Estación ocupada
- Nomenclatura urbana, Cl, Kr, Dg. Tv., etc. de la estación ocupada
- Observación de los detalles.

La nivelación se realizará con nivel geométrico y ligará la red de puntos de amarre posicionados con GNSS, los deltas de las poligonales o marco de referencia y los BM de referencia con el fin de tener puntos de control altimétrico para la toma de la topografía detallada.

Por ser un levantamiento de precisión, todos los circuitos de nivelación serán cerrados con contra nivelación y el error máximo admisible en metros corresponde a $\pm 0.012 \sqrt{D}$; donde D es la distancia en Km.

4.3 VUELO LIDAR Y ORTOFOTO

Para complementar la información topográfica existente, se realizará un levantamiento por medio de un vuelo con sensor LIDAR, a lo largo del corredor de los estudios y en una franja de 600 m aprox., de ancho. Este sistema combinado otorga una capacidad de ofrecer la toma una gran cantidad de puntos de terreno y de fotografías aéreas georreferenciadas, que posteriormente mediante el modelo digital de terreno se orto rectificarán para obtener una ortofoto y una serie de soluciones de datos geoespaciales adquiridos desde una plataforma aérea.

4.3.1 Sistema de posicionamiento y navegación

El componente de posicionamiento del sistema está compuesto por una Plataforma de Movimiento Inercial Estación IMU, un GPS (Global Positioning System) instalado a bordo y un estación GPS base, proveyendo posicionamiento en modo diferencial (DGPS) y sincronizado mediante el registro de eventos, haciendo posible la planificación del vuelo determinando las trayectorias, la navegación en tiempo real, y el control automático de captura de datos.

Los datos del instrumental mencionado son combinados para proporcionar un preciso posicionamiento 3D en coordenadas absolutas del sensor de escaneo durante el tiempo de emisión del láser. Para minimizar errores en los cálculos del DGPS (Differential Global Positioning System), el rango permisible de vuelo desde la estación base y la proximidad de ésta al área del proyecto son seleccionadas para asegurar que se cumplan los requerimientos de precisión del proyecto.

Se utilizará un sistema inercial de navegación (INS) que almacenará datos con una frecuencia de 200 Hz durante el intervalo comprendido entre 10 minutos antes del despegue y 10 minutos después de aterrizar. Dichos datos se integrarán con la mejor solución GPS obtenida para la trayectoria de cada uno de los vuelos. Se informará para cada uno de los vuelos realizados de las incidencias relativas a la Unidad de Medida Inercial (IMU) y de los gaps de datos ocurridos durante el vuelo.

La recolección de los datos es rápida, apropiada para un sistema aéreo, con capacidad de almacenamiento extra para permitir flexibilidad en la planificación de la misión.

4.3.2 Planificación y ejecución del vuelo

Inicialmente se realizara las líneas de vuelo y la planeación en función de los parámetros de vuelo (altura de vuelo, solapamiento entre pasadas y ángulo y frecuencia de barrido). La dirección de las pasadas se determinará en función de la geometría del área y la morfología del terreno.

Las pasadas largas se cruzarán como mínimo por una pasada transversal. Se realizarán maniobras de vuelo para la inicialización del sistema de orientación, antes y después de la adquisición de datos, y también en el caso de pérdida de señal GNSS.

El vuelo estará apoyado en estaciones GNSS permanentes, evitando distancias superiores a 10 km entre la estación GNSS más cercana y el sensor durante la realización del vuelo.

La toma de información debe satisfacer una densidad de puntos procesados mayor o igual a 10 puntos por metro cuadrado.

Se llevarán a cabo los controles de calidad necesarios de la planificación, analizando aspectos como anomalías de recubrimiento lateral y anomalías en la densidad media de puntos LIDAR.

4.3.3 Red de apoyo al vuelo

El Oferente deberá establecer de una red de puntos GPS base de apoyo a los vuelos. Para este fin se utilizarán receptores GNSS doble frecuencia L1/L2 los cuales estarán encendidos durante todo el tiempo que se efectúen los vuelos en la zona (Vuelo de calibración y vuelo levantamiento datos lidar) y tendrán intervalos de toma de datos de 0.5 segundos.

4.3.4 Establecimiento del valor altimétrico sobre el nivel medio del mar

Se realizara la Nivelación Geométrica, para establecer un sistema de control vertical de precisión sobre el Proyecto.

Para la obtener puntos en el terreno con valores altimétricos sobre el nivel medio del mar, que permita llevar el valor altimétrico; se establecerá una Nivelación Diferencial Compuesta Cerrada o Nivelación Geométrica con errores de cierre de 8 mm por la raíz cuadrada de k expresado en kilómetros.

Para tener éxito al establecer el control vertical de alta precisión con la nivelación geométrica, es esencial llevar a cabo el trabajo de campo con instrumentos de alta precisión, siguiendo métodos y sistemas de trabajo ya establecidos a fin de disminuir la posibilidad de errores accidentales y de eliminar, en cuanto sea posible, los efectos acumulativos de los errores sistemáticos.

Los equipos a emplear para el presente proyecto, serán Niveles Digitales Láser de Precisión. Los equipos deberán estar calibrados y las miras homogenizadas; para de esta forma garantizar la calidad de los levantamientos.

4.3.5 Modelo de Aerotriangulación

Elaboración del modelo de aerotriangulación, el cual estará compuesta a partir de datos de fotografías aéreas y el control terrestre de los puntos de la red geodésica. El conjunto de aerofotografías armado en bloque, deberá ser ajustado con el respectivo en el software y ser ajustado con los respectivos reportes de la aerotriangulación.

4.3.6 Clasificación de los puntos

Se utilizará los estándares de la Sociedad Americana de Fotogrametría y Percepción Remota (ASPRS - LAS SPECIFICATION VERSION 1.4 – R11), para la obtención de los puntos del modelo digital de terreno.

4.3.7 Modelo digital del terreno (DTM)

Se elaborará el modelo digital de terreno a partir del último Eco de la información LIDAR, este se obtendrá mediante información altimétrica del área del proyecto a partir de los Puntos GROUND de la base de datos programada, clasificando los puntos más representativos (Key points), con el propósito de generar el DTM final del proyecto, que se empleará en la generación de las curvas de nivel con intervalos de 50 cm y una precisión posicional menor o igual 12.5cm

El procesamiento del Modelo Digital de Terreno (DTM) se realiza mediante la interpolación exclusivamente de los puntos clasificados como terreno, generando una superficie. Este proceso es de interpolación, el cual se basa en la generación de un modelo de triangulación con

interpolación lineal. Este método de interpolación se basa en la generación de una red de triángulos irregulares (TIN), en donde el interpolador se comporta como exacto, en él se utilizan todos los puntos del modelo de terreno para crear la superficie del terreno. En este procesamiento no se incluye ningún objeto como árboles, edificaciones, líneas eléctricas, entre otros.

4.3.8 Modelo digital de superficie (DSM)

Se elaborará el modelo digital de superficie a partir del primer Eco de la información LIDAR. Se obtiene los puntos a partir de interpolar los puntos clasificados, como vegetación, árboles, edificaciones, líneas eléctricas, entre otros.

4.3.9 Ortofotos

A partir de las fotografías aéreas capturadas del corredor de la vía, se realizará la georreferenciación, la cual consiste en la ubicación de las fotografías aéreas en el espacio por medio de puntos de la red geodésica primaria, red geodésica secundaria y los puntos de apoyo al vuelo. La ortorectificación es un procedimiento que elimina las distorsiones geométricas y de escalas inherentes en las fotografías aéreas producto de imperfecciones del sensor, variaciones topográficas y la curvatura de tierra. El resultado de este proceso es una imagen con la precisión cartográfica y escala en un mapa o plano, pero con el nivel de detalle alto y se referenciará en el sistema de referencia de coordenadas cartesianas Magna con Origen Ciudad de Bogotá.

La Ortofoto de alta resolución del corredor de los estudios, con tamaño de pixel de 5 cm.

La precisión horizontal de ortoimágenes digitales, datos planimétricos y conjuntos de datos de elevación será documentada en los metadatos de acuerdo al estándar ASPRS en una de las siguientes maneras:

- "Este conjunto de datos fue probado para cumplir con Estándares de Precisión posicional ASPRS para Datos Digitales Geoespaciales (2014) para ___ (cm) RMSE_x / RMSE_y de Precisión Clase Horizontal. La Precisión de la posición real se encontró que era RMSE_x = ___ (cm) y RMSE_y = ___ cm que equivale a la Precisión posicional Horizontal = +/- ___ a 95% de nivel de confianza".
- "Este conjunto de datos fue producido para satisfacer con Estándares de Precisión posicional ASPRS para Datos Digitales Geoespaciales (2014) para ___ (cm) RMSE_x / RMSE_y de Precisión Clase Horizontal que equivale a la precisión posicional Horizontal = +/- ___ a 95% de nivel de confianza"

La precisión vertical de los conjuntos de datos de elevación deberá ser documentada en los metadatos en una de las siguientes maneras:

- "Este conjunto de datos fue probado para cumplir con Estándares de Precisión posicional ASPRS para Datos Digitales Geoespaciales (2014) para ___ (cm) RMSE_z de Precisión Clase Vertical. La precisión real NVA se encontró que era RMSE_z = ___ cm, lo que equivale a +/- ___ cm a nivel de confianza del 95%. La Exactitud VVA real resultó ser +/- ___ cm en el percentil 95th".
- "Este conjunto de datos fue producido para satisfacer con Estándares de Precisión posicional ASPRS para Datos Digitales Geoespaciales (2014) para ___ cm RMSE_z de Precisión Clase Vertical equivalente a NVA = +/- ___ cm a nivel de confianza 95% y VVA = +/- ___ cm en el percentil 95th".

4.3.10 Restitución

La información obtenida del vuelo LIDAR, se ligará a la red planimétrica y altimétrica del proyecto.

Del vuelo LIDAR se obtendrá los siguientes productos:

- Nube de puntos (Modelo de Terreno y Modelo de Superficie), altamente densificado.
- La altimetría, se obtendrá las curvas de nivel cada 50 cm a partir del Modelo Digital de Terreno.
- La planimetría, se obtendrá a partir de la fotointerpretación de los elementos presentes en la ortofoto, se realizó la vectorización de los elementos que se localizan en el área del proyecto, como las vías, líneas de energía y construcciones; la información de la planimetría se valida con la información obtenida del Modelo Digital de Superficie (DSM).

La totalidad de los elementos contenidos en el área de influencia del proyecto tendrán los componentes punto, número del punto, descriptor, bloque del punto (si requiere), componente espacial X, Y, Z, y estarán clasificados en una capa específica en el archivo dwg y en los listados de detalles, en concordancia con un modelo de datos topográfico concertado con la Interventoría y la empresa Metro Bogotá.

Se manejará una codificación clara, contenida en un catálogo de objetos básico que cuente con las descripciones correspondientes a cada detalle (tipo de línea, layer, punto, tipo de bloque, color). Con este fin el Interventor entregará la relación de códigos a emplear por el Consultor en las labores topográficas, así como la descripción de los mismos y las características del producto digital e impreso, o se concretará en el caso que el consultor cuente con uno apropiado. Por ejemplo:

BV: Borde Vía (Punto topográfico cara inferior del sardinel sobre la calzada, línea continua 3dpoly (emplear como línea de quiebre)).

SR: Sardinel (Punto topográfico cara superior del sardinel sobre el costado de la calzada, línea continua 3dpoly (emplear como línea de quiebre)).

PRT: Paramento (Punto topográfico cara superior del andén limita con la cara externa del paramento, línea continua 3dpoly (emplear como línea de quiebre)).

DV: División Predial (Punto topográfico sobre andén, antejardín o segmento vial, punto sobre andén y sección de línea indicativa).

STP: Señal de tránsito preventiva (Punto topográfico sobre andén, segmento vial, punto sobre andén costado de la cara visible de la señal (tipo de Bloque único)).

PZA: Pozo de acueducto (Punto topográfico sobre andén, segmento vial, punto sobre andén costado de la cara visible de la señal (tipo de Bloque único)).

PE: Poste de energía, (Punto topográfico sobre elemento, segmento vial, punto sobre andén o zona blanda (tipo de Bloque dinámico (identificador)).

CES: Caja de energía sencilla (Punto topográfico sobre elemento, segmento vial, punto sobre andén o zona blanda, mínimo 3 puntos (tipo de Bloque dinámico (identificador)).

En el caso de infraestructura vial y de espacio público, se determinará el borde de vía, sardinel, sentidos, nomenclatura vial, andén, ciclo ruta, identificación básica de señales de tránsito, paraderos, pompeyanos, corredor férreo, límites de protección y conservación vial (ejes ambientales y retrocesos viales), separadores, accesos vehiculares y peatonales, bermas, paramentos (No se incluyen detalles al interior de los predios salvo casos especiales), división predial, culatas, nomenclatura urbana oficial, toponimia si el predio tiene un uso diferente a residencial (p. ej. Colegio San Ignacio, Estación primera de bomberos, Hospital Lorencita Villegas, CAI Cedritos, Parque de las Flores), número de pisos, antejardines, arborización, bolardos, bancas, cambios de nivel, accesos a predios y garajes, teléfonos públicos de pedestal y pared, barandas,

ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

protectores de árbol, bebederos, poste de alumbrado público histórico, torres de energía y servicios públicos además de otros elementos contenidos en la cartilla de equipamiento IDU y cualquier otro detalle que se requiera para representar de forma veraz la superficie.

Con el objeto de adelantar adecuadamente los diseños de espacio público, se detallarán los niveles superior e inferior de los accesos a predios en el límite del paramento, incluyendo antejardines si los hay, respecto al nivel de la zona de andén.

En bocacalles se restituirá detalladamente el área que se requiera para analizar las diferencias de nivel existentes entre el proyecto a diseñar y los existentes, concertado previamente con el Interventor.

Considerando que no todos los diseños intervendrán las calzadas vehiculares adyacentes, el levantamiento topográfico sobre andenes debe permitir identificar el perfil completo del mismo y los sardineles existentes. Por lo anterior, dentro de los detalles a levantar en terreno se incluirá el: a) sardinel parte alta, y, b) sardinel parte baja sobre la calzada, lado izquierdo y/o derecho.

4.3.11 Equipos a utilizar

- **Sensor LIDAR aerotransportado**

Componente	Especificación
Longitud de Onda	1500nm (aprox.)
Frecuencia de pulso	Variable - 150/200/250 KHz
Tipo de escáner	Espejo giratorio
Velocidad de escaneo	150/250 Hz
Angulo de escaneo	25°
Pulso de retorno máximo	10 (con intensidad para cada retorno)
Unidad de Medición Inercial	Debe contar con GPS doble frecuencia
Altitud de Operación	300-800m
Precisión posicional	≤12.5 cm
Cámara	Hiper-espectral
	Píxeles ≥ 60 mp

Los equipos convencionales para el desarrollo de los trabajos topográficos cumplirán mínimo con lo siguiente:



- **GNSS**

Los equipos a utilizar serán Receptores GNSS multi – frecuencia o doble frecuencia con las siguientes especificaciones: precisión geodésica, en método estático mínimo de 4mm + 1 ppm horizontal y 7mm + 2 ppm vertical; con un ángulo mínimo de recepción 15 grados sobre el horizonte y duración de épocas a captar entre 1 y 15 segundos máximo.

El equipo tendrá los siguientes accesorios: Antena receptora, colector de datos, trípodes, baterías, flexómetro, entre otros, en perfecto estado.

Se verificará el estado de funcionamiento y la calibración de la variación del centro de fase de la antena, emitida por National Geodetic Survey – NGS.

Siempre que se realicen cambio de equipos de topografía, se presentará a la Interventoría el respectivo certificado de calibración.



- **Estación Total**

Para el levantamiento de poligonales se dispondrá de estaciones electrónicas con precisión lineal $\leq (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$ y precisión angular $\leq 3''$. El equipó tendrá un alcance para lecturas con prisma hasta 2000m en buenas condiciones.

Se dispondrá para la estación total de los siguientes accesorios: Trípodes, bastones, prismas, cintas metálicas, baterías, entre otros, en buen estado.

La estación tendrá su respectivo certificado de calibración reciente en el que conste que el equipo se encuentra en buen estado y cumple con las especificaciones técnicas de uso, relacionará el número serial y referencia técnica del equipo. Esta certificación será expedida por una persona jurídica en un tiempo no mayor a 1 semana de antelación al inicio de las labores. Siempre que se realicen un cambio de equipos, se presentará a la Interventoría el respectivo certificado de calibración. Se actualizarán dichos certificados cada seis (6) meses en caso que el plazo del contrato supere dicho término. El certificado de calibración debe contener un informe con los equipos patrón, trazabilidad de los valores utilizados, metodología de calibración empleada y los valores de corrección realizados.



- **Nivel de Precisión**

Para la nivelación geométrica se dispondrá de niveles automáticos o electrónicos con las siguientes características: Diámetro del objetivo de 2.5 a 4.5 cm, sensibilidad del nivel 60" a 30", aumento $\geq 28x$, precisión instrumental (mm/km) $\leq 1,5$

El nivel Tendrá los siguientes accesorios: Trípode y mira patronada en perfecto estado.

E nivel tendrá su respectivo certificado de calibración en el que conste que el equipo se encuentra en buen estado y cumple con las especificaciones técnicas de uso, relacionará el número serial y referencia técnica del equipo. Esta certificación será expedida por una persona jurídica en un tiempo no mayor a 1 semana de antelación al inicio de las labores. Siempre que se realicen un cambio de equipos, se presentará a la Interventoría el respectivo certificado de calibración. Se actualizarán dichos certificados cada seis (6) meses en caso que el plazo del contrato supere dicho término. El certificado de calibración debe contener un informe con los equipos patrón, trazabilidad de los valores utilizados, metodología de calibración empleada y los valores de corrección realizados.

4.4 LEVANTAMIENTO ESCÁNER LASER TERRESTRE

En los sitios previstos para las estaciones del Metro se realizará un levantamiento por medio de un equipo de Escáner Laser, el cual es un dispositivo de medición precisa que genera imágenes foto realistas tridimensionales y un modelo 3D del área y/o estructuras levantadas.

Las principales características son:

- Alta precisión
- Alta resolución

- Alta velocidad
- Control intuitivo a través de la pantalla táctil incorporada
- Gran movilidad gracias a su tamaño reducido, peso liviano y a la batería de carga rápida integrada
- Cámara color integrada para registrar escaneos con color

El Escáner Laser funciona por medio del envío de un haz de láser infrarrojo hacia el centro de un espejo giratorio. El espejo desvía el láser en rotación vertical alrededor del entorno que se escanea, y luego la luz dispersada de los objetos circundantes se refleja en el escáner.

Para medir la distancia, Escáner Laser utiliza la tecnología de desfasaje. Esto significa que el haz del láser es modulado mediante ondas constantes de diferente longitud. La distancia del escáner al objeto se determina con exactitud al medir los desfasajes en las ondas de luz infrarroja.

4.4.1 Etapa preparatoria

De acuerdo a la información existente de la zona del proyecto, se ubicaran los puntos de referencia con coordenadas conocidas para georreferenciar con precisión toda la información (nube de puntos) tomada con el escáner laser.

4.4.2 Trabajo de campo

Con el fin de tomar detalladamente todos los componentes, es necesario realizar varios escaneos en cada de sitio a levantar. El registro (procesamiento o unión de la información tomada en campo) se realiza con el software de procesamiento que trabaja con elementos artificiales en común entre escenas, para este caso se utilizan referencias o tableros ajedrezados de color blanco y negro estratégicamente colocados en el área a levantar

Las referencias y los tableros ajedrezados puestos en campo tienen dos objetivos, el primero es servir como punto de referencia u objeto en común entre escenas de escaneos para poder unir varias escenas de escaneos y, el segundo es servir como punto de referencia para poder georreferenciar toda la nube de puntos tomada con el equipo en campo.

4.4.3 Trabajo de oficina

Los escaneos láser se almacenan en una tarjeta de memoria SD extraíble y se pueden transferir fácilmente al software de manipulación de nube de puntos.

El software procesa y administra datos escaneados, de manera sencilla y también altamente eficiente, debido a que ofrece un amplio rango de funciones y herramientas, como filtros, reconocimiento automático de objetos, registro de escaneos y posicionamiento, así como también la colorización automática de escaneos.

Una vez que el software prepara los datos de escaneo, puede comenzar la evaluación y el subsiguiente procesamiento de inmediato. Para ello el software, ofrece funciones que van desde mediciones simples a visualizaciones en 3D y la combinación de los datos escaneados y su exportación a varias nubes de puntos y distintos formatos como lo son distintos formatos (.txt, .e57, .pts, .ptx, dxf, entre otros).

4.4.4 Especificaciones generales del Escáner Láser.

- Precisión: 2 mm.
- Velocidad: Mayor a 200 Kpt (cantidad de puntos en horizontal y vertical) – sg.
- Angulo de captura de información: Horizontal 360° - Vertical 315°.
- Cámara color integrada para registrar escaneos con color superior o igual a 8 mpx.

5 PRODUCTOS A ENTREGAR

De los levantamientos complementarios se entregará la siguiente información:

- **Información técnica**

- Equipos y accesorios utilizados
- Personal involucrado en el estudio topográfico (Nombre y matrícula profesional vigente)
- Metodología empleada (campo y oficina)
- Procesamiento de los datos
- Ajuste de coordenadas
- Resumen de los datos obtenidos por cada subproducto y producto
- Descripción GNSS, procedimiento de posicionamiento GNSS, informe de post proceso y resultados
- Poligonal de amarre o marco de referencia, cálculos, error cierre, listado de detalles
- Nivelación y contra nivelación, cálculos, error de cierre, certificados de los vértices
- Sitios especiales en la zona de levantamiento
- Formato metadatos (Suministrado por la Interventoría)
- Pruebas de verificación de calidad de los datos, precisiones esperadas vs alcanzadas en cada procedimiento.
- Conclusiones y recomendaciones

Anexos

- **Cálculos y Memorias:**

Memorias de cálculos topográficos, listados de coordenadas. Se presentará toda la documentación que soporte las actividades realizadas.

- a. Archivos crudos, RINEX y demás soportes.
- b. Carteras de campo GNSS y cartera digital GNSS
- c. Reporte de post proceso GNSS
- d. Cálculos y carteras de poligonal o marco de referencia en formatos en Excel estandarizados y formulados.
- e. Cartera de nivelación y contra nivelación en formatos en Excel estandarizados y formulados.
- f. Relación de deltas y puntos radiados
- g. Certificados de calibración de los equipos utilizados (máximo 1 semana de expedida)
- h. Reporte IGAC de los vértices utilizados.
- i. Formato ubicación GNSS

- **Archivos Escáner Laser**

- a. Archivos procesados XYZ o formato similar
- b. Modelo digital 3D de los sitios levantados

- **Archivos LIDAR**

- a. Archivos crudos .Las
- b. Archivos procesados XYZ
- c. Ortofo ECW
- d. Plan de vuelo
- e. Calibración de vuelo

- f. Modelo Geoidal local
- g. Restitución altimétrica y planimétrica
- h. Modelo digital de terreno MDT
- i. Modelo digital de superficies MDS

Esquemas:

- a. Esquema de área del levantamiento
- b. Esquema GNSS
- c. Esquema poligonal o marco de referencia
- d. Esquema de la nivelación
- e. Esquema plano resultante

Planos:

El plano topográfico del proyecto debe contendrá la representación de todos los objetos del polígono de estudio en coordenadas X, Y, Z, con alturas derivadas de la nivelación geométrica de control, a la escala y separación de curvas de nivel aprobadas por la interventoría, clasificados en layer independientes, con los bloques adecuados, usando el comando 3Dpoly en las líneas continuas y las empleará como líneas de quiebre en el modelado. Tal es el caso de ejes de vía, andenes, borde vía, paramentos, separadores, rampas, canales, filos y pie de tramos atípicos o característicos, escaleras, entre otros. Se tendrá especial cuidado en la toma en campo de detalles que permitan un dibujo veraz (por ejemplo, arcos, polígonos), además de adjuntar el archivo digital en formato “dwg” con las curvas de nivel cada 0.50 m resultantes del modelo TIN o el modelo digital de terreno.

- Nube de puntos en tres dimensiones formato dwg

- Registro Fotográfico:

Se llevará un registro fotográfico cronológico de todas las actividades desarrolladas durante la ejecución del estudio topográfico (Fotografía de improntas, amojonamiento, georreferenciación, toma de datos en campo).

- Información digital restante que considere el Interventor deba ser entregada para soportar los trabajos.

6 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA REQUERIDA PARA ESTUDIOS DETALLADOS DEL PROYECTO

- Se deben verificar las áreas levantadas y revisar la información disponible.
- Se deben actualizar los estudios topográficos existentes, realizando levantamientos en campo por métodos convencionales o nuevas tecnologías, de tal forma que se cumplan con los requisitos requeridos para estudios detallados.
- Los estudios topográficos que se contraten deben cumplir con lo especificado en las especificaciones técnicas de IDU.
- Si se tiene conocimiento de un estudio adicional en la zona del proyecto, se debe evaluar la calidad y verificar si cumple con las condiciones de la información primaria para poder ser utilizada.