

## **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS ESTUDIOS FASE III**

### **ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

**CMA-DEO-SMFF-054-2026**

Octubre de 2026

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES .....</b>                 | <b>3</b>  |
| 1.1 OBJETIVO .....                                           | 3         |
| 1.2 ALCANCE .....                                            | 3         |
| <b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....</b>                         | <b>3</b>  |
| <b>CAPÍTULO 3. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....</b> | <b>3</b>  |
| 3.1 ADOPCIÓN DATUM HORIZONTAL Y VERTICAL .....               | 4         |
| 3.2 PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL .....                            | 4         |
| 3.3 GEORREFERENCIACIÓN .....                                 | 6         |
| 3.4 TRAZADO DE POLIGONALES .....                             | 7         |
| 3.4.1 Poligonal con Estación Total .....                     | 7         |
| 3.4.2 Poligonales RTK (Real Time Kinematic).....             | 9         |
| 3.5 ALTIMETRÍA.....                                          | 10        |
| 3.6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....                          | 11        |
| 3.6.1 Levantamiento de Secciones Topobatimétricas .....      | 12        |
| 3.6.2 Especificaciones Mínimas Equipos Utilizados .....      | 13        |
| 3.7 INSPECCIÓN DE REDES .....                                | 13        |
| 3.7.1 Redes Húmedas .....                                    | 13        |
| 3.7.2 Redes Secas .....                                      | 14        |
| 3.8 MODELO DIGITAL DE TERRENO .....                          | 14        |
| 3.9 PLANOS .....                                             | 14        |
| 3.10 ESTRUCTURA DE CARPETAS Y ENTREGABLES .....              | 16        |
| <b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>      | <b>17</b> |

## **CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES**

### **1.1 OBJETIVO**

Definir los lineamientos técnicos para la elaboración de estudios topográficos, para el trazado de vías nuevas, en etapa fase III, teniendo en cuenta los criterios establecidos por el diseño geométrico, además, se consideran aspectos técnicos de las especialidades de geotecnia, geología, ambiental, social e hidráulica entre otras.

### **1.2 ALCANCE**

Con base en los archivos y planos de la alternativa seleccionada, suministrados por la especialidad de diseño geométrico, se determinará la franja requerida y en campo se realizará la localización aproximada del polígono de intervención, apoyados con sistemas GNSS y/o similares.

El Consultor deberá definir la metodología a utilizar para adelantar los estudios topográficos y esta debe ser avalada por interventoría. La metodología seleccionada debe cumplir con los requerimientos técnicos plasmados en este documento y garantizar las precisiones exigidas.

Realizar el estudio topográfico del corredor seleccionado, estableciendo la georreferenciación y la toma de detalles del terreno, acorde con los lineamientos establecidos en este requerimiento técnico.

Realizar la materialización de los vértices de amarre horizontal y vertical del proyecto adecuadamente, en zonas estables, ubicados en sitios que no se vean afectados por las obras, garantizando su perdurabilidad en el tiempo, de tal forma que sean la columna vertebral para los estudios y diseños fase III y las labores de replanteo durante la construcción del proyecto.

## **CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA**

El Consultor deberá definir la Metodología a emplear en el desarrollo del Estudio, entregando el documento a la Interventoría para su aprobación y en el cual, se detallará la información secundaria y primaria a emplear en el estudio, así como los equipos y técnicas para el desarrollo de los trabajos de campo.

La metodología presentada deberá cumplir con las precisiones y especificaciones técnicas exigidas en el presente documento.

## **CAPÍTULO 3. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

Para las actividades de topografía se deberán seguir los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana para Estudios Topográficos NTC-6271, con el fin de dar cumplimiento a los criterios técnicos establecidos en el presente numeral y garantizar la calidad del producto obtenido. La NTC 6271, orienta a los profesionales de la topografía para establecer lineamientos propios de adquisición de datos, protocolos para procesamiento de estos, criterios de calidad y precisión de un estudio topográfico como producto geográfico, no obstante, para cada estudio topográfico en particular, se podrán introducir cambios o modificaciones, o

ambos, de acuerdo con las necesidades propias de cada proyecto, siempre y cuando no contradigan los parámetros mínimos de esta norma y sean avalados por interventoría.

Todo estudio topográfico debe ser ejecutado por tecnólogo o técnico profesional en topografía, con licencia expedida por el concejo profesional de topografía – CPNT, cumpliendo los requisitos establecidos en la ley 70 de 1979, o Ingeniero topográfico, con matrícula profesional vigente, expedida por el consejo profesional de ingeniería-COPNIA, cumpliendo los requisitos establecidos en la ley 842 de 2003 o aquella que derogue o modifique.

### 3.1 ADOPCIÓN DATUM HORIZONTAL Y VERTICAL

Los estudios topográficos estarán referenciados al marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS [Resolución 068, enero 28 de 2005] como datum horizontal oficial, en época de referencia 2018.0 o la época oficial vigente. El modelo de geoide es GEOCOL 2004 o el más reciente, y el datum vertical, para referir todo tipo de alturas sobre el nivel del mar, es BUENAVENTURA.

La resolución IGAC 370 de 2021 “Por medio de la cual se establece el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia”, establece que la proyección cartográfica “Transverse Mercator” como sistema oficial de coordenadas planas para Colombia, con un único origen denominado “Origen Nacional”, referido al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, también denominado MAGNA-SIRGAS, así:

*Tabla 1 Parámetros de la Proyección Origen Único Nacional*

| Parámetro        | Valor                  |
|------------------|------------------------|
| Proyección       | Transversa de Mercator |
| Elipsoide        | GRS80                  |
| Origen: Latitud  | 4° N                   |
| Origen: Longitud | 73° W                  |
| Falso Este       | 5.000.000              |
| Falso Norte      | 2.000.000              |
| Unidades         | Metros                 |
| Factor de escala | 0.9992                 |

Fuente: RESOLUCIÓN IGAC No. 370 DE 2021

### 3.2 PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

El sistema de proyección oficial para Colombia es el “Origen Único Nacional”, proyección cilíndrica transversa, en donde el eje del cilindro yace en el plano generado por el paralelo de referencia y la línea de tangencia está alineada con el meridiano central. La proyección “Origen Único Nacional” utiliza una única banda de longitud de 12°, que se extiende 6° al este y al oeste del meridiano central. “Origen Único Nacional” es una proyección conforme con factor de escala constante para el meridiano central. El ámbito de aplicación sugerido para la proyección se concentra en la totalidad de la parte continental del territorio nacional.

El sistema de proyección “Origen Único Nacional”, utiliza una proyección secante, que generan deformaciones mayores fuera de los puntos de tangencia, por lo que, no es una proyección recomendada para el desarrollo de proyectos de infraestructura, que requieren alta precisión. La selección de la proyección debe obedecer a la precisión que se requiere para los proyectos de infraestructura, evitando pérdidas geométricas que pueden afectar el factor económico.

De acuerdo con lo anterior, los proyectos lineales, sufren deformaciones, que afectan la precisión de los estudios topográficos. Para reducir estas deformaciones, se hace necesario generar planos topográficos locales.

Los planos Topográficos Locales surgen con el objetivo de representar los verdaderos valores de terreno, en zonas donde la proyección transversa, por la separación del tramo con relación al meridiano de origen, la longitud del trazado o la diferencia de nivel presenta distorsiones y no representa distancias y áreas de acuerdo con la realidad del terreno.

La definición de un plano topográfico local se realizará considerando una cota media para un rango de trabajo máximo de 250 m hacia arriba y 250 m hacia abajo respecto de la cota media y una longitud máxima de 20 km de radio.

Teniendo en cuenta que las distancias medidas sobre el terreno, sean proyectadas en su verdadera magnitud sobre el plano horizontal local (línea tangente al origen), el plano debe ser calculado a la altura media del terreno, en el área del levantamiento topográfico, configurando así el plano topográfico local PTL.

Los parámetros de proyección de los PTL pueden ser reducidos en función del relieve del terreno. Tanto para la determinación de los valores adecuados, como para la determinación del área de cobertura del sistema, como de sus reducciones en función del relieve del terreno, se puede requerir el establecimiento de nuevos planos tangentes, constituyendo sistemas topográficos locales consecutivos con distintos orígenes. Cada uno de estos distintos sistemas topográficos deben estar conectados uno con otro, por medio de puntos comunes y que contengan coordenadas geodésicas conocidas.

Con base en los puntos GNSS ubicados cada tres (3) km aproximados a lo largo del corredor, se trazarán las poligonales base. Las coordenadas de los puntos GNSS que servirán para amarrar el inicio como el final de cada poligonal, deben estar referidas al mismo PTL.

**Notas Aclaratorias:** (1). El uso de planos topográficos locales es de uso obligatorio, estos estarán referidos a las coordenadas obtenidas en sistema de proyección “Origen Único Nacional” de uno o varios vértices GNSS materializados en el tramo de estudio. (2). Todos los cálculos se realizarán a partir de las coordenadas obtenidas con los planos topográficos locales. (3). Los planos, Modelos digitales y demás productos utilizados para el diseño del corredor en estudio, estarán referidos a planos topográficos locales. (4). Adicionalmente, el contratista realizará la entrega del plano del proyecto, referido al sistema de proyección “Origen Único Nacional”. Este será el único producto que se entregará en este sistema, con fines de cumplir la resolución IGAC 370 de 2021. En ningún caso se entregará en “Origen Único Nacional” los cálculos de poligonales, cálculos de detalles y modelos digitales.

### 3.3 GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación del proyecto se debe trasladar a puntos de amarre materializados cada tres (3) kilómetros, con coordenadas referidas al sistema de referencia oficial para Colombia Magna Sirgas, en época de referencia 2018.0 o la época oficial vigente.

La materialización de pares de puntos de GNSS se realizará con mojones en concreto con placa de bronce o aluminio en zonas blandas y con placa incrustada en zonas duras. Estas placas estarán marcadas con el punto guía para el centrado y armado instrumental, Entidad contratante (INVÍAS), número de contrato, año, nomenclatura del punto y Consultor. Se debe garantizar la perdurabilidad, un horizonte despejado, la inter-visibilidad, estabilidad y accesibilidad.

La materialización de pares de vértices GNSS se realizará con una distancia máxima entre ellos de 3 km a lo largo de todo el proyecto. La distancia entre el par de mojones estará ligada a la configuración topográfica del sitio, en zonas libres de obstáculos al zenit y que la distancia mínima entre vértices sea mayor a 100 m. Estos vértices podrán ser materializados con placa incrustada en sardineles, obras, zonas duras o cualquier otro lugar que garantice su permanencia o fundidos en campo con mojones fabricados en concreto con las siguientes dimensiones: 30 cm x 30 cm, profundidad mínima de 60 cm, deberán sobresalir del terreno mínimo 20 cm, y deben ser fundidos en forma de pata de elefante.

La red de mojones ubicada a lo largo del proyecto deberá ser posicionada con equipos GNSS doble frecuencia de última generación, creando una red geodésica de alta precisión con el método estático diferencial con doble determinación, posicionando en paralelo las dos placas que conforman las parejas de vértices. Los vértices deberán ser determinados y ligados a la red MAGNA-SIRGAS.

En lugares con cobertura limitada de las bases de rastreo continuo, se podrá realizar traslado de coordenadas, amarrándose a vértices de la red pasiva del IGAC; el Consultor debe verificar el estado y la estabilidad del vértice, comprobando que sea un punto apto para realizar amarres topográficos.

El tiempo mínimo de rastreo estará definido con la siguiente fórmula:

---

$$tr = 65 \text{ min} + (3\text{min} * (d - 10))$$

---

En donde:

$tr$  = Tiempo de Rastreo

$d$  = distancia en kilómetros a la base de rastreo más retirada.

Los cálculos para el postproceso en su error medio cuadrático no deberán ser superior a 0.03 metros.

Para realizar el levantamiento por medio de GNSS se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- Máscara de elevación: 30 grados sobre el horizonte.
- Cálculo de postproceso con 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.
- Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.
- Los datos deben pasar la prueba Chi-Cuadrado o F (95%), con niveles de confianza mayor o igual al 95%.
- Los datos deben pasar las pruebas que evalúan la calidad de cada punto con nivel de confianza mayor o igual al 95%.
- Se debe elaborar un diagrama de obstáculos para cada vértice posicionado.

### **3.4 TRAZADO DE POLIGONALES**

Los vértices de la poligonal deberán materializarse con mojones en concreto que se denominarán Deltas-BMs y deberán estar numerados consecutivamente de acuerdo con la poligonal y se identificarán como D-BM-#. Se materializarán de 10 cm x10 cm o en forma cilíndrica de 4" de diámetro y profundidad de 30 cm, con un tornillo de cabeza redonda y arandela donde se marcará en bajo relieve su respectiva numeración. Estos puntos cumplirán doble función para el amarre horizontal y el amarre vertical. En zonas abiertas se instalará una estaca testigo, cuando no se encuentren árboles, rocas o elementos cercanos, donde se marcará el número del D-BM-# correspondiente.

#### **3.4.1 POLIGONAL CON ESTACIÓN TOTAL**

##### **ERRORES QUE INFLUYEN EN LA PRECISIÓN DE LAS POLIGONALES**

En el trazado de poligonales se presentan circunstancias asociadas a los tipos de errores que influyen y que afectan la precisión de estas, como las siguientes:

1. Errores Naturales: ocasionados por factores como lo es el clima, (variaciones del viento, temperatura humedad y refracción).

El principal factor de error en zonas de baja altura es la refracción, producido por las altas temperaturas. Este fenómeno distorsiona el objeto visado (bastón) y no permite realizar lecturas apropiadas.

2. Errores instrumentales: a pesar de que los equipos se encuentren debidamente certificados estos tienen un margen de error de acuerdo con su precisión de fábrica.
3. Errores aleatorios:
  - Las causas del error aleatorio se deben al operador, falta de agudeza visual, descuido, cansancio, alteraciones emocionales.
  - método o procedimiento con que se efectúa la medición, falta de un método definido y documentado.
  - Distancias medidas demasiado largas que sobrepasan los 300 metros.

- No se realiza iteración de ángulos y distancias.

Si se realiza poligonal con estación total, se debe utilizar uno de los dos métodos siguientes:

- **Poligonal cerrada:** partiendo de una pareja de vértices posicionados con GNSS se cierra a los mismos puntos. Aplica únicamente para proyectos cortos y que cuentan con un solo par de placas.
- **Poligonales del modo punto a punto:** es decir, abiertas geométricamente, pero cerradas analíticamente, lo que permite realizar cierres angulares y en distancia para calcular la precisión de cada una de ellas. Inician en una pareja de vértices GNSS y se cierran a otra pareja de vértices GNSS de la misma red de alta precisión. Aplica para proyectos de más de un (1) km, los cuales deben contar con placas al inicio y final de cada tramo.

Se deben realizar un mínimo de dos series en directo y en inverso, es decir, mínimo cuatro lecturas de ángulos horizontales y verticales e igual número de distancias atrás y adelante, con el objeto de establecer los ángulos y las distancias más probables en cada estación.

Para el trazado de poligonales se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. Los valores de distancia entre deltas de la poligonal deben ser tomados con equipo de medición electrónica, atrás y adelante, de acuerdo con el número de series angulares, según lo establecido en la NTC-6271.
- b. Todas las mediciones angulares de los vértices de las poligonales deben realizarse en posición directa e inversa, para eliminar los posibles errores (Regla de Bessel). Estas mediciones deben quedar registradas en la memoria de la estación total.
- c. La precisión de las poligonales deberá ser igual o superior a 1:20.000.
- d. Se debe utilizar trípode para los bastones. Para distancias menores a 100 metros es necesario el uso de plomada, para las lecturas de ángulo horizontal.
- e. En zonas con alturas próximas al nivel del mar, se debe evitar las altas temperaturas del medio día, por esto, se recomienda realizar las lecturas dentro del siguiente horario: 6:00 a.m. a 10 a.m. y en la tarde de 2:00 p.m. a 6:00 p.m., sin embargo, a criterio del Topógrafo y de acuerdo con las condiciones del día de observación, estos horarios se pueden reducir.
- f. Los equipos deben estar bien calibrados y contar con el certificado de calibración dentro de una vigencia de seis (6) meses.
- g. Se recomienda realizar el procesamiento de la información en software especializado de Topografía que acepte y procese la iteración de ángulos y distancias, además, que calcule proporcional a las proyecciones o por mínimos cuadrados.
- h. En la memoria de la estación total deben quedar almacenados todos los datos crudos de los deltas que componen la poligonal (Ángulo Horizontal, Ángulo Vertical, Distancia Inclinada, Distancia Horizontal, acimut, Coordenada Norte y Coordenada Este).
- i. Solo se exceptúa el uso de poligonal, cuando el trabajo que se vaya a efectuar solo necesite realizar el método de radiación topográfica desde los vértices previamente posicionados, calculados y ajustados.
- j. Se permite a partir de los vértices de la poligonal del proyecto, establecer auxiliares; en ningún caso se permitirá localizar un auxiliar a partir de otro auxiliar.

Las especificaciones técnicas de precisión serán:

- Precisión en distancia  $\geq 1:20.000$ .
- El error angular permitido ( $e$ )

---


$$e = 5'' * n$$


---

En donde:

$e$  = Error angular permitido.

$n$  = Número de vértices de la poligonal.

- Sumatorias teóricas en poligonales de circuito:

---


$$\sum ang. Internos = (n - 2) * 180$$

$$\sum ang. Externos = (n + 2) * 180$$


---

En donde:

$n$  = Número de lados o ángulos en el polígono.

- Para poligonales punto a punto el error de cierre estará definido por la siguiente expresión:

---


$$Az1 + \sum_{a+1}^n + (180 * n) - (360 * n) - Az2 = 0$$


---

En donde:

Az1 = azimut de partida.

$n$  = número de vértices.

Az 2 = azimut de llegada.

### 3.4.2 POLIGONALES RTK (REAL TIME KINEMATIC)

Se podrá realizar la determinación de poligonales usando equipos GNSS RTK, siempre y cuando se cumplan las siguientes consideraciones:

- La poligonal base será determinada desde vértices GNSS que cumplan los lineamientos de georreferenciación establecido en este documento.
- Los vértices definidos como deltas se materializarán en zonas despejadas, garantizando la inter-visibilidad con el punto anterior y con el punto siguiente, garantizando así, que sean puntos que se puedan utilizar con estación total.

- c. La antena base debe estar nivelada y centrada con trípode sobre el punto GNSS. La antena Rover se debe posicionar sobre los puntos a determinar con ayuda de bípodes o trípodes para garantizar su precisión.
- d. Se debe garantizar que las poligonales definidas por este sistema, se encuentren en zonas abiertas, libres de vegetación alta u obstáculos que impidan la adecuada recepción de la señal de los satélites.
- e. Los equipos GNSS RTK permiten establecer tres tipos de solución: fijo, flotante y autónomo; cada una de estas soluciones determina un grado de precisión distinto y es ajustable por el usuario; para la determinación de las poligonales se aceptará únicamente la solución FIJO, que se establecerá en un (1) cm para la precisión horizontal y dos (2) cm para la precisión vertical; solamente cuando el equipo indique que se estableció este tipo de solución el punto podrá ser almacenado.
- f. La poligonal base partirá de un punto de la primera pareja de vértices GNSS en el inicio de cada tramo, donde se instalará el equipo base y con el equipo Rover se determinarán los deltas de poligonal hasta una longitud aproximada de 1.5 km; luego se armará el equipo base en la siguiente pareja de puntos GNSS y se determinarán los deltas restantes de la poligonal, es decir 1.5 km hacia atrás. En el proceso de determinación de las coordenadas y cotas de cada poligonal, se deben definir 2 vértices en común, levantados desde las 2 bases, para compararlos y establecer las diferencias en coordenadas y cotas. Las diferencias obtenidas deben ser de máximo 4 cm y se debe suministrar cuadro comparativo de los deltas levantados desde las 2 bases.
- g. Se debe entregar el archivo crudo con la información registrada y el cuadro de coordenadas y cotas de los deltas BMs de la poligonal.

**Nota:** Las poligonales realizadas con sistemas GNSS RTK, deben ser comprobadas con el mismo sistema, puesto que los resultados obtenidos son absolutos, los chequeos con estación total pueden variar en función de los ángulos y distancias; la comprobación con estación total se debe realizar en la totalidad de la poligonal, saliendo de una pareja GNSS y cerrando en la siguiente pareja GNSS.

### 3.5 ALTIMETRÍA

Para hacer el amarre vertical se determinarán los NP's del IGAC disponibles a lo largo del proyecto y a partir de estos se establecerá la metodología para corregir el error vertical de las nivelaciones.

Donde no se cuente con cobertura de NP's de la Red de Nivelación Geodésica Nacional, se podrá trasladar cota a los vértices GNSS, mediante el proceso de posicionamiento, calculando la cota ortométrica apoyados con el modelo geoidal GEOCOL 2004 o el más reciente.

Se realizará el amarre vertical a los vértices GNSS y deltas de poligonal, mediante nivelación geométrica de precisión, con su correspondiente contra nivelación, realizando los cierres a los NPs del IGAC o a las cotas ortométricas de los puntos GNSS.

Todos los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contra nivelación y el error máximo admisible en metros corresponde a  $\pm 0.008$  por kilómetro. Debe tenerse en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Error maximo en metros} = \pm 0.008 \text{ m} * \sqrt{(D)}$$

Donde D es la distancia en Km.

El error de cierre se debe determinar en los puntos NP del IGAC o en los puntos GNSS y ajustar las cotas a los puntos que cumplan con el error de cierre o descartarlos hasta el siguiente que cumpla.

En caso de utilizar nivel electrónico se deben presentar los archivos crudos producto de la nivelación, los cuales deben incluir: marca, modelo, número de serie del equipo y las observaciones (lecturas) vista atrás, vistas al frente e intermedias.

Con la determinación de las poligonales, se deben calcular cotas trigonométricas (ET) o cotas ortométricas (RTK) que para efectos de control de calidad se deben comparar con las cotas geométricas y presentar cuadro de resultados.

### 3.6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Los levantamientos topográficos se realizarán con topografía convencional Estación total o RTK, garantizando los resultados para una precisión a escala 1:1.000.

Una vez se apruebe por parte de la Interventoría el posicionamiento GNSS, la poligonal debidamente ajustada y verificada, en sus componentes X, Y, y la nivelación con cota geométrica, se procede con la toma de los detalles en el área de influencia, capturando la totalidad de los elementos, necesarios para el desarrollo del proyecto y para cada una de las especialidades requeridas, proceso realizado mediante radiación simple con estación total o sistema GNSS RTK.

La totalidad de los elementos contenidos en el área de influencia del proyecto tendrán los componentes punto, nomenclatura del punto, descriptor, bloque del punto (si requiere) y componente espacial X, Y, Z.

Con apoyo en la poligonal base, se realizará el levantamiento topográfico de cada tramo. En el caso de tramos urbanos (y los que apliquen para zona rural) se definirá las líneas de paramento, antejardines, silueta de andenes, separadores, sardineles, accesos a garajes, bermas, bordes y ejes de vía, quebradas, ríos, cercas, torres de energía, accesorios sobre líneas matrices de redes de distribución, postes, hidrantes, cajas, válvulas, bancas, cunetas, alcantarillas, señales de tránsito, semáforos, armarios y demás detalles que se encuentren dentro de la zona de influencia y tengan relevancia para el desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, a los puntos anteriores, se deberán tomar puntos del terreno en forma de secciones transversales, cada 20 metros en tangente y cada 10 metros en curvas, complementando así la información, que en conjunto con los puntos o breaklines de los detalles principales, alimentarán el modelo digital del terreno.

En la cartera de campo se especificará en forma muy detallada el gráfico aproximado del área de trabajo, anotando en ella direcciones de sardinel, paramentos, curvas, separadores, nombres de predios, nomenclatura, cercas, postes, accesos a predios, cultivos, encoles, descoles, obras de drenaje, muros y su descripción, superficies de taludes y demás infraestructura.

Las carteras de topografía contendrán dibujadas la mayor información del terreno, para poder orientar en forma adecuada los trabajos de oficina.

Se localizará por coordenadas los cruces de fauna que se encuentren en el corredor del proyecto vial según estudio ambiental con el fin de tener la información base necesaria para proteger los flujos transversales que permita conservar los recursos naturales mediante la construcción de las obras requeridas.

Para el diseño del eje en corte a media ladera, en los casos donde se diseñe muros de contención, se deberá tomar topografía en detalle.

Se tomará topografía detallada en zonas de ponteaderos, portales, así como donde se presenten sitios potencialmente inestables de la ladera, para que los especialistas realicen el prediseño de la solución que corresponda; el área deberá ser determinada juntamente con la Interventoría.

Se incluyen en esta actividad los levantamientos topográficos requeridos, muros, áreas de fuentes de materiales, sitios de disposición de sobrantes, etc.

Se debe tener en cuenta que la tecnología RTK tiene limitaciones en zonas donde la vegetación, los paramentos u otros elementos obstaculizan la señal de los satélites, por lo que, el uso de estos equipos queda limitado a zonas despejadas. Para la captura de puntos se aceptará únicamente la solución FIJO, que se establecerá en un (1) cm para la precisión horizontal y dos (2) cm para la precisión vertical; solamente cuando el equipo indique que se estableció este tipo de solución, el punto podrá ser almacenado. Las zonas en las que RTK presente limitaciones, la información se deberá complementar con estación total.

### **3.6.1 LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TOPOBATIMÉTRICAS**

Se tomarán secciones topobatimétricas en todos los cruces mayores y menores de agua donde se definan obras de alcantarillas, puentes y obras tengan incidencia en el trazado, para poder definir las soluciones más convenientes. Estas se realizarán en el área definida por el especialista hidráulico en conjunto con interventoría.

La selección de los equipos para la ejecución de batimetrías dependerá de la información requerida por el Consultor y las características físicas del afluente; Se realizará vadeo en cauces de poca profundidad, empleando estación total o equipo GNSS RTK, en cauces de media o gran profundidad se efectuará la toma de profundidades con ecosonda.

Las secciones se realizarán materializando poligonales auxiliares a lo largo del cauce, estas pueden ser trazadas por el método de poligonal abierta y niveladas trigonométricamente, siempre y cuando, se controlen sus dos vértices finales con posicionamiento estático rápido o RTK, igualmente pueden ser trazadas por el método de poligonal cerrada.

En zonas donde se definan puentes, el levantamiento topográfico del río se realizará en una longitud igual a 10 veces el ancho (6 veces aguas abajo y 4 veces aguas arriba) caracterizando las orillas y el cauce mediante secciones transversales al eje del río. Esta longitud podrá ser modificada según existan condiciones que controlen el flujo: cascadas, caídas, confluencias, desembocaduras, estructuras, etc.

Las secciones transversales deben abarcar toda la zona hasta la cual puedan llegar los niveles de agua para los caudales de diseño. La separación entre secciones puede ser igual a una vez el ancho de la sección, pero también se deberán tomar secciones donde cambie la planta.

### **3.6.2 ESPECIFICACIONES MÍNIMAS EQUIPOS UTILIZADOS**

#### **EQUIPO GNSS**

Receptor GNSS-RTK, multifrecuencia o doble frecuencia, precisión geodésica, con precisión en método estático mínimo de 4 mm + 1 ppm horizontal y 7 mm + 2 ppm vertical y precisión en método RTK mínimo 15 mm + 1 ppm horizontal y 20 mm + 1 ppm vertical, ángulo mínimo de recepción 15° grados sobre el horizonte, duración de épocas a captar entre 1 y 15 segundos máximo.

#### **ESTACIÓN TOTAL**

Precisión lineal  $\leq (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$ , precisión angular  $\leq 5$ . Alcance: con un prisma hasta 2000 metros en buenas condiciones. (Accesorios: Trípodes, bastones, prismas, cintas metálicas, baterías, entre otros).

Se debe presentar el 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.

#### **NIVEL DE PRECISIÓN**

Los diámetros mínimos de los objetivos en centímetros (cm) serán 2.5 a 4.5, sensibilidad del nivel 60" a 30, aumento  $\geq 28\times$ , precisión instrumental (mm/km)  $\leq 1.5$ . (Accesorios: Trípode y mira patronada en buen estado).

Se debe presentar el 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, si es laser, se presentará el certificado de calibración del equipo.

### **3.7 INSPECCIÓN DE REDES**

#### **3.7.1 REDES HÚMEDAS**

Apoyados con los planos producto del levantamiento topográfico, se realizará la revisión de la infraestructura de cada una de las redes de alcantarillado, identificando los pozos, sumideros, alcantarillas, colectores de aguas lluvias, aguas negras o combinados y demás estructuras que considere la especialidad de hidráulica.

La inspección de redes se realizará con herramienta menor, asumiendo una nomenclatura única relacionada a la obra o estructura inspeccionada, las coordenadas Norte, Este y Cota se tomarán del levantamiento topográfico, el cual está ligado a coordenadas y cotas reales; en cada investigación quedará consignado un registro fotográfico, que se entregará como soporte en el informe, junto con el formato de inspección, que contemplará entre otras cosas:

- Georreferenciación.
- Diámetros.

- Materiales.
- Cota Rasante.
- Cotas Claves.
- Cotas Batea.
- Estado.
- Esquema de localización, conexiones y sentidos de flujo.

### 3.7.2 REDES SECAS

Apoyados con los planos producto del levantamiento topográfico, se realizará la revisión de la infraestructura de redes secas, identificando cajas de energía, cámaras de energía, números de ductos y demás estructuras que considere la especialidad de redes secas.

La inspección de redes se realizará asumiendo una nomenclatura única relacionada a la estructura inspeccionada, las coordenadas se tomarán del levantamiento topográfico, el cual está ligado a coordenadas reales; en cada investigación quedará consignado un registro fotográfico, que se entregará como soporte en el informe, junto con el formato de inspección, que contemplará entre otras cosas:

- Georreferenciación.
- Dimensiones.
- Materiales.
- Número de ductos.
- Esquema de localización y conexiones.

### 3.8 MODELO DIGITAL DE TERRENO

Un Modelo Digital del Terreno (MDT) es la representación simplificada de la topografía del terreno (las alturas sobre el nivel del mar). Para ello se considera que las elevaciones forman una superficie tridimensional ondulada, en la que dos dimensiones se refieren a los ejes de un espacio ortogonal (X, Y), y la tercera mide la "altura" (Z). Por ello, se suele hablar de representaciones gráficas con dos dimensiones.

El producto digital de las zonas levantadas contará con las componentes (X, Y, Z), que permita la generación de un modelo digital de terreno, este se determinará con todos los puntos levantados sobre la superficie y los elementos levantados como bordes y ejes de vía, sardinel, separadores, canales, cunetas, corona y pata de taludes y otros que serán incluidos en el modelo como líneas de quiebre (breaklines).

El modelo digital de terreno debe proporcionar la suficiente información para generar, curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales del terreno, como mínimo cada diez metros.

### 3.9 PLANOS

Los planos topográficos del proyecto deben contener la representación de todos los objetos del polígono de estudio, en coordenadas X, Y, con alturas derivadas de la nivelación geométrica de control, a la escala y separación de curvas de nivel aprobadas por la interventoría, usando el comando 3Dpoly en las líneas continuas tales como andén, borde vía, ejes, paramentos, etc..., debidamente georreferenciados y con las alturas

correspondientes, las curvas de nivel procesadas con la información tomada directamente del terreno, nube de puntos, al igual que el modelo TIN o modelo digital de terreno, todo presentado en formato digital DWG.

El Consultor deberá elaborar los planos requeridos para el proyecto, considerando como mínimo lo siguiente:

✓ PLANOS TOPOGRÁFICOS

- Trazado de Poligonal.
- Ubicación de Deltas-BMs.
- Curvas de nivel con separación máxima de 2 metros.
- Cuadro de Coordenadas y cotas corregidas de cada vértice.
- Puntos Levantados: Representación de cada uno de los puntos levantados a lo largo del proyecto.
- Acotaciones y nomenclaturas.
- Escala grafica.
- Escala numérica.
- Grilla.
- Fecha de elaboración.
- Tabla de modificaciones.
- Cuadro de convenciones.
- Norte geográfico.
- Título de proyecto y contenido.
- Especialistas de interventoría, Consultoría y Entidad contratante.

Se presentarán planos en planta de acuerdo con las condiciones topográficas del proyecto, en físico en formato PDF con firma del profesional y en archivo magnético en formato .dwg o compatible.

✓ SECCIONES TRANSVERSALES

Se presentarán planos de las secciones transversales de los cruces mayores y menores de agua, de las áreas definidas por la especialidad de hidráulica en archivo magnético en formato .dwg o compatible.

El Consultor deberá elaborar los planos, considerando como mínimo lo siguiente:

PLANOS SECCIONES TOPOGRÁFICOS

- Secciones transversales a escala.
- Título de proyecto y contenido.
- Cuadro de modificaciones.
- Especialistas de interventoría y Consultoría y Entidad contratante.
- Escala numérica.
- Grilla.
- Fecha de elaboración

### 3.10 ESTRUCTURA DE CARPETAS Y ENTREGABLES

El informe de estudios topográficos debe ser presentado con la siguiente estructura de carpetas:

- Anexo 1: Informe General.
- Anexo 2: Archivos Rinex.
  - Bases Posicionamiento.
  - Vértices Posicionados.
  - Descripción de puntos GNSS.
- Anexo 3: Cálculos de Reporte y Postproceso de Ajustes.
  - Efemérides.
  - Cálculo Cambio de Época.
  - Reportes de Postproceso.
  - Carteras de posicionamiento.
- Anexo 4: Especificaciones Técnicas de Equipos.
  - GNSS.
  - Nivel.
  - Estación Total.
  - Otros.
- Anexo 5: Certificados de Calibraciones Equipos.
  - GNSS.
  - Nivel.
  - Estación Total.
  - Otros.
- Anexo 6: Datos Crudos Poligonal y Detalles.
  - Poligonal.
  - Detalles.
  - Otros.
- Anexo 7: Cálculo Poligonal y Detalles.
  - Poligonal.
  - Listado de Detalles.
  - Listado de Códigos de levantamiento.
- Anexo 8: Cálculos y Ajuste de Nivelación.

- Nivelación en Excel.
  - Carteras de Nivelación.
- Anexo 9: Vértices IGAC.
- Anexo 10: Tarjetas Profesionales.
  - Tarjeta Profesional.
  - Certificado de Vigencia.
- Anexo 11: Registro Fotográfico.
- Anexo 12: Planos Topográficos.
  - Planos en Planta (Planos en Plano Topográfico Local y Planos en origen único nacional).
  - MDT.
- Anexo 13: Inspección de Redes.
  - Redes Secas.
  - Redes Húmedas.
- Anexo 14: Otros Entregables.
  - Carteras de Dibujo.

#### **CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El Consultor deberá hacer entrega de un documento de la metodología para la elaboración de los estudios topográficos y presentarla a interventoría para su aprobación.

Los levantamientos topográficos deben cumplir con las precisiones y requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 6271.

La precisión que se requiere para la toma de información topográfica del terreno para esta etapa del proyecto exige que los datos se tomen con Topografía convencional, a fin de tener la realidad del terreno lo más fiel posible y que los estudios y diseños que dependen del estudio topográfico, se elaboren sobre una base con alta precisión y nivel de detalle.

Se puede realizar combinación de tecnologías, estación total y RTK, teniendo en cuenta que esta última ofrece altos rendimientos en zonas abiertas, pero, presenta limitaciones en zonas boscosas y en terrenos con altas pendientes en puntos bajos. Por esto, se debe contemplar la complementación en dichas zonas donde RTK no es efectivo, tomando la información con estación total.