ANEXOS TÉCNICOS

OBJETO: "Prestar Servicios Para La Modernización Y Redensificación De La Red Geodésica**".**

Contenido

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 1 - Equipo GNSS 2

ANEXO 1 – EQUIPO GNSS 2

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 1 - ESTACIÓN TOTAL DE INGENIERÍA: 4

ANEXO 2 – ESTACIÓN TOTAL DE INGENIERÍA 4

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 1 - ESTACIÓN CORS: 5

ANEXO 3 – ESTACIÓN DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONTINUA – CORS ... 5

1. Componentes Principales De Estación Cors 5
2. Requisitos Técnicos 7
3. Recomendación Para Medellín 8

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 2 - Servicios profesionales 8

ANEXO 4: TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES. 8

1. Dedicación mínima 8
2. Entregables asociados 9
3. Alcance 9
4. Recurso humano especializado: 10

COMPONENTE INNOVACIÓN - PILAR 3 - PILASTRAS 12

ANEXO 5. MATERIALIZACIÓN, POSICIONAMIENTO GNSS Y NIVELACIÓN GEODÉSICA 12

1. Ubicación de las pilastras 12
2. Especificaciones de materialización 13
3. Acabados e identificación visual 14
4. Posicionamiento GNSS 15
5. Nivelación geodésica 16
6. Productos esperados 17

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 1 - Equipo GNSS

ANEXO 1 – EQUIPO GNSS

Para trabajos de geodesia y topografía (como en Medellín con redes CORS del IGAC o municipales), un equipo GNSS debe cumplir estándares geodésicos para garantizar precisión, estabilidad y compatibilidad con redes de referencia, su base y rover.

Características Técnicas: Equipo GNSS (Base y Rover)

1. Precisión

- El equipo debe trabajar en modo RTK/PPK:
- Horizontal: ±8 mm + 1 ppm
- Vertical: ±15 mm + 1 ppm
- Precisión real: 1–3 cm en campo

2. Compatibilidad GNSS (multiconstelación)

Debe recibir varias constelaciones simultáneamente:

- GPS (EE.UU.)
- GLONASS (Rusia)
- Galileo (Europa)
- BeiDou (China)

Esto mejorar la precisión en zonas urbanas como Medellín (edificios, montañas), Además debe tener:
Mínimo: doble frecuencia (L1/L2)
Ideal: triple frecuencia (L1/L2/L5)
Más frecuencias = mejor solución FIX y menos errores.

3. Tecnología RTK + CORS (OBLIGATORIO)

El equipo debe soportar:

- RTK (Real Time Kinematic) → precisión en tiempo real
- NTRIP (internet) → conexión a redes CORS
- Protocolos: RTCM 3.x (permite que una estación base o red CORS envié correcciones al receptor ROVER para trabajo en Ntrip y otorgar una Precisión centimétrica en segundos)

4. Canales y capacidad del receptor

- Mínimo recomendado: 500 – 1000 canales
- Profesional: 1000+ canales (Más canales = mejor seguimiento satelital simultáneo)

5. Conectividad

- Radio UHF (base-rover)
- 4G / SIM (para NTRIP)
- Bluetooth + WiFi

Centro Administrativo Distrital CAD
Calle 44 N° 52-165. Código Postal 50015
Línea de Atención a la Ciudadanía: 604 44 44 144
Conmutador: 604 385 55 55 Medellín - Colombia

6. Autonomía y energía

- Batería: mínimo 8–12 horas
- Compatibilidad con UPS

7. Resistencia (muy importante en campo)

- Protección: IP67 o superior
- Trabajo en condiciones extremas
- Resistente a golpes y polvo.

8. Control de calidad (geodesia real)

- Debe permitir monitorear:
- DOP (precisión geométrica)
- Número de satélites
- Estado FIX / FLOAT
- RMSE (Medida estadística que indica error promedio en las mediciones, Esto garantiza que los datos sean confiables)

9. Software y compatibilidad

- Software geodésico de procesamiento científico (ej. Bernese, GAMIT o equivalentes).
- Software profesional de ajuste de redes.

10. Funciones avanzadas

- PPK (postproceso)
- IMU (medición sin nivelar)
- Tilt compensation (trabajo inclinado)
- PPP (procesamiento global)

11. Requisitos geodésicos avanzados

Calidad de datos:

- El equipo deberá garantizar: Baja tasa de ruido en observables de fase Estabilidad en sesiones prolongadas (≥ 24 horas) Datos aptos para procesamiento científico.
- Integración con redes CORS, Operación comprobada con redes CORS, Soporte completo de correcciones diferenciales Capacidad de transmisión continúa de datos.

12. Marcos de referencia

- Compatible con sistemas: ITRF, SIRGAS.
- Capacidad de trabajo en sistemas oficiales de referencia.

13 Rendimiento en campo

Trabajo en condiciones adversas, El equipo deberá garantizar desempeño en:

- Entornos urbanos (multipath).
- Zonas con obstrucción parcial de cielo.
- Áreas montañosas.
- Mantenimiento de solución FIX.

- Alta estabilidad de solución RTK FIX.
- Rápida inicialización (< 10 segundos ideal).

14. Soporte

Soporte técnico:

- Soporte en Colombia
- Garantía mínima: 2 año

Actualizaciones:

- Disponibilidad de actualizaciones de firmware.
- Soporte continuo del fabricante.

15. Criterios de evaluación técnica

Se priorizarán equipos que:

- Tengan trayectoria comprobada en aplicaciones geodésicas institucionales
- Presenten certificaciones o validaciones internacionales
- Ofrezcan mayor estabilidad y calidad de datos
- El equipo deberá demostrar desempeño comprobado en redes geodésicas activas o proyectos de monitoreo de alta precisión.
- Software de captura y procesamiento de datos (pre y postproceso)

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 1 - ESTACIÓN TOTAL DE INGENIERÍA:

ANEXO 2 – ESTACIÓN TOTAL DE INGENIERÍA

Características Técnicas: Estación Total de Ingeniería

- Precisión angular: 1 segundo (1") o mejor
- Resolución angular: 1"
- Método de lectura angular: Absoluto digital
- Precisión de medición de distancia con prisma: ± (1 mm + 1 ppm) o mejor
- Precisión de medición sin prisma: ± (2 mm + 2 ppm) o mejor
- Alcance mínimo con un prisma: 5.000 m
- Alcance mínimo sin prisma: 1.000 m
- Tiempo de medición de distancia: ≤ 1 segundo
- Compensador: Electrónico de doble eje
- Rango de compensación: Mínimo ±6 minutos
- Telescopio: Imagen erecta
- Aumentos: 30x mínimo
- Apertura efectiva: 45 mm mínimo

- Distancia mínima de enfoque: 1,0 m o menor
- Plomada: Láser visible integrada
- Nivel electrónico: Incorporado
- Pantalla: Pantalla gráfica a color de alta resolución
- Teclado: Alfanumérico completo
- Memoria interna: Capacidad mínima para 100.000 puntos
- Almacenamiento externo: Puerto USB o memoria extraíble
- Conectividad: USB, Bluetooth y comunicación inalámbrica
- Transferencia de datos: Compatible con formatos TXT, CSV, DXF y otros estándares topográficos.
- Sistema operativo: Integrado para procesamiento de datos de campo
- Protección ambiental: IP66 o superior
- Temperatura de operación: -20 °C a +50 °C
- Humedad de operación: Hasta 95 % sin condensación
- Autonomía de batería: Mínimo 12 horas continuas
- Tipo de batería: Recargable de ion-litio
- Peso del equipo: Máximo 6,5 kg incluyendo batería
- Certificado de calibración: Vigente y emitido por laboratorio acreditado
- Garantía: Mínimo 12 meses
- Software de descarga y procesamiento de Datos.

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 1 - ESTACIÓN CORS:

ANEXO 3 – ESTACIÓN DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONTINUA – CORS

Instalar una estación CORS (Continuously Operating Reference Station) en Medellín es totalmente viable, pero requiere una combinación de equipos GNSS de alta precisión, infraestructura física, energía y telecomunicaciones. Especificaciones técnicas típicas aproximados en Colombia (2025–2026) y La materialización deberá cumplir los lineamientos establecidos en el Anexo 2 de la *Resolución IGAC 1468 de 2021* para vértices geodésicos de antena GNSS.

1. Componentes Principales De Estación Cors

Según la Red Activa GNSS del IGAC, una estación CORS se compone básicamente de: antena + receptor + comunicaciones + energía
Red Geodésica Nacional

A. Antena GNSS geodésica

- Tipo: Choke Ring o equivalente geodésica
- Frecuencias: L1, L2, L5 (multibanda)
- Constelaciones: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
- Protección: Radomo (contra clima)
- Precisión: milimétrica

B. Receptor GNSS CORS

- Canales: ≥ 500 (ideal 600+)
- Seguimiento multiconstelación
- Salida de datos: RTCM, RINEX
- Conectividad: Ethernet, 4G, NTRIP
- Operación: 24/7

C. Sistema de comunicaciones

- Internet dedicado (fibra o 4G/5G)
- Router industrial
- Radio enlace (opcional)

D. Sistema de energía

- Opciones:
- Red eléctrica + UPS
- Sistema solar (zonas remotas)
- Componentes: Paneles solares, Controlador, Baterías (autonomía 2–10 días) UPS
- En Colombia muchas estaciones usan energía solar con autonomía de varios días
- Geo RED

E. Infraestructura física

- Monumentación (pilar de concreto o acero)
- Base antivibración
- Gabinete exterior (IP65 o superior)
- Sistema de puesta a tierra

F. Software y servidor CORS

- Software NTRIP caster
- Gestión de datos GNSS
- Almacenamiento (RINEX)
- Alternativa: software libre (RTKLIB)

2. Requisitos Técnicos

A. Ubicación

Para Medellín (muy importante por topografía): Vista despejada al cielo (≥ 10° máscara), Sin multipath (evitar edificios/metales), Estructura estable (no vibraciones), Seguridad física

Acceso a energía.

B. Especificaciones técnicas recomendadas

- Precisión: 2–5 mm + 1 ppm
- Constelaciones: GPS + GLONASS + Galileo + BeiDou
- Frecuencias: L1, L2, L5
- Canales: ≥ 500
- Protección: IP67
- Operación: 24/7 continúa
- Formatos: RTCM 3.x, RINEX 3

C. Panel Solar Monocristalino 200 W

- Potencia máxima (Pmax): 200 W
- Tipo de celda: Monocristalina
- Eficiencia del módulo: 20% – 22%
- Voltaje a máxima potencia (Vmp): 18.2 – 18.4 V
- Corriente a máxima potencia (Imp): 10.8 – 11 A
- Voltaje circuito abierto (Voc): 21.6 – 22.7 V
- Corriente de cortocircuito (Isc): 11.5 – 12 A
- Dimensiones aproximadas: 1.3 a 1.6 m × 0.7 a 1.0 m
- Peso: 12 a 16.5 kg
- Marco: Aluminio anodizado
- Vidrio frontal: Templado de alta resistencia
- Protección caja de conexiones: IP65 – IP67
- Temperatura de operación: -40 °C a +85 °C
- Vida útil: >25 años
- Garantía de fabricación: 10 años
- Garantía de potencia: 25 años

Centro Administrativo Distrital CAD
Calle 44 N° 52-165. Código Postal 50015
Línea de Atención a la Ciudadanía: 604 44 44 144
Conmutador: 604 385 55 55 Medellín - Colombia

3. Recomendación Para Medellín

Por condiciones urbanas y montañosas: Instalar en edificio alto o cerro estable, Usar antena choke ring (reduce multipath), Internet fijo + respaldo 4G (Si aplica) y Considerar integración con IGAC o red privada

Conclusión: Una estación CORS funcional en Medellín requiere:

- Equipos GNSS geodésicos (antena + receptor)
- Energía continua (ideal con respaldo)
- Internet estable (Si aplica)
- Infraestructura rígida y bien ubicada
- Softwares necesarios para descarga y operación de los datos

COMPONENTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO - PILAR 2 - Servicios profesionales

ANEXO 4: TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES.

Objeto del Componente: Como parte integral del proyecto de "*Modernización y Redensificación de la Red Geodésica del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín"*, el contratista deberá desarrollar un componente de transferencia de conocimiento y fortalecimiento de capacidades técnicas, orientado a garantizar la apropiación institucional de las metodologías, procedimientos, tecnologías y buenas prácticas implementadas durante la ejecución contractual. Esta actividad deberá permitir que el equipo de Geodesia del Distrito adquiera la capacidad operativa necesaria para utilizar, administrar, mantener y aprovechar la infraestructura tecnológica, la información geodésica generada y los procedimientos desarrollados en el marco del contrato.

1. Dedicación mínima

El contratista deberá garantizar una dedicación mínima acumulada de: Setenta (70) horas, destinadas al fortalecimiento de capacidades técnicas institucionales.

La distribución de estas horas podrá realizarse mediante actividades presenciales, virtuales, prácticas en campo, sesiones de acompañamiento, demostraciones operativas, talleres técnicos o cualquier otra metodología que resulte adecuada para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

La programación definitiva, intensidad horaria por temática, metodología utilizada y número de jornadas serán definidas de común acuerdo con la supervisión del contrato, de acuerdo con las necesidades operativas del Equipo de Geodesia del Distrito.

2. Entregables asociados

Como evidencia de cumplimiento de este componente, el contratista deberá entregar:

- Agenda y cronograma de actividades desarrolladas.
- Registros de asistencia.
- Actas de las sesiones realizadas.
- Presentaciones y materiales de apoyo utilizados.
- Manuales operativos.
- Guías de uso de equipos y software.
- Procedimientos documentados.
- Memorias técnicas.
- Registro fotográfico cuando aplique.
- Informe consolidado de transferencia de conocimiento y fortalecimiento de capacidades.

3. Alcance

El contratista deberá desarrollar actividades que permitan la apropiación institucional de conocimientos relacionados, con los siguientes temas:

a) Equipos GNSS:

- Operación de los equipos GNSS tipo base y rover.
- Configuración de instrumentos.
- Métodos de captura de información.
- Buenas prácticas de observación GNSS.
- Gestión de calidad de datos obtenidos en campo.

b) Estación total de ingeniería:

- Configuración y uso de la estación total.
- Procedimientos de levantamiento y verificación.
- Descarga y administración de información.
- Integración de información GNSS y topográfica.

c) Softwares especializados:

- Operación del software de campo.
- Descarga de observaciones GNSS.

- Procesamiento y postproceso de datos.
- Ajuste y control de calidad.
- Exportación de productos y formatos de intercambio.

d) Estación de Referencia Continua (CORS):

- Operación de la estación.
- Administración de información.
- Monitoreo de funcionamiento.
- Descarga y gestión de archivos.
- Procedimientos de verificación de calidad.
- Recomendaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

e) Información geodésica generada

- Interpretación de resultados.
- Manejo de coordenadas y sistemas de referencia.
- Gestión de metadatos.
- Administración de bases de datos geodésicas.
- Procedimientos implementados para el posicionamiento y nivelación de las pilastras geodésicas.

f) Metodologías aplicadas:

- Estrategias de modernización implementadas.
- Procedimientos de campo.
- Métodos de procesamiento.
- Controles de calidad.
- Flujos de trabajo desarrollados durante el proyecto.

4. Recurso humano especializado:

Para la ejecución del proyecto, el contratista deberá disponer de personal idóneo y con experiencia comprobada en levantamiento topográficos, geodesia, posicionamiento GNSS, nivelación geodésica, operación de estaciones CORS, procesamiento de datos geoespaciales y administración de redes geodésicas.

La transferencia de conocimiento deberá ser realizada directamente por profesionales y especialistas que hayan participado en la ejecución del proyecto o que acrediten experiencia específica en las tecnologías y metodologías implementadas, garantizando que los contenidos transmitidos se encuentren alineados con las actividades efectivamente desarrolladas durante el contrato.

La supervisión podrá verificar en cualquier momento la experiencia y participación del personal responsable de esta actividad.

Dentro del personal considerado necesario como mínimo requerido será:

Coordinador del proyecto (mínimo uno)

- Ingeniero en Civil o Topografía o Geodesia, con matrícula profesional vigente.
- Experiencia en proyectos de topografía e implementación de redes geodésicas y nivelación de precisión.
- Responsable de la planeación, coordinación técnica, control de calidad, relación con el supervisor del contrato y elaboración de informes en los tiempos requeridos.
- El contratista determinará, bajo su responsabilidad técnica y operativa, la necesidad de vincular uno o más coordinadores adicionales para cada uno de los componentes del proyecto, con el fin de garantizar el cumplimiento oportuno y adecuado de las actividades, productos y resultados exigidos en el contrato.

Topógrafos (Mínimo Uno)

- Profesionales y/o tecnólogos en Topografía, con experiencia en levantamientos topográficos o geodésicos verificable, nivelación de precisión y posicionamiento GNSS.
- Encargados de la ejecución en campo de actividades técnicas de medición y supervisión de auxiliares.
- El contratista determinará, bajo su responsabilidad técnica y operativa, la necesidad de vincular uno o más topógrafos adicionales para cada uno de los componentes del proyecto, con el fin de garantizar el cumplimiento oportuno y adecuado de las actividades, productos y resultados exigidos en el contrato.

Auxiliares de topografía (Mínimo Dos)

- Experiencia en apoyo a levantamientos topográficos o geodésicos, instalación de equipos y asistencia en la nivelación y materialización de pilastras.
- El contratista determinará, bajo su responsabilidad técnica y operativa, la necesidad de vincular uno o más auxiliares adicionales para cada uno de los componentes del proyecto, con el fin de garantizar el cumplimiento oportuno y adecuado de las actividades, productos y resultados exigidos en el contrato.

Condiciones generales del recurso humano:

- Todo el personal deberá cumplir con protocolos de seguridad industrial y salud en el trabajo.
- El contratista deberá garantizar la disponibilidad del equipo humano en todos los pilares del proyecto, y todo aquel que considere necesario para su ejecución y cumplimiento de actividades.
- Los cambios en el personal propuesto deberán ser notificados y aprobados por el supervisor del contrato.

Nota: Consideraciones de perfiles personal calificado: Se requiere un mínimo de cuatro (4) profesionales y/o tecnólogos, del núcleo básico del conocimiento ingeniería civil y

afines, específicamente con título en: Ingeniería Civil, Ingeniero o tecnólogo en topografía, Tecnólogo en obras civiles, Ingeniero Geomático, Ingeniero Catastral y Geodesta, Ingeniero Geógrafo, Tecnólogo en levantamientos topográficos, tecnólogo especializado en sistemas de información topográfica, con un mínimo de 2 años de experiencia relacionada y/o demás personal que el contratista considere necesario, para el desarrollo del contrato de acuerdo a los requerimientos expresados.

COMPONENTE INNOVACIÓN - PILAR 3 - PILASTRAS

ANEXO 5. MATERIALIZACIÓN, POSICIONAMIENTO GNSS Y NIVELACIÓN GEODÉSICA

Las pilastras deberán constituirse en vértices geodésicos permanentes de alta precisión, destinados a fortalecer las capacidades de georreferenciación del Distrito, apoyar el Catastro Multipropósito, la actualización cartográfica, los levantamientos topográficos de precisión y demás proyectos estratégicos de ciudad.

1. Ubicación de las pilastras

Las seis (6) pilastras deberán localizarse en sitios previamente explorados, evaluados y seleccionados por el contratista, y posteriormente aprobados por la supervisión, garantizando que cumplan como mínimo las siguientes condiciones:

- Estar ubicadas en predios públicos de propiedad del Distrito o en predios que garanticen su permanencia y protección en el tiempo.
- No encontrarse en áreas proyectadas para futuras obras que comprometan su estabilidad.
- Presentar condiciones favorables para observaciones GNSS.
- Contar con suficiente despeje hacia el horizonte para minimizar obstrucciones satelitales.
- Ser fácilmente accesibles para futuras labores de mantenimiento, monitoreo y ocupación.
- Permitir su utilización como puntos de control en proyectos topográficos, geodésicos y cartográficos.

2. Especificaciones de materialización

La materialización deberá cumplir los lineamientos establecidos en el Anexo 1 y 2 de la *Resolución IGAC 1562 de 2018 y Resolución IGAC 1468 de 2021* para vértices geodésicos tipo pilastra.

Tipo de monumentación:

Se deberá materialización de las pilastras geodésicas permanente de concreto reforzado, diseñada para garantizar: Estabilidad geométrica, Durabilidad, Permanencia temporal, Resistencia a condiciones ambientales normales, Compatibilidad con observaciones GNSS y topográficas de alta precisión.

Dimensiones mínimas:

La pilastra deberá materializarse con dimensiones equivalentes a las establecidas por el IGAC para vértices tipo pilastra: Excavación (Largo: 0,50 m - Ancho: 0,50 m - Profundidad: 1,00 m), Cuerpo superior de la pilastra (Altura visible final aproximada: 0,60 m - Sección superior aproximada: 0,35 m x 0,35 m), Volumen aproximado (0,359 m³ por pilastra) (*Resolución IGAC 1562 de 2018 y Resolución IGAC 1468 de 2021)*

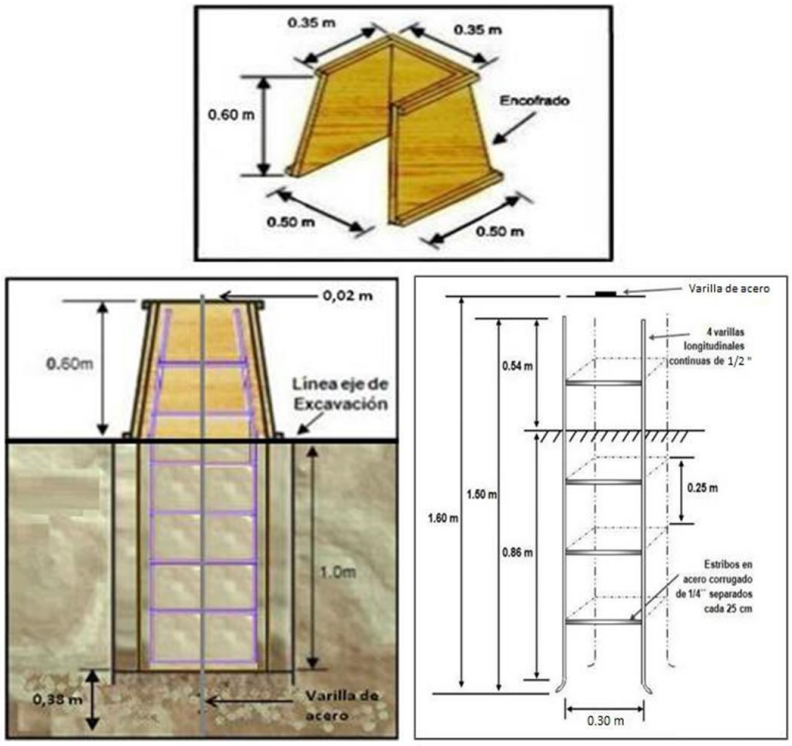


Ilustración 1. Fuente: Tomado de Resoluciones 1562/2018 y 1468/2021 IGAC

Materiales:

Los materiales utilizados deberán cumplir las especificaciones mínimas definidas por el IGAC, incluyendo: Cemento conforme a NTC 121 y NTC 321; Arena y agregados que cumplan NTC 174; Acero de refuerzo corrugado; Varilla central de acero inoxidable tipo T304; Placa de identificación en acero inoxidable; Materiales de buena calidad que garanticen perdurabilidad y estabilidad. (*Resolución IGAC 1562 de 2018 y Resolución IGAC 1468 de 2021)*

Identificación:

Cada pilastra deberá incluir: Placa metálica de identificación con diseño aprobado por la supervisión, Código o nomenclatura aprobada por la supervisión, Referencia de localización, Registro fotográfico, Ficha de localización.

3. Acabados e identificación visual

Las pilastras deberán contar con acabado superficial uniforme y protección exterior, incluyendo pintura de señalización geodésica mediante franjas alternadas de color rojo y blanco, con una altura aproximada de 20 cm por franja, iniciando desde la parte superior. (*Resolución IGAC 1562 de 2018 y Resolución IGAC 1468 de 2021)*

- La finalidad de este acabado es:
- Facilitar su identificación en campo.
- Incrementar su visibilidad.
- Facilitar futuras ocupaciones topográficas y geodésicas.

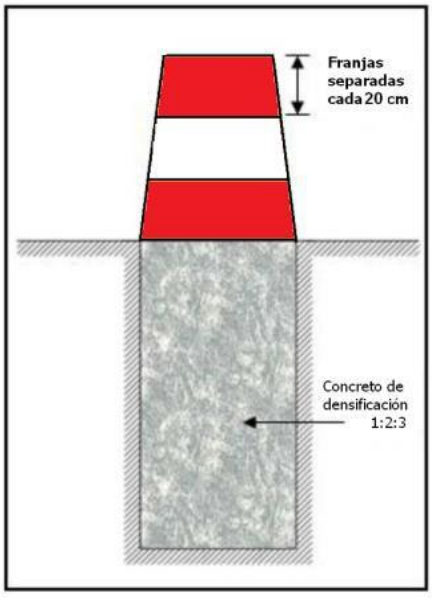


Ilustración 2. Fuente: Tomado de Resoluciones 1562/2018 y 1468/2021 IGAC.

4. Posicionamiento GNSS

Resultados finales del posicionamiento GNSS de las seis (6) pilastras geodésicas, ejecutado bajo estándares de vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS de Orden Uno/Dos de acuerdo a la resolución 1468/2021 IGAC, con:

Orden uno (1) tendrán las siguientes características:

- Precisión absoluta horizontal (2σ): ≤ 0,006 m.
- Precisión absoluta vertical (2σ): ≤ 0,013 m.
- Precisión relativa horizontal (2σ): ≤ 0,005 m.
- Precisión relativa vertical (2σ): ≤ 0,010 m.
- Reporte de coordenadas geocéntricas X, Y, Z hasta la quinta (5ª) cifra decimal.
- Sistema de referencia y época de coordenadas definidos por el IGAC y/o la supervisión.
- Tiempo de rastreo continuo de 24 horas durante un periodo no inferior a 30 días, a fin de contar con los mínimos datos para el análisis de las soluciones, el intervalo de información capturada es de un segundo remuestreados a 30 segundos para el procesamiento de información.
- La máscara de elevación de los vértices geodésicos estará definida según las condiciones del entorno en un intervalo de 0º y máximo 10º.
- Equipo GNSS multi-frecuencia tipo geodésico y registrado ante el IGS y la NOAA. Preferiblemente provisto de antena tipo choke ring.
- Determinación de alturas ortométricas mediante modelos geoidales oficiales (local y nacional).

(*Resolución IGAC 1562 de 2018 y Resolución IGAC 1468 de 2021)*

Los vértices geodésicos de Orden Uno (1) incluyen aquellas estaciones que fueron materializadas por terceros o recientemente por el IGAC y por lo cual se encuentran en proceso de vinculación a MAGNA-SIRGAS y/o SIRGAS.

Orden Dos (2) tendrán las siguientes características:

- Precisión absoluta de la posición horizontal en 2σ: 0,011 m.
- Precisión absoluta de la posición vertical en 2σ: 0,025 m.
- Precisión relativa de la posición horizontal en 2σ: 0,010 m

- Precisión relativa de la posición vertical en 2σ: 0,015 m.
- Las coordenadas serán reportadas en el sistema coordenado geocéntrico X, Y, Z hasta la quinta (5ª) cifra decimal.
- Sistema de referencia y época de coordenadas definidos por el IGAC y/o la supervisión.
- Tiempo de medición continua mayor que un día (24 horas) y menor que diez (10) días. En el caso de que el punto sea parte de una red con múltiples vértices geodésicos, las observaciones deberán realizarse de forma simultánea, garantizando que la información capturada para cada uno de los vértices esté bajo las mismas condiciones satelitales, de temporalidad y de calidad para su posterior ajuste en Red.
- Equipo: GNSS de doble frecuencia (geodésico) registrado ante la IGS y la NOAA
- Determinación de alturas ortométricas mediante modelos geoidales oficiales (local y nacional).

5. Nivelación geodésica

Resultados finales de la nivelación geodésica de precisión de las seis (6) pilastras, cumpliendo: Lineamientos para Vértices geodésicos de control vertical nivelados de Orden Uno / Orden Dos; según Resolución IGAC 1562 de 2018 y Resolución IGAC 1468 de 2021.

Control vertical nivelados Orden Uno:

1. Para el establecimiento de vértices de control vertical nivelados, se deben realizar los empalmes con los vértices existentes, tanto al inicio como al final de la nueva línea, circuito o tramo, cumpliendo con la precisión del diseño del proyecto a establecer.
2. Precisión relativa inferior o igual a 2 mm por la raíz cuadrada de la distancia (D) de la sección nivelada en km $(2mm\sqrt{D})$.
3. Equipos: Niveles electrónicos digitales y miras de invar con código de barras.
4. La longitud de las secciones a nivelar debe ser de aproximadamente de 0,8 km (terreno quebrado) a 1,5 kilómetros (terreno plano) según la topografía del terreno.
5. Todas las secciones deben ser niveladas en ida y regreso de forma independiente.
6. El coeficiente de expansión térmica debe ser menor a 1,5 X 10^{-6} para las miras de invar con código de barras.

Ilustración 3. Fuente: Tomado de Resoluciones 1562/2018 y 1468/2021 IGAC.

Control vertical nivelados Orden Dos:

1. Para el establecimiento de vértices de control vertical nivelados, se debe realizar los empalmes con los vértices existentes, tanto al inicio como al final de la nueva línea, circuito o tramo, cumpliendo con la precisión del diseño del proyecto a establecer.
2. Precisión relativa inferior o igual que 4 mm por la raíz cuadrada de la distancia (D) de la sección nivelada en km $(4mm\sqrt{D})$.
3. Equipos: Niveles electrónicos digitales y miras de invar con código de barras.
4. La longitud de las secciones a nivelar debe ser de aproximadamente de 0,8 km (terreno quebrado) a 1,5 kilómetros (terreno plano) según la topografía del terreno.
5. Todas las secciones deben ser niveladas en ida y regreso de forma independiente.
6. El coeficiente de expansión térmica debe ser menor a 1,5 X 10^{-6} para las miras de invar con código de barras.

Ilustración 4. Fuente: Tomado de Resoluciones 1562/2018 y 1468/2021 IGAC.

6. Productos esperados

Como resultado de este componente se deberán entregar:

- Seis (6) pilastras materializadas.
- Coordenadas oficiales de alta precisión.
- Alturas ortométricas y elipsoidales.
- Informes de exploración.
- Informes de materialización.
- Informes GNSS.
- Informes de nivelación.
- Memorias de cálculo.
- Archivos crudos y procesados.
- Metadatos completos.
- Referencias de localización.
- Registros fotográficos.
- Documentación requerida para validación y oficialización ante el IGAC, cuando aplique.