

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
6271**

2018-05-23

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.
ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**



E: GEOGRAPHIC INFORMATION. TOPOGRAPHIC STUDIES

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: estudios topográficos; topografía;
datum; información geográfica

I.C.S.: 35.240.70

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

Editada 2018-05-30

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 1595 de 2015.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 6271 fue ratificada por el Consejo Directivo de 2018-05-23.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 28 Normalización de la información geográfica.

ACADIT INGENIERÍA LTDA.	DEPARTAMENTO NACIONAL DE
AERONAUTICA CIVIL	PLANEACIÓN (DNP)
AGENCIA NACIONAL DE	DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA
HIDROCARBUROS	(DIMAR)
AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA	ESRI COLOMBIA
ANTEA SAS	FEDERACIÓN COLOMBIANA DE LONJAS
ATLAS INGENIERÍA	DE PROPIEDAD RAÍZ (FEDELONJAS)
COMANDO GENERAL DE LAS FUERZAS	FUERZA AEREA COLOMBIANA (FAC)
MILITARES	GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA	GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA
POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO	INFRAESTRUCTURA DE DATOS
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE	ESPACIALES PARA EL DISTRITO
TOPOGRAFÍA	CAPITAL (IDECA)
CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A	INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR
(CONCOL)	FAMILIAR (ICBF)
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL	INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
DE BOYACÁ	(IDU)
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
DE CHIVOR	METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL	AMBIENTALES DE COLOMBIA (IDEAM)
DE LA FRONTERA NORORIENTAL	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE	RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA	VON HUMBOLDT
(CORPOICA)	INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO	PROMOCIÓN DE SOLUCIONES
NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE)	ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO
	INTERCONECTADAS (IPSE)

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN
CODAZZI (IGAC)
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVÍAS)
INSTITUTO SINCHI: INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE DE LA AMAZONÍA
COLOMBIANA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y
DESARROLLO RURAL
MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE
MINISTERIO DE JUSTICIA Y DEL
DERECHO - OBSERVATORIO DE DROGAS
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
PARQUES NACIONALES NATURALES DE
COLOMBIA (PNN)
PROCÁLCULO
PROMIGÁS S.A. ESP
SELPER
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
(SGC)
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
(SENA)

SIGNATURE ING.
SOCIEDAD COLOMBIANA DE
AVALUADORES
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS
(SCI)
SOCIEDAD COLOMBIANA DE
TOPÓGRAFOS (SCT)
TOPOEQUIPOS S.A.
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPACIAL DE
CATASTRO DISTRITAL (UAECD)
UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO
ENERGÉTICA (UPME)
UNIDAD DE PLANIFICACIÓN RURAL
AGROPECUARIA (UPRA)
UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN
DEL RIESGO DE DESASTRES (UNGRD)
UNIVERSIDAD DE MANIZALES
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO
JOSÉ DE CALDAS
UNIVERSIDAD EAFIT
WGS LTDA.
WILCHES Y CIA. LTDA.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ACDI VOCA
AGENCIA DE IMPLEMENTACIÓN
ALCANOS DE COLOMBIA S.A. ESP
AM TOPOGRAFÍA
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
INGENIERÍA SÍSMICA
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
INGENIEROS
CAJA DE COMPENSACIÓN FAMILIAR DE
RISARALDA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA
DE ACEITE
CODENSA S.A. ESP
CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A.
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DE CUNDINAMARCA
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE
LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO
DRAWCOM
ECOPETROL S.A.
EMPRESA DE ACUEDUCTO,
ALCANTARILLADO Y ASEO DE BOGOTÁ
FLEXA INGENIERÍA Y
REPRESENTACIONES S.A.

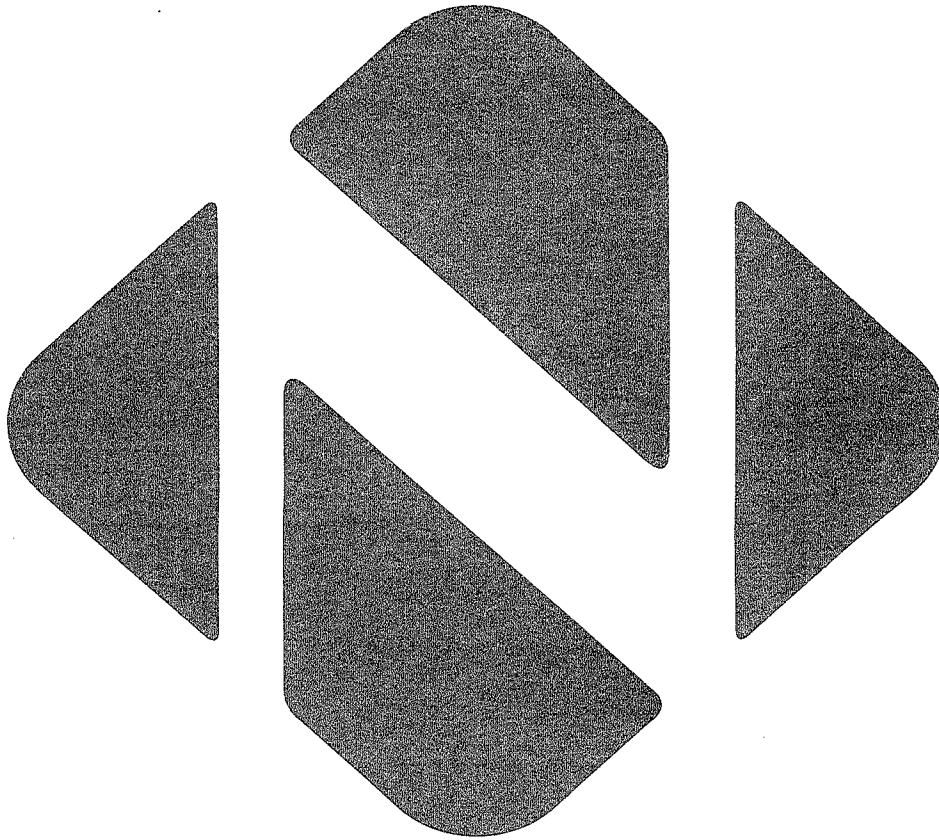
GEOCAM INGENIERÍA LTDA.
GEOINGENERÍA S.A.
GEOSPATIAL
HMV INGENIEROS LTDA.
INSTITUTO AMAZÓNICO DE
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI
INSTITUTO COLOMBIANO DE
DESARROLLO RURAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AMBIENTALES DEL PACÍFICO JOHN VON
NEUMANN
ITMA LTDA.
MINISTERIO DE TRANSPORTE
POLICÍA NACIONAL
RED DE UNIVERSIDADES PÚBLICAS DEL
EJE CAFETERO
REGISTRO NACIONAL DE
AVALUADORES
SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DE LA
GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA
SERVICIOS POSTALES NACIONALES S.A.
SERVIENTREGA S.A.
SOLUCIONES GEOINFORMÁTICAS SAS
TOPOEGAM
TOPOGRAFÍA LTDA.

UMWELT SERVICIOS PROFESIONALES
SAS
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL
AERONÁUTICA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
UNIVERSIDAD LIBRE
WANUSWA INGENIERÍA LTDA.

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN



CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	i
1. OBJETO	1
2. CAMPO DE APLICACIÓN	1
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	2
4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	2
5. CONVENCIONES	6
5.1 SÍMBOLOS.....	6
5.2 SIGLAS.....	6
6. INSTRUMENTACIÓN.....	7
6.1 CATEGORÍAS INSTRUMENTALES	8
6.2 INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS Y ACCESORIOS.....	8
6.3 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	10
7. REQUISITOS GENERALES DE UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	11
7.1 VERIFICACIÓN DE DESEMPEÑO INSTRUMENTAL	11
7.2 ADOPCIÓN DE <i>DATUM</i> HORIZONTAL Y VERTICAL OFICIALES DE COLOMBIA.....	11
7.3 GEORREFERENCIACIÓN DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO	12
7.4 PERFIL PROFESIONAL	13

8.	REQUISITOS ESPECÍFICOS DE UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	14
8.1	ADQUISICIÓN DE DATOS DE CAMPO	14
8.2	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	14
9.	CALIDAD DE LOS DATOS DIGITALES	27
9.1	GENERALIDADES	27
9.2	PRECISIÓN TOPOGRÁFICA DE CONTROL	31
10.	PRECISIÓN POSICIONAL PARA DATOS TOPOGRÁFICOS GEOESPACIALES DIGITALES	42
10.1	ESTANDAR ASPRS	43
	BIBLIOGRAFÍA	54
FIGURAS		
	Figura 1. Proyección cartesiana.....	30
	Figura 2. Comportamiento de las distancias en las proyecciones	31
	Figura 3. Representación de las precisiones 2D – Escala 1:1	39
	Figura 4. Representación de las precisiones 3D – Escala 1:2	40
TABLAS		
	Tabla 1. Clasificación de niveles óptico-mecánicos y electrónicos	10
	Tabla 2. Clasificación de teodolitos óptico-mecánicos y electrónicos	10
	Tabla 3. Clasificación de las estaciones totales	10
	Tabla 4. Clasificación de los receptores de posicionamiento satelital GNSS - GPS	11
	Tabla 5. Adquisición de datos de campo con niveles óptico-mecánicos y electrónicos	15

Tabla 6. Adquisición de datos de campo con teodolitos óptico-mecánicos y electrónicos	16
Tabla 7. Adquisición de datos de campo con estaciones totales.....	17
Tabla 8. Adquisición de datos de campo con receptores de posicionamiento satelital GNSS - GPS.....	18
Tabla 9. Adquisición de datos de campo con sensores remotos Escáner Láser Terrestre - TLS.....	19
Tabla 10. Adquisición de datos de campo con sensores remotos aerotransportados no tripulados - RPAS	20
Tabla 11. Adquisición de datos de campo con sensores remotos aerotransportados tripulados.....	21
Tabla 12. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con Niveles Óptico-Mecánicos y Electrónicos.....	22
Tabla 13. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con teodolitos óptico-mecánicos y electrónicos	23
Tabla 14. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con Estaciones Totales	23
Tabla 15. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con receptores de Posicionamiento Satelital GNSS - GPS	24
Tabla 16. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con sensores remotos Escáner Láser Terrestre - TLS	25
Tabla 17. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con sensores remotos aerotransportados no tripulados - RPAS	25
Tabla 18. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con sensores remotos aerotransportados tripulados	26
Tabla 19. Estándar de precisión horizontal en posicionamiento satelital, alturas elipsoidales, niveladas y normales.....	29

Tabla 20. Rutina de control en campo para aseguramiento de calidad y precisión de poligonales.....	32
Tabla 21. Estándares mínimos de exactitud de cierre altimétrico	33
Tabla 22. Rutina de control en campo para aseguramiento de calidad y precisión de nivelaciones	33
Tabla 23. Matriz JAWG de aseguramiento de la calidad de estudios topográficas digitales.....	38
Tabla 24. Estándar de precisión horizontal para datos geoespaciales digitales.....	44
Tabla 25. Precisión de aero triangulación y control de tierra. Requisitos para orto imágenes - solo datos planimétricos.....	44
Tabla 26. Ejemplos de precisión de orto imágenes digitales para cámaras métricas actuales de mediano y gran formato	45
Tabla 27. Ejemplos de precisión horizontal para ortomágenes digitales interpretada desde el estándar ASPRS1990	46
Tabla 28. Precisión/calidad horizontal. Ejemplos de alta precisión de datos planimétricos digitales	47
Tabla 29. Errores horizontales esperados (RMSEr) para datos LIDAR, en términos de altura de vuelo	48
Tabla 30. Estándar de precisión vertical para datos de elevación digital.....	49
Tabla 31. Estadística de Precisión NSSDA. Ejemplo de un conjunto de datos con coordenadas 3D.....	53

INTRODUCCIÓN

En el campo de la Geomática y, en particular, en proyectos de ingeniería que requieren de la topografía como elemento estratégico para su desarrollo, se han presentado importantes avances que han impactado directamente la metodología para ejecutar los estudios de topografía, introduciendo con ello técnicas mucho más complejas y completas que permiten obtener resultados conformes con las normas de calidad vigentes a escala nacional, aplicables a la captura de datos primarios (distancias, ángulos horizontales y verticales y direcciones), procesamiento de información primaria (coordenadas, elevaciones, áreas y volúmenes) y demás atributos que redundan en su correspondiente representación morfológica sobre un plano, a una determinada escala que permita su comprensión.

Lo anterior, ayudado por nuevas técnicas de posicionamiento y navegación de alta precisión, constituye el método básico para estudios topográficos, mediante la adopción de un sistema global de referencia, en el cual se unifican los conceptos de medición sobre la superficie terrestre.

Estas tendencias, actualmente son incorporadas por las empresas, como estrategia para optimizar los diseños y los estudios técnicos complementarios en otros campos o áreas de interés. Sin embargo, al partir de la base de que las complicaciones actuales fundamentalmente radican en la ausencia de una estrategia de gestión integradora, coordinada y activa para adoptar requerimientos comunes que sean tomados y aplicados por todas las entidades que ejecutan proyectos de ingeniería, a fin de proveer información confiable, verdadera, coherente y actualizada, se presentan a lo largo del documento, criterios, lineamientos y directrices para ser utilizadas en todo el país, independientemente del área, sector o entidad que lo desarrolle.

La topografía está implícita en el desarrollo de la sociedad, por intermedio de la cuantificación de datos geográficos y la interpretación de estos. Los estudios topográficos están presentes antes, durante y después de los proyectos de ingeniería e infraestructura (agrimensura, urbanismo, trazados, catastral, triangulaciones y astronomía de posición)¹, siendo estos básicos para crear, diseñar y ejecutar proyectos a partir de datos que cumplan los criterios de precisión y calidad compatibles con los establecidos en las normas adoptadas por la comunidad internacional.

En primera instancia, los estudios topográficos tienen como objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales, a partir del proceso y el análisis de los datos extractados del modelo físico, mediante la aplicación de procedimientos de adquisición y principios matemáticos de procesamiento que permiten determinar la posición geográfica del conjunto de puntos que componen la representación gráfica, cumpliendo con los criterios de precisión y calidad compatibles con las normas técnicas internacionales.

¹ Art. 01, Decreto Reglamentario 690 de 1981 de la Ley 70 de 1979.

Esta NTC relaciona los instrumentos más utilizados en estudios topográficos y presenta lineamientos en forma general para una correcta captura, procesamiento y control, al igual que las condiciones de aceptación o rechazo de los servicios y productos elaborados.

En Colombia, se ejecutan proyectos donde los estudios topográficos no se enmarcan en una norma compatible con las normas internacionales, bien sea por la interpretación particular de procedimientos y técnicas por parte de los ejecutores, por el uso de métodos de adquisición no apropiados o porque el procesamiento y el análisis de resultados no cumple los criterios de precisión y calidad requeridos para el objeto de los estudios. Esta problemática generó la necesidad de redactar esta norma, con el objeto de normalizar las actividades inmersas en los estudios topográficos que se ejecuten en Colombia por entidades públicas y privadas, con profesionales reconocidos por ley para ejercer la topografía en Colombia, acreditados por el CPNT y/o el COPNIA.

Esta norma orienta a los profesionales de la topografía para establecer lineamientos propios de adquisición de datos, protocolos para procesamiento de estos, criterios de calidad, precisión y entregables de un estudio topográfico como producto geográfico compatible con las normas técnicas colombianas e internacionales. No obstante, y 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 establecidos por esta norma.

La razón de ser de la norma se encuentra soportada por la política nacional de Información Geográfica (IG) contenida en el documento CONPES 3585 el cual, en materia de estandarización y documentación de IG establece: *"Todas las entidades del Estado y aquellas de carácter mixto o privado que ejerzan funciones públicas deberán seguir en la producción o adquisición de IG, los lineamientos y normas técnicas definidas en el marco del Comité Técnico de Normalización de la Información Geográfica 028 de ICONTEC en el cual participan instituciones que integran la ICDE"* (CONPES 3585 de 2009, p.6)

De acuerdo con la Ley 70 de 1979 art. 1: *"La topografía es una profesión destinada a la medición, representación, configuración de accidentes, relieve y proporciones de extensiones geográficas limitadas"*

La Sentencia C-1213 de 2001 de la Corte Constitucional en uno de sus apartes afirma: *"La topografía es una actividad de tipo técnico, que exige conocimientos específicos sobre las características de los terrenos, geografía, relieves, técnicas de medición, levantamientos topográficos, planimetría, manejo y administración de equipos medidores, tales como grafómetro y brújula topográfica o declinatoria. El riesgo social que implica el ejercicio de la topografía consiste en que, como área del conocimiento, constituye una ciencia o técnica auxiliar de las ingenierías o la arquitectura, en tanto el resultado de sus actividades son fundamentos de prefactibilidad, factibilidad o de estudios técnicos para la construcción, restauración, mantenimiento y rehabilitación de una obra civil, a tal punto que los ingenieros o arquitectos deben partir de los estudios realizados por los topógrafos, dándolos por ciertos y con fundamento en ellos, participar en licitaciones o concursos públicos y construir la obra, entre otros, cuya destinación y beneficiario es la misma comunidad, ya desde el punto de vista individual o colectivo"*.

La Sentencia C-1213 de 2001 en otro de sus apartes cita: *"Al exigir el título de idoneidad a los topógrafos, el Congreso está protegiendo el riesgo social. En efecto, los levantamientos topográficos para una carretera, un túnel, un hospital, no pueden dejarse en manos de personas, sin la capacitación adecuada cuyo reconocimiento expreso se efectúa, a través del título y por haber adquirido un saber determinado en una institución de educación superior"*

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

debidamente aprobada; al hacerlo, se pondría en peligro a quienes de una u otra manera utilicen edificaciones que fueron construidas sin los estudios calificados del terreno.

Para llevar a cabo lo anterior, y ya que dichas actividades implican un riesgo social y cuya información tiene características de Fe Pública, la topografía solo podrá ser ejercida por Profesional en Topografía, Titulado, Licenciado o Matriculado.

Lo expuesto anteriormente está sujeto a lo establecido en el Código de Ética de la Ingeniería, contenido en la Ley 842 de 2003, y es exigible por las Resoluciones 0462 y 0463 del 13 de julio de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos técnicos básicos y las condiciones mínimas exigibles para la adecuada ejecución de estudios de topografía en el territorio nacional, destinados a:

- 1) determinar los requisitos técnicos mínimos exigibles a tener en cuenta por las entidades del Estado y aquellas de carácter mixto o privado, para la formulación de pliegos de contratación, invitaciones a cotizar y órdenes de trabajo de un estudio topográfico;
- 2) garantizar la calidad de los datos adquiridos y los resultados representados en los entregables de un estudio topográfico; referenciados al *Datum* oficial horizontal y vertical para el territorio nacional;
- 3) estandarizar todas las actividades inmersas en los estudios topográficos que se ejecuten en Colombia por entidades públicas y privadas, con profesionales reconocidos por ley para ejercer la topografía en el territorio nacional, acreditados por el CPNT y/o el COPNIA.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

La actual norma describe los requisitos mínimos para la toma de datos y la presentación de los resultados generados en un Estudio Topográfico, articulando la producción, la disponibilidad, el acceso y la utilización de la Información Geográfica (IG) generada [CONPES 3585].

Esta norma es aplicable a entidades del Estado y aquellas de carácter mixto o privado que en sus actividades tengan inmerso el componente de IG, demanden y realicen estudios topográficos o ejerzan actividades de ingeniería, académicas, de supervisión, auditoría técnica, reglamentación, consultoría, peritaje, concepto técnico o arbitramiento en el territorio nacional.

Esta norma sirve como guía para la estructuración de procesos de contratación, elaboración de pliegos de condiciones o términos de referencia. No obstante, en esta norma no se establecen tratamientos particulares; por el contrario, se determinan aspectos generales que pueden ser considerados en cualquier tipo de estudio topográfico.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 5204:2003, Precisión de redes geodésicas.

NTC 5661, Información geográfica. Método para catalogación de objetos geográficos.

NTC 5662, Información Geográfica. Especificaciones técnicas de productos geográficos.

NTC-ISO 80000-1, Cantidades y unidades. Parte 1: Generalidades.

ASPRS *Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data* (Edition 1, Version 1.0. - November, 2014).

FGDC (*Federal Geographic Data Committee*) Estándar de precisión de posicionamiento geoespacial del comité federal de datos geográficos.

IGAC, Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS. 1997.

IGAC Resolución 068 del 28 de enero de 2005. "Por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS".

ISO 8601, *Data Elements and Interchange Formats. Information Interchange. Representation of Dates and Times*.

ISO 17123, *Optics and Optical Instruments. Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments. (Parts 1 to 8)*

ISO 12858, *Optics and Optical Instruments. Ancillary Devices for Geodetic Instruments. (Parts 1 to 3)*

NSSDA (*National Standard for Spatial Data Accuracy*). Estándar Nacional de Datos Espaciales de Precisión.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

4.1 altitud. Distancia vertical desde el punto considerado hasta la superficie del nivel medio del mar.

4.2 altura elipsoidal (h). Distancia vertical de un punto respecto al elipsoide de referencia.

4.3 altura geoidal (H). También conocida como altura ortométrica (H). Distancia vertical de un punto respecto a una superficie de referencia, generalmente el nivel medio del mar.

4.4 azimut. Ángulo que forma una línea con la dirección Norte-Sur, medido de 0° a 360° en el sentido de las manecillas del reloj.

- 4.5 azimut de cuadrícula.** Azimut de una línea que une dos puntos referidos a un meridiano norte cuadricular.
- 4.6 azimut geodésico.** Azimut de una línea que une dos puntos referidos a un meridiano geodésico.
- 4.7 calidad.** Conjunto de características de los datos geográficos que describen su capacidad para satisfacer las necesidades establecidas e implícitas.
- 4.8 catálogo de objetos.** Primera aproximación a una representación abstracta y simplificada de la realidad, en una estructura que organiza los tipos de objetos espaciales, sus definiciones y características (atributos, relaciones y operaciones).
- 4.9 catálogo de representación (o catálogo de símbolos).** Documento que recopila la información de la simbología que responde a las necesidades gráficas para cada uno de los objetos del catálogo de objetos geográficos; es, además, el insumo básico para conformar la base de datos de símbolos que represente gráficamente la información geográfica digital.
- 4.10 coordenadas.** Cantidades lineales o angulares que designan la posición ocupada por un punto en un sistema de referencia.
- 4.11 cota.** Cifra que representa la altitud de un punto, con respecto a un plano horizontal o nivel de referencia.
- 4.12 curva de nivel.** Línea imaginaria que representa puntos del terreno que tienen la misma elevación con respecto al nivel de referencia común.
- 4.13 dato Geográfico.** Dato con referencia implícita o explícita a una ubicación relativa a la tierra.
- 4.14 datum geodésico.** Orientación y ubicación del elipsoide asociado a un sistema coordenado X, Y, Z. Si es geocéntrico, se tendrá un *datum* geodésico geocéntrico o global, si es local se tendrá un *datum* geodésico local.
- 4.15 datum horizontal.** Punto de referencia geodésico para los levantamientos de control horizontal, del cual se conocen los valores latitud, longitud y azimut de una línea a partir de este punto y los parámetros del elipsoide de referencia. Es aquel donde las coordenadas de latitud y longitud están referidas al elipsoide y se definen independientemente de la altura geoidal (H).
- 4.16 datum vertical.** Cualquier superficie nivelada (por ejemplo, el nivel medio del mar) que se toma como superficie de referencia, a partir de la cual se calculan las elevaciones. Usualmente se escoge el geoide, el cual es la superficie equipotencial del campo gravitacional terrestre que mejor se aproxima al nivel medio del mar. Las alturas referidas al geoide se llaman alturas ortométricas (H) y son las que usualmente se encuentran representadas en las cartas topográficas.
- 4.17 error.** Diferencia entre el valor observado o calculado de una cantidad y el valor ideal o verdadero de la misma.
- 4.18 escala.** Es la razón o relación constante que hay entre la distancia sobre un mapa, plano o fotografía aérea y la distancia medida sobre el terreno representado. Se puede expresar mediante la siguiente expresión: $\text{Escala} = \text{medida del plano} / \text{medida del terreno}$.

$$\text{Escala} = \frac{\text{Medida del plano}}{\text{Medida del terreno}}$$

4.19 especificación técnica. Documento en el que se definen las normas y los estándares existentes por aplicar, exigencias y procedimientos que se van a emplear y aplicar en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios y fabricación de equipos.

(EJEMPLO NTC 5662 Información geográfica. Especificaciones técnicas de productos geográficos)

4.20 estándar técnico. Propiedad que garantiza la uniformidad en los métodos de capturar, representar, almacenar y documentar la información.

4.21 estudio topográfico. Estudio de un conjunto de factores y geo ciencias para georreferenciar y graficar la forma del Planeta Tierra en planimetría y altimetría, así como sus modificaciones para representarlas en escalas grandes, obteniendo su ubicación, áreas, distancias, y pendientes, entre otros.

4.22 exactitud. Proximidad existente entre el valor medido y un valor verdadero de una magnitud. Por tanto, una medición será más exacta, cuanto menor sea el error de medida o cuando ofrece una incertidumbre de medida más pequeña.

4.23 geoide. Superficie equipotencial del campo gravitatorio de la tierra que es perpendicular en cada uno de los puntos a la dirección de la gravedad, y cuyo mejor ajuste es el nivel medio del mar.

4.24 geomática. Término científico moderno que hace referencia a la integración de los conocimientos de mediciones, análisis, manejo, almacenamiento, recuperación y despliegue de datos espaciales concernientes tanto a las características físicas de la Tierra como a la estructura territorial y del ambiente.

4.25 georreferenciación. Localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y *datum* determinado.

4.26 marco de referencia. Materialización de un sistema de referencia mediante un conjunto de puntos reales, cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado. Dicho conjunto de puntos se conoce en inglés como *reference frame*.

4.27 metadato. Conjunto de datos acerca del contenido, calidad, condición u otras características de los datos.

4.28 modelo digital de elevación. Conjunto de datos de valores de elevación que son asignados algorítmicamente a coordenadas bidimensionales.

4.29 modelo digital de terreno. Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua. Representa la superficie de suelo desnudo y sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios.

4.30 nivelación. Conjunto de operaciones destinadas a calcular las diferencias de altitud entre dos o más puntos de un terreno, en relación con un plano de referencia horizontal.

4.31 nivelación geométrica. Determinación de la diferencia de altura geoidal (H) entre dos o más puntos con respecto a un *datum* vertical.

4.32 NP. Punto materializado que forma parte de la red de referencia vertical para Colombia y posee información de la altura geoidal (H) referida al nivel medio del mar.

4.33 objeto geográfico. Representación abstracta de un determinado elemento o fenómeno del mundo real asociado a una localización espacial y temporal, con características específicas que lo diferencian de otros tipos de objetos.

4.34 ortofotografía. (Del griego *Orthós*: correcto). Presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

4.35 planimetría. Conjunto de métodos y procedimientos que permiten representar a escala, detalles del terreno sobre una superficie plana; se representa en una proyección horizontal.

4.36 plano topográfico local (PTL). Sistema de proyección cartesiana que equivale a una representación conforme del elipsoide sobre un plano paralelo al tangente, que rozaría al elipsoide en el punto de origen (latitud origen y longitud origen). La proyección del meridiano que pasa por este punto representa el eje de la coordenada norte. No obstante, los puntos sobre el elipsoide y los equivalentes proyectados sobre el plano no tienen una relación geométrica; esta es puramente matemática. El plano de proyección se define sobre la altitud media del área que se va a representar.

4.37 poligonal. Serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en campo.

4.38 poligonal abierta. Tipo de poligonal que se origina en un punto y azimut de posición conocida y termina en un punto y azimut de posición desconocida.

4.39 poligonal cerrada. Tipo de poligonal que se origina en un punto y azimut de posición horizontal conocidos y cierra en otro punto y azimut de posición horizontal conocidos. También conocida como poligonal punto a punto controlada.

4.40 poligonal de circuito. Poligonal que se origina y concluye en el mismo punto y azimut de posición horizontal conocidos.

4.41 precisión. Medida de la repetitividad de un conjunto de medidas. Grado de cumplimiento de las observaciones, en relación con su valor real, siendo desconocido, el valor más probable es el que se considera como la media aritmética de estas observaciones o cumple con el 95 % de nivel de confiabilidad.

4.42 proyección ortofotográfica. Proyección geométrica sobre un plano tangente con líneas de proyección paralelas entre sí y perpendiculares al plano tangente, aplicada en la Ortofotografía.

4.43 sistema de referencia. Conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que definen en cualquier momento, la orientación, la ubicación y la escala de los tres ejes coordenados (X, Y, Z).

4.44 topografía. La topografía es una profesión destinada a la medición, representación, configuración de accidentes, relieve y proporciones de extensiones geográficas limitadas.

4.45 topometría. Técnica de georreferenciar y medir con exactitud las construcciones e infraestructura industrial, monumentos patrimoniales, y toda obra de arte que modifique las formas originales del Planeta Tierra.

5. CONVENCIONES

En este numeral se tratan los principales símbolos y abreviaturas contenidas en la presente norma.

5.1 SÍMBOLOS

La simbología de un estudio topográfico debe estar sujeta a lo descrito en la NTC 5661, la cual especifica la metodología para determinar la estructura (catálogo) con la cual se organizan los tipos de objetos geográficos, sus definiciones y características (atributos, relaciones y operaciones); de igual forma, unifica las características de los catálogos de objetos, de tal manera que sean integrables, homologables y fácilmente comprensibles, con el fin de permitir la creación, la revisión y la actualización de catálogos y diccionarios de datos, estableciendo pruebas de conformidad para su validación. La estandarización de símbolos y diccionarios es responsabilidad de la coordinación de las IDE.

5.2 SIGLAS

Se relacionan a continuación las principales abreviaturas contenidas en la presente norma.

5.2.1 Siglas en español

CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COPNIA	Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
CPNT	Consejo Profesional Nacional de Topografía
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
IG	Información Geográfica
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales
ICDE	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales
LTM	Local Transversal de Mercator
MAGNA	Marco Geocéntrico Nacional de Referencia
NTC	Norma Técnica Colombiana
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia
PTL	Plano Topográfico Local
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

5.2.2 Siglas en inglés

ASPRS	Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (<i>American Society of Photogrammetry and Remote Sensing</i>)
CORS	Estación de referencia de operación continua (<i>Continuously Operating Reference Stations</i>)
EDM	Medición electrónica de distancia (<i>Electronic Distance Measurement</i>)
FGDC	Estándar de Precisión de Posicionamiento Geoespacial del Comité Federal de Datos Geográficos (<i>Federal Geographic Data Committee</i>)
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite (<i>Global Navigation Satellite Systems</i>)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (<i>Global Positioning System</i>)
GSD	Distancia de muestra de tierra (<i>Ground Sample Distance</i>)
HTRW	Residuos Peligrosos, Tóxicos y Radiactivos (<i>Hazardous, Toxic and Radioactive Waste</i>)
IGS	Servicio Internacional de GNSS (<i>The International GNSS Service</i>). Estándar para sistemas mundiales de navegación por satélite
IMU	Unidad de Medición Inercial (<i>Inertial Movement Unit</i>)
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>International Organization for Standardization</i>)
LIDAR	Detección y Medición por Luz (<i>Light Detection And Ranging</i>)
NMAS	Estandares de precisión de mapas nacionales (<i>National Map Accuracy Standards</i>)
NSSDA	Estándar Nacional de Datos Espaciales de Precisión (<i>National Standard for Spatial Data Accuracy</i>)
NVA	Precisión Vertical sin Vegetación (<i>Non-vegetated Vertical Accuracy</i>)
RMSE	Raíz del Error Cuadrático Medio (<i>Root Mean Square Error</i>)
RTK	Navegación Cinética Satelital en Tiempo Real (<i>Real Time Kinematic</i>)
VVA	Precisión Vertical con Vegetación (<i>Vegetated Vertical Accuracy</i>)

6. INSTRUMENTACIÓN

En la ejecución de todo estudio topográfico se debe utilizar el equipo que garantice la confiabilidad, de acuerdo con los fines por cumplir. La siguiente clasificación de equipos, instrumentos y accesorios, permite identificar los más apropiados, con base en los requerimientos de tiempo (rendimiento), calidad y precisión.

6.1 CATEGORÍAS INSTRUMENTALES

Los instrumentos utilizados para ejecutar estudios topográficos se encuentran definidos en tres categorías delimitadas por sus características físicas de fabricación mecánica, óptica y/o electrónica, así:

6.1.1 Categoría I

Instrumentos de medición topográfica directa sobre el terreno que no emplea la electrónica para su operación y son denominados instrumentos convencionales.

- teodolito y
- nivel óptico-mecánico.

6.1.2 Categoría II

Instrumentos de medición topográfica directa sobre el terreno que además de su componente óptico-mecánico, requieren el empleo de electrónica para su operación.

- teodolito digital,
- nivel electrónico,
- estación total (ET),
- medidor electrónico de distancia (MED),
- nivel láser y
- receptor de posicionamiento satelital (GNSS - GPS).

6.1.3 Categoría III

Instrumentos de medición topográfica indirecta sobre el terreno o sus elementos, los cuales requieren de otros sistemas de apoyo tales como GNSS, para controlar el producto. Esta norma incluye para esta categoría:

- escáner láser fijo y
- escáner láser móvil (terrestre y aéreo).

En esta categoría existen otros instrumentos tales como: ecosonda, georradar, cámara métrica para fotogrametría, radar de apertura sintética, brújula cuántica entre otros. Sin embargo, en esta norma no se contemplan.

6.2 INSTRUMENTOS COMPLEMENTARIOS Y ACCESORIOS

Son los instrumentos y accesorios que complementan la instalación y funcionalidad de los instrumentos incluidos en las categorías I, II y III.

6.2.1 Instrumentos complementarios

Se debe entender como instrumentos complementarios aquellos que no son necesarios para la medición topográfica, sin embargo, el uso de estos instrumentos puede repercutir en una mayor calidad del resultado de la medición o ayuda para la verificación de este.

- IMU,
- cámara digital,
- brújula,
- altímetro,
- odómetro,
- termómetro,
- barómetro,
- distanciómetro de mano,
- navegador GNSS,
- nivel Abney y
- nivel Locke.

6.2.2 Accesorios

Son componentes o dispositivos necesarios para la medición topográfica.

- objetivo (señal de puntería)
- nivel de burbuja circular
- cinta métrica,
- plomada,
- mira,
- prisma y reflector,
- bastón,
- base nivelante y
- trípode y bípode.

Los equipos complementarios y los accesorios se deben revisar periódicamente, en especial durante proyectos a largo plazo. Para cada caso en particular se deben aplicar para su calibración o verificación, las normas ISO 17123 (Partes 1 a 8) e ISO 12858 (Partes 1 a 3), las normas ISO vigentes relacionadas con instrumentos y accesorios y las NTC vigentes que apliquen con el objeto de eliminar errores instrumentales.

6.3 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS

En las Tablas 1 a 4 se define la clasificación de los equipos conforme con las clases, precisiones de fabricación, especificaciones y aplicaciones.

Tabla 1. Clasificación de niveles óptico-mecánicos y electrónicos

Especificaciones			Precisión Instrumental mm/km	Aplicaciones
Diámetro del objetivo (cm)	Sensibilidad del nivel (Segundo, ")	Aumento		
2,5 a 3,8	70" a 40"	≥ 20x	≤ 2,5	Control de obra civil
2,5 a 4,5	60" a 30"	≥ 28x	≤ 1,5	Redes de nivelación en proyectos urbanos, viales, hidroeléctricos, control de montajes industriales
3,8 a 5,1	40" a 10"	≥ 32x	≤ 1,0	Monitoreo de deslizamientos, asentamientos de edificaciones, redes de nivelación geodésica y geo científicos

Tabla 2. Clasificación de teodolitos óptico-mecánicos y electrónicos

Precisión angular instrumental (Segundo, ")	Aplicaciones
≤ 20"	Replanteos y estudios planimétricos, con especificaciones técnicas de precisión de cierre horizontal ≤ 1:5 000
≤ 10"	Consultoría y replanteo de obras civiles, con especificaciones técnicas de precisión de cierre horizontal > 1:5 000 y ≤ 1:10 000
≤ 5"	Para montajes industriales, con especificaciones técnicas de precisión de cierre horizontal ≥ 1:10 000
≤ 2"	Aplicaciones geodésicas y observaciones astronómicas

Tabla 3. Clasificación de las estaciones totales

Precisión angular instrumental	Precisión lineal	Aplicaciones
≤ 10"	≥ (5 mm + 10 ppm x D)	Para especificaciones técnicas de precisión de cierre horizontal ≤ 1:5 000
≤ 5"	≥ (5 mm + 5 ppm x D)	Para especificaciones técnicas de precisión de cierre horizontal > 1:5 000 y ≤ 1:20 000
≤ 2"	≥ (2 mm + 2 ppm x D)	Para especificaciones técnicas de precisión de cierre horizontal ≥ 1:20 000

Tabla 4. Clasificación de los receptores de posicionamiento satelital GNSS - GPS

Tipo de instrumento	Frecuencia	Observable	Precisión instrumental en metros	Aplicaciones
Navegador	L1	Datos de código C/A	≤ 10 m	No apto para estudios topográficos
Navegador Sub-métrico Diferencial	L1	Datos de código C/A	≤ 1 m	No apto para estudios topográficos - Aptos para SIG
GPS Una Frecuencia Diferencial	L1	Datos de código C/A, y Portadora de Fase	≤ 0,5 m	Aptos para estudios topográficos a escalas pequeñas
GPS Doble Frecuencia	L1, L2	Datos de código C/A, P, y Portadora de Fase	≤ 0,02 m	Aptos para estudios topográficos de precisión a escalas grandes, construcción de redes geodésicas de alta precisión, estudios topográficos y geodésicos que involucren movimientos geodinámicos, entre otros
GNSS Multi Frecuencia	L1, L2, L2C, L5, E5, E, &, E2, E1			

La precisión y la clasificación de los equipos incluidos en las categorías establecidas en la presente norma, están determinadas por el fabricante, de acuerdo con los procedimientos y/o las especificaciones técnicas. En todo caso, debe guardar correspondencia con lo establecido por las normas ISO 17123 (Partes 1 a 8), ISO 12858 (Partes 1 a 3) y las normas generadas por el Comité Técnico ISO/TC 172/SC 6 - *Geodetic and Surveying Instruments*.

7. REQUISITOS GENERALES DE UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO

En este numeral se describen los requisitos generales que debe cumplir un estudio topográfico.

7.1 VERIFICACIÓN DE DESEMPEÑO INSTRUMENTAL

Todos los equipos deben someterse a la prueba de verificación instrumental *in situ*, cada vez que se inicie un proyecto y durante su ejecución, del mismo modo deben someterse a este procedimiento periódico, como mínimo una vez al mes.

Todos los instrumentos incluidos en las categorías I, II y III empleados en la ejecución de un estudio topográfico, deben contar con el respectivo certificado de calibración, expedido por un laboratorio debidamente acreditado por el ONAC u organismo de acreditación cubierto por acuerdos de reconocimiento mutuo o bilateral. Estos certificados tienen una vigencia máxima de seis meses.

El certificado de calibración debe ir acompañado de un informe que contenga los equipos patrón, la trazabilidad de los valores patrón utilizados, la metodología de calibración empleada y los valores de corrección realizados.

7.2 ADOPCIÓN DE DATUM HORIZONTAL Y VERTICAL OFICIALES DE COLOMBIA

Los estudios topográficos que se ejecuten en Colombia deben adoptar como *datum* horizontal oficial el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS [Resolución 068, enero

² Para los equipos GNSS se verifica el estado de funcionamiento y la calibración de la variación del centro de fase de la antena emitida por National Geodetic Survey (NGS).

28 de 2005]. El modelo de geoides es GEOCOL 2004 o el más reciente, y el *datum* vertical para referir todo tipo de mediciones de alturas sobre el nivel del mar es BUENAVENTURA.

Donde no se cuente con cobertura de la red de estaciones pasivas o de NP de la Red de Nivelación Geodésica Nacional, se debe aplicar la metodología definida por el IGAC. (Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS. IGAC - 1997).

Lo anterior contempla las futuras modificaciones o las definiciones oficiales de los marcos de referencia espacial del país.

7.3 GEORREFERENCIACIÓN DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para satisfacer la condición 7.2 “ADOPCIÓN DE LOS *DATUM* HORIZONTAL Y VERTICAL OFICIALES DE COLOMBIA”, el estudio topográfico debe densificar localmente estos sistemas de referencia oficiales mediante la materialización de puntos, creando así el marco de referencia del proyecto; de este nuevo marco partirán todas las mediciones por realizar en el estudio topográfico cumpliendo con las especificaciones de localización geográfica del proyecto.

7.3.1 Criterios para la Materialización

Se recomienda que el sitio donde ocurra la materialización garantice las siguientes condiciones:

- **Perdurabilidad:** los vértices que se materialicen deben garantizar su permanencia en el tiempo, por lo cual el sitio elegido debe contar con las condiciones que permitan evitar que se presente deterioro o desplazamiento del monumento que impliquen cambios en los valores de coordenadas obtenidas. Estos sitios no se deben encontrar dentro de obras o infraestructura de fácil remoción, como por ejemplo puentes, cabezotes de obras, glorietas, entre otros.
- **Horizonte:** el sitio elegido debe contar con un horizonte despejado, libre de obstáculos como cuerpos de agua, vegetación densa, fuentes de energía (transformadores, motores, transmisores), antenas de comunicación receptoras y emisoras, construcciones y todo aquello que interfiera o desvíe la medición.
- **Inter-visibilidad:** la materialización del marco de referencia debe hacerse, de tal forma que cada par de monumentos tengan inter-visibilidad, para que uno haga las veces de señal de azimut de su pareja correspondiente, permitiendo así la ejecución de trabajos con instrumentos ópticos.
- **Estabilidad:** el sitio seleccionado para cada monumento debe ser en terreno firme, evitando pendientes fuertes, terrenos inestables por presencia de flujo de líquidos, deslizamientos, sedimentos, pantanos, terrenos fangosos, hundimientos o riveras de los ríos, así como en sectores rocosos susceptibles a ser deleznable en eventos de sismos de baja a mediana magnitud.
- **Accesibilidad:** el sitio elegido debe ser de fácil acceso que permita, de manera continua el ingreso del personal y los instrumentos de medición.

7.3.2 Materialización

Se definen dos formas de materialización, las cuales deben satisfacer las condiciones del numeral 7.3.1:

- a) **Marca permanente monumentada.** Esta marca consiste en la construcción en concreto de un monumento en terreno natural con las características de estructura y dimensión requeridas, la cual puede o no sobresalir del nivel del terreno.
- b) **Marca permanente incrustada.** Esta marca consiste en la incrustación de un elemento rígido perdurable metálico, en la superficie dura de andenes, sardineles o placas de concreto del área de estudio que no sean susceptibles a ser removidas en corto plazo.

Sin embargo, independientemente de la forma de materialización, los puntos del marco de referencia del proyecto deben estar debidamente marcados, mediante elementos que impidan su extracción y permitan su perdurabilidad bajo condiciones climáticas adversas.

Como mínimo, la marca permanente debe contener:

- **Centro punto.** Punto guía para el centrado y armado instrumental;
- **Código.** Identificador único del punto respecto a los demás puntos que componen el marco de referencia del proyecto,
- **Contacto.** Nombre de la empresa ordenadora del proyecto.
- **Año.** Corresponde al año de monumentación del punto.

7.3.3 Georreferenciación

Las bases o puntos de partida para la georreferenciación de un estudio topográfico deben ser resultado de mediciones GNSS u electroópticas, y su traslado de coordenadas es a partir de mínimo dos vértices medidos desde puntos que pertenezcan a los marcos oficiales de referencia horizontal y mínimo dos puntos del marco de referencia vertical. Esta georreferenciación debe garantizar una precisión absoluta de la posición entre $\pm 0,010$ m y $\pm 0,050$ m conforme a lo establecido en la NTC 5204:2003, Numeral 4.1 Estándares de precisión, Tabla 1 Orden 4, 5, 6, o la que la modifique o reemplace; lo anterior con el fin de asegurar las precisiones requeridas en los cierres angulares y de distancia. La cantidad de puntos materializados y la distancia entre estos dependen únicamente del alcance del proyecto y se establecen en la Matriz JAWG de Aseguramiento de la Calidad de Estudios Topográficos digitales, contenida en Tabla 23 de esta norma.

Se aclara que el cálculo de coordenadas en un estudio topográfico debe referirse a la época del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA SIRGAS dada por las coordenadas certificadas IGAC.

7.4 PERFIL PROFESIONAL

Todo estudio topográfico debe ser ejecutado por:

- Tecnólogo o Técnico Profesional en Topografía, con licencia profesional vigente, expedida por el Consejo Profesional Nacional de Topografía-CPNT, cumpliendo los requisitos establecidos en la Ley 70 de 1979, Decreto Reglamentario 690 de 1981 o aquellas que las derogue o modifique.

- Ingeniero Topográfico, con matrícula profesional vigente expedida por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería-COPNIA, cumpliendo los requisitos establecidos en la Ley 842 de 2003 o aquella que la derogue o modifique.

8. REQUISITOS ESPECÍFICOS DE UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Todo estudio topográfico debe cumplir con requisitos específicos dentro de protocolos que garanticen la calidad en cuanto a precisión y cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas. Para tal efecto, se requieren tres etapas a saber: adquisición de datos de campo, procesamiento de información y entregas.

8.1 ADQUISICIÓN DE DATOS DE CAMPO

La primera etapa de un estudio topográfico es la toma de información en campo. La estructura de los datos, densidad y precisión con que se adquieren determina la fidelidad de representación por obtener a partir de un modelo físico. En las Tablas 5 a 11 se detalla de acuerdo con el instrumento empleado, el protocolo por seguir para la obtención de datos de campo, de manera que la toma de información completa y necesaria permita un procesamiento satisfactorio y garantice la calidad exigida, para su representación en un modelo.

8.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El procesamiento de la información debe estar soportado con datos fidedignos, validados con los registros crudos almacenados en los dispositivos de memoria o carteras en copia dura originales de campo, que garanticen que el 100 % de los datos corresponden a las lecturas de campo inalteradas.

En las Tablas 12 a 18 se detalla, de acuerdo con el instrumento empleado, el protocolo por seguir en la etapa de procesamiento de los datos de campo, de manera que se garantice un procesamiento satisfactorio y en concordancia con la calidad exigida, unos resultados gráficos y numéricos que sean correspondientes con el modelo físico de origen.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 5. Adquisición de datos de campo con niveles óptico-mecánicos y electrónicos

Nro.	Estado del equipo		
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico De acuerdo con la Tabla 1	
2	Ubicación y armado del instrumento	Instalar y nivelar el instrumento conforme a los procedimientos descritos en el manual de usuario del fabricante.	
3	Condiciones que debe reunir el instrumento	Verificación <i>in situ</i> del instrumento	Comprobación <i>in situ</i> del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental
			Verificación de vigencia de los certificados de calibración emitidos por los laboratorios autorizados y/o fabricante Validación del reporte de verificación de desempeño instrumental, según lo descrito en la norma ISO 17123
			Comprobación <i>in situ</i> de la funcionalidad del instrumento
			Verificación de verticalidad y horizontalidad del nivel Verificación de la perpendicularidad de los hilos del retículo y constante taquimétrica Verificación del ajuste mecánico del trípode Verificación de colimación.
4	Registro de información básica e instrumental	Fecha de observación (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601	
		Nombre del proyecto	
		Nombre y/o nomenclatura del punto	
		Tipo de nivelación (simple o compuesta)	
		Marca y modelo del equipo	
		Número serial del equipo	
		Especificación del equipo (aumento de diámetros)	
		Nombre del profesional en topografía	
		Temperatura	
		Humedad relativa	
		Tipo de montaje (trípode, otros)	
		Determinación de altura Instrumental (por medio de V- o vista Atrás)	
		Conservar el criterio de equidistancia en la toma de datos entre cambios (igual distancia horizontal entre el instrumento y las vistas adelante y atrás)	
		Verificación continua de la verticalidad de la mira. (Toda mira debe tener adosado un nivel de burbuja)	
No es recomendable tomar lecturas en los extremos de la mira			
Verificación del correcto centrado y nivelado del instrumento al inicio, durante y al final de la sesión			
Hay que asegurar que los registros de los datos análogos tomados en campo sean perdurables			
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información registrada por el operador y capturada con el equipo según los requerimientos técnicos del proyecto	

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 6. Adquisición de datos de campo con teodolitos óptico-mecánicos y electrónicos

Nro.	Estado del equipo			
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico		
		De acuerdo con la Tabla 2		
2	Ubicación y armado del instrumento	Instalar y nivelar el instrumento, conforme a los procedimientos descritos en el manual de usuario del fabricante		
3	Condiciones que debe reunir el instrumento	Verificación <i>in situ</i> del instrumento	Comprobación <i>in situ</i> del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental	<p>Verificación de vigencia de los certificados de calibración emitidos por los laboratorios autorizados y/o fabricante.</p> <p>Validación del reporte de verificación de desempeño instrumental, según lo descrito en la norma ISO 17123</p> <p>Verificación del cierre de los círculos horizontal y vertical del equipo, de acuerdo con las especificaciones técnicas del mismo y a lo descrito en la norma ISO 17123</p> <p>Verificar que el centrado de la plomada óptica y/o laser de las bases nivelantes cumplan con lo descrito en la norma ISO 17123</p> <p>Verificación del ajuste mecánico del trípode</p>
4	Registro de información básica e instrumental	<p>Fecha de observación (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601</p> <p>Nombre del proyecto</p> <p>Nombre y/o nomenclatura del punto</p> <p>Tipo de levantamiento (poligonal, radiación, replanteo.)</p> <p>Marca y modelo del equipo</p> <p>Número serial del equipo</p> <p>Especificación del equipo (precisión angular)</p> <p>Nombre del profesional en topografía</p> <p>Temperatura</p> <p>Humedad relativa</p> <p>Tipo de montaje (trípode, pilastra, otros)</p> <p>Alturas instrumentales</p> <p>Verificación del correcto centrado y nivelado del instrumento al inicio, durante y al final de la sesión</p> <p>Hay que asegurar que los registros de los datos análogos tomados en campo sean perdurables</p>		
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información registrada por el operador y capturada con el equipo según los requerimientos técnicos del proyecto		

Tabla 7. Adquisición de datos de campo con estaciones totales

Nro.	Estado del equipo		
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico De acuerdo con la tabla 3	
2	Ubicación y armado del instrumento	Instalar y nivelar el instrumento conforme a los procedimientos descritos en el manual de usuario del fabricante	
3	Condiciones que debe reunir el instrumento	Verificación <i>in situ</i> del instrumento	Comprobación <i>in situ</i> del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental Verificación de vigencia de los certificados de calibración emitidos por los laboratorios autorizados y/o fabricante Validación del reporte de verificación de desempeño instrumental, según lo descrito en la norma ISO 17123
		Comprobación <i>in situ</i> de la funcionalidad del instrumento	Verificación del cierre angular de los círculos horizontal y vertical del equipo, de acuerdo con las especificaciones técnicas del mismo y a lo descrito en la norma ISO 17123 Verificar que el centrado de la plomada óptica y/o laser de las bases nivelantes cumplan con lo descrito en la norma ISO 17123 Verificación <i>in situ</i> de EDM sobre una base medida determinada con instrumento superior Verificación de constantes factor de escala, unidades de medida y formato de medición angular Verificación del estado óptimo de accesorios de acuerdo con lo descrito en la norma ISO 17123
		Fecha de observación (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601	
		Nombre del proyecto	
		Nombre y/o nomenclatura del punto	
		Tipo de levantamiento (poligonal, radiación, replanteo.)	
4	Registro de información básica e instrumental	Marca y modelo del equipo	
		Número serial del equipo	
		Especificación del equipo (precisión angular y EDM)	
		Nombre del profesional en topografía	
		Temperatura	
		Humedad relativa	
		Tipo de montaje (trípode, pilastra, otros)	
		Alturas instrumentales (instrumento y bastón)	
		Verificación del correcto centrado y nivelado del instrumento al inicio, durante y al final de la sesión	
		Hay que asegurar que los registros de los datos análogos tomados en campo sean perdurables	
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información registrada por el operador y capturada con el equipo, según los requerimientos técnicos del proyecto	

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 8. Adquisición de datos de campo con receptores de posicionamiento satelital GNSS - GPS

Nro.	Estado del equipo		
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico De acuerdo con la Tabla 4	
2	Ubicación, armado del instrumento y parámetros de rastreo.	Instalar y nivelar el instrumento conforme a los procedimientos descritos en el manual de usuario del fabricante Mediante el software de campo del controlador, configurar los parámetros técnicos de rastreo o captura de datos, según lo requerido por el proyecto. (épocas, rangos de GDOP, actualización de coordenadas navegadas)	
3	Condiciones que debe reunir los receptores de posicionamiento satelital	Verificación <i>in situ</i> del instrumento	<p>Comprobación <i>in situ</i> del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental</p> <p>Verificación de los certificados de calibración de antenas emitidos por National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)</p> <p>Validación del reporte de verificación de desempeño instrumental, según lo descrito en la norma ISO 17123</p> <p>Comprobación <i>in situ</i> de la funcionalidad del instrumento</p> <p>Que los componentes físicos se encuentren en buen estado tales como antena, controlador, receptor, soportes, bases nivelantes, tribrach, cables y conectores</p> <p>Verificar que el centrado y calibración del nivel de burbuja de los bastones garantice la verticalidad, cumpliendo con lo descrito en la norma ISO 17123</p> <p>Verificar que el centrado de la plomada óptica y/o laser de las bases nivelantes cumplan con lo descrito en la norma ISO 17123</p> <p>Verificación del ajuste mecánico de los trípodes</p>
4	Registro de información básica e instrumental	<p>Fecha del rastreo (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601 y fecha GPS</p> <p>Nombre del proyecto</p> <p>Nombre y/o nomenclatura del punto</p> <p>Tipo de levantamiento (estático, cinemático, estático rápido, RTK.)</p> <p>Marca y modelo del equipo</p> <p>Número serial del equipo (antena, receptor, controlador)</p> <p>Especificación del equipo (L1, L2)</p> <p>Nombre del profesional en topografía</p> <p>Temperatura</p> <p>Humedad relativa</p> <p>Tipo de montaje (trípode, bastón, pilastra, otros)</p> <p>Tipo de medición de altura instrumental (vertical o inclinada)</p> <p>Altura instrumental (inicial y final)</p> <p>Registro de funcionamiento durante el rastreo (hora, número de épocas, GDOP, memoria disponible, nivel de baterías)</p> <p>Coordenadas navegadas del punto</p> <p>Diagrama de obstáculos</p> <p>Verificación del correcto centrado y nivelado del instrumento al inicio, durante y al final de la sesión</p>	
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información registrada por el operador y capturada con el equipo, según los requerimientos técnicos del proyecto	

Tabla 9. Adquisición de datos de campo con sensores remotos Escáner Láser Terrestre - TLS

Nro.	Estado del equipo		
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico	
2	Ubicación y del armado del instrumento	Instalar y nivelar el instrumento conforme a los procedimientos descritos en el manual de usuario del fabricante Mediante el software de campo configurar los parámetros técnicos de escaneo o captura de datos según lo requerido por el proyecto. (ángulo a escanear, densidad de puntos o resolución, distancia de escaneo, fotografías)	
3	Condiciones que debe reunir el escáner láser	Verificación in situ del instrumento	Comprobación in situ del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental
			Comprobación in situ de la funcionalidad del instrumento
			Verificación del certificado de calibración
	Validación del reporte de verificación de desempeño instrumental, según lo descrito en la norma ISO 17123		
	Que los componentes físicos se encuentren en buen estado tales como espejo, soportes, bases nivelantes, tribrach, cables y conectores		
	Verificar la correcta colocación de las dianas de referencia, cumpliendo con lo descrito en la norma ISO 17123		
	Verificación del ajuste mecánico de los trípodes o bases		
4	Registro de información básica e instrumental	Fecha del rastreo (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601	
		Nombre del proyecto	
		Nombre y/o nomenclatura del punto o escaneo	
		Tipo de escaneo (estático, cinemático, Scan and Go)	
		Marca y modelo del equipo	
		Número serial del equipo	
		Especificación del equipo	
		Nombre del profesional en topografía	
		Temperatura	
		Humedad relativa	
		Tipo de montaje (trípode, vehículo, otro)	
		Tipo de medición de altura instrumental si lo requiere	
		Altura instrumental (inicial y final) si lo requiere	
Registro de funcionamiento durante el escaneo (hora, memoria disponible, nivel de baterías, fotografías)			
Coordenadas del punto de escaneo estático			
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información registrada por el operador y capturada con el equipo según los requerimientos técnicos del proyecto	

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 10. Adquisición de datos de campo con sensores remotos aerotransportados no tripulados - RPAS

Nro.	Estado del equipo			
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico		
2	Ubicación y armado del instrumento	Preparar el instrumento conforme a los procedimientos descritos en el manual de usuario del fabricante. Mediante el software, configurar los planes de vuelo, parámetros técnicos de captura de datos según lo requerido por el proyecto. (altura de vuelo, superposición longitudinal, lateral y resolución de fotogramas, tiempo de duración del vuelo, selección del sitio seguro de despegue y aterrizaje)		
3	Condiciones que debe reunir un Sistema de Aeronave Remotamente Tripulada RPAS	Verificación <i>in situ</i> del RPAS	Comprobación <i>in situ</i> del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental Verificación del estado de la aeronave Verificar y estar seguro de que el trabajo se ejecutará en espacio aéreo segregado, o en su defecto contar con los permisos respectivos y hacer las debidas comunicaciones para informar de la operación a ser ejecutada, asegurarse que las condiciones climáticas son aptas para la operación.	
		Comprobación <i>in situ</i> de la funcionalidad del instrumento	Verificar que los componentes físicos se encuentren en buen estado tales como: baterías, hélices, alerones, motores, soportes, sensores remotos, cables y conectores, enlaces de comunicación, señal de radio control y de posicionamiento satelital. Verificar en conjunto el cuerpo o fuselaje de la aeronave para descartar averías. Verificar el ajuste mecánico de todas las partes en su conjunto, y estar seguro de que se cargue exitosamente el plan de vuelo a la memoria de la aeronave.	
		4		Registro de Información Básica e Instrumental
		Fecha del vuelo (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601 Nombre del proyecto Nombre y/o nomenclatura del vuelo Tipo de aeronave Marca y modelo de la aeronave Número de matrícula de la aeronave Especificación de la aeronave Nombre y licencia del piloto y del profesional en topografía Tipos de permisos solicitados y aprobados Tipo de sensor o sensores utilizados Altura promedio del vuelo sobre el terreno Altura promedio de la zona del proyecto Registro de funcionamiento durante el vuelo (hora, memoria disponible, nivel de baterías, fotografías, etc.) Coordenadas del punto de despegue y de aterrizaje		
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información capturada por los sensores de la aeronave y estar seguros de que cumple con los requisitos mínimos de calidad para el posproceso		

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 11. Adquisición de datos de campo con sensores remotos aerotransportados tripulados

Nro.	Estado del equipo			
1	Selección del equipo	Según las especificaciones técnicas del estudio topográfico		
2	Ubicación y armado de los instrumentos	Preparar los instrumentos conforme a los procedimientos descritos en los manuales de usuario del fabricante. Mediante el software, configurar los planes de vuelo, parámetros técnicos de captura de datos, según lo requerido por el proyecto (altura de vuelo, superposición longitudinal, lateral y resolución de fotogramas, tiempo de duración del vuelo, selección de aeródromos de despegue y aterrizaje).		
3	Condiciones que debe reunir un Sistema LIDAR aerotripulado	Verificación <i>in situ</i> de la aeronave e instrumentos LIDAR	Comprobación <i>in situ</i> del cumplimiento de la verificación de desempeño instrumental	Verificación del estado de la aeronave Verificar y contar con los permisos respectivos de vuelo y hacer las debidas comunicaciones para informar de la operación a ser ejecutada, asegurarse que las condiciones climáticas son aptas para la operación.
			Comprobación <i>in situ</i> de la funcionalidad de los instrumentos	Verificar que los componentes físicos se encuentren en buen estado tales como: Antenas, energía, escáner, cámaras, IMU, y demás sensores remotos, unidad de control, cables y conectores, enlaces de comunicación, señal de posicionamiento satelital tanto en tierra como en la aeronave, parámetros de <i>offset</i> de antena y demás sensores, unidades de almacenamiento de datos, monitores de control, entre otros
				Verificar en conjunto todas las partes del sistema para descartar omisión de datos o averías y que el plan de vuelo esté a punto en el sistema
				Realiza vuelo de calibración y ajuste.
4	Registro de Información Básica e Instrumental	Fecha del vuelo (AAAA/MM/DD) según norma ISO 8601		
		Nombre del proyecto		
		Nombre y/o nomenclatura del vuelo		
		Tipo de aeronave		
		Marca y modelo de la aeronave		
		Número de matrícula de la aeronave		
		Especificación de la aeronave		
		Nombre y licencia del piloto y del profesional en topografía		
		Permisos solicitados y aprobados		
		Tipo de sensor o sensores utilizados		
		Altura promedio del vuelo sobre el terreno		
		Altura promedio de la zona del proyecto		
		Registro de funcionamiento durante el vuelo (hora, memoria disponible, suministro de energía, fotografías, entre otros)		
Coordenadas del punto de despegue y de aterrizaje				
5	Preanálisis de información	Verificación de la integridad de la información capturada por los sensores del sistema y estar seguros de que cumple con los requisitos mínimos de calidad para el posproceso		

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 12. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con Niveles Óptico-Mecánicos y Electrónicos

Nro.	Ítem	Acción
1	Incorporación de los datos del registro de información básica e instrumental	Información contenida en la Tabla 5
2	Parámetros de procesamiento	<p>Verificar que los valores de elevación de los puntos de control de inicio y cierre de los circuitos de nivelación correspondan con los valores de alturas establecidos, según el método de traslado de cota.</p> <p>Verificar que la diferencia de las sumatorias vistas + y vistas – esté dentro de los valores de tolerancia requerida.</p>
3	Criterios de precisión y calidad.	<p>La tolerancia de cierre se soporta en los siguientes términos:</p> $T_{N=1m}$ \sqrt{K} <p>Donde T_N = tolerancia para el error de cierre</p> <p>m= valor dependiente del instrumento y del tipo de nivelación requerida</p> <p>K= Longitud total de la nivelación en kilómetros</p> $K = \sum (hs - hi) \times CT$ <p>CT = 100</p> <p>K es igual a la sumatoria de las diferencias de lectura de hilo superior menos hilo inferior por la Constante Taquimétrica</p> <p>Los establecidos en el estándar ASPRS 2014</p>

Tabla 13. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con teodolitos óptico-mecánicos y electrónicos

Nro.	Ítem	Acción
1	Incorporar los datos del registro de información básica e instrumental	Información contenida en la Tabla 6
2	Parámetros de procesamiento de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto.	Los datos de ángulo y distancia obtenidos en terreno deben ser procesados, con el fin de obtener la calidad de estos Se debe revisar y/o obtener: 1- Cartera topográfica estándar 2- Anotaciones de ángulos y distancias sin tachones ni enmendaduras Calcular datos y obtener: 1- Precisión en la medición de ángulos horizontales 2- Precisión en la medición de ángulos verticales 3- Precisión de (distancias) líneas bases medidas con cinta o alambre invar
3	Criterios de precisión y calidad	1- Levantamientos en zonas rurales precisión 1:5 000 2- Levantamientos en zonas urbanas precisión 1:10 000 3- Precisión en la medición de ángulos horizontales. $E_{(máx)} = a \times n$ Donde a = aproximación del teodolito, y n = número de vértices 4- Las líneas bases medidas con cinta o alambre invar deben tener precisiones mayores a 3 ppm Los establecidos en el estándar ASPRS 2014.

Tabla 14. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con Estaciones Totales

No.	Ítem	Acción
1	Incorporar los datos del registro de información básica e instrumental	Información contenida en la Tabla 7
2	Parámetros de procesamiento de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto	Los datos de ángulo horizontal, vertical y distancia obtenidos en terreno deben ser procesados, a fin de obtener la calidad de estos Se debe revisar y/o obtener: 1- Cartera topográfica estándar 2- Anotaciones de ángulos y distancias sin tachones ni enmendaduras Calcular datos y obtener: 1- Precisión de la medición de ángulos horizontales. Cumplimiento de cierres obtenido de posición directa e inversa. Diferencia máxima de 12" 2- Precisión en la medición de ángulos verticales Cumplimiento de cierres obtenido de posición directa e inversas. Diferencia máxima de 15". 3- Verificación de alturas instrumentales y cálculo trigonométrico de elevaciones recíprocas entre estaciones continuas. Diferencias de elevación
3	Criterios de precisión y calidad	1- Precisiones horizontales y verticales, de acuerdo con las especificaciones del estudio 2- Precisión de distancias EDM +/- (2 mm + 2 ppm * D) Los establecidos en el estándar ASPRS 2014

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 15. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con receptores de Posicionamiento Satelital GNSS - GPS

Nro.	Ítem	Acción
1	Incorporar los datos del registro de información básica e instrumental.	Información contenida en la Tabla 8.
2	Parámetros de procesamiento, de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto.	<p>Puntos de control: determinar mínimo con dos estaciones base, sea de red pasiva o de red activa (estaciones de operación continua), que define las coordenadas de las bases con que se georreferenciará el estudio topográfico, las cuales deben ser geográficas (lat. lon, alt) o cartesianas geocéntricas (x, y, z) disponibles en la página web de SIRGAS.</p> <p>Época de cálculo: definir la época del cálculo aplicando las velocidades trasladando las coordenadas desde la época de rastreo, a la época de referencia del cálculo con que se determina.</p> <p>Calibración de antenas: verificar que el modelo de antena empleado esté registrado en el sitio: www.ngs.noaa.gov/antcal/ y verificar que los parámetros que tiene el software de post proceso correspondan con los valores registrados para el tipo de antena en la página. Tener en cuenta que los <i>Offsets</i> y variaciones del centro de fase de las antenas sean las reales (ARP: Antena Reference Point). Se recomienda utilizar los parámetros del IGS</p> <p>Efemérides: se incrustan para el proceso datos de efemérides <i>broadcast</i>, rápidas y precisas, según las especificaciones técnicas requeridas. Las efemérides rápidas y precisas se encuentran disponibles en la página www.igsbjpl.nasa.gov/igsb/product/. Las efemérides <i>broadcast</i> corresponden a los archivos de data obtenidos por los receptores durante la sesión.</p>
3	Criterios de precisión y calidad	<p>Tolerancias: las tolerancias máximas admitidas para georreferenciación de estudios topográficos deben corresponder a las registradas en la NTC 5204:2003 – Numeral 4.1.</p> <p>El test de Chi- Cuadrado (95 %) debe indicar que paso la prueba (Chi cuadrado pasa la prueba).</p> <p>Análisis de la raíz del error cuadrático medio (RMSE): debe tener un nivel de confianza mayor o igual al 95 % en una clasificación de precisión hasta 5 cm conforme al orden de precisiones de la Tabla 1 de la NTC 5204.</p> <p>Tipos de soluciones: las soluciones arrojadas por el procesamiento deben ser fijas.</p> <p>Los establecidos en el estándar ASPRS 2014</p>

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 16. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con sensores remotos Escáner Láser Terrestre - TLS

No.	Ítem	Acción
1	Incorporar los datos del registro de información básica e instrumental	Información contenida en la Tabla 9
2	Parámetros de procesamiento, de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto.	<p>Determinar los puntos de control y dianas o puntos de correlación entre escaneos para definir la posición y orientación con las coordenadas de georreferenciación del estudio topográfico.</p> <p>Convertir los archivos crudos de escaneo, y verificar que contengan el total de las fotos por escaneo realizado.</p> <p>Importar los escaneos, y verificar que sean visibles las dianas y/o puntos homólogos. Deben estar nombrados de forma consecutiva para tener orden en el proyecto.</p> <p>Se recomienda restituir sobre las imágenes de puntos en escala de grises, puesto que muestra la realidad escaneada, en los casos en que el escáner toma la fotografía después de realizar el escaneo.</p> <p>En la georreferenciación tener en cuenta las alturas de las dianas, ya que esta se debe sumar a las cotas anteriormente niveladas de cada punto de control.</p> <p>La precisión de unión entre escaneos debe ser milimétrica.</p>
3	Criterios de precisión y calidad	Los establecidos en el estándar ASPRS 2014.

Tabla 17. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con sensores remotos aerotransportados no tripulados - RPAS

No.	Ítem	Acción
1	Incorporar los datos del registro de información básica e instrumental	Información contenida en la Tabla 10
2	Parámetros de procesamiento de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto	<p>Configuración de coordenadas y transformaciones al sistema de proyección del proyecto</p> <p>Importación y dibujo de trayectorias de vuelo</p> <p>Adición de los parámetros de la cámara fotográfica para el ajuste fotogramétrico</p> <p>Fotointerpretación de puntos de control sobre las imágenes</p> <p>Adición de los parámetros de la cámara fotográfica para el ajuste fotogramétrico</p> <p>Fotointerpretación de puntos de control sobre las imágenes</p> <p>Orto-rectificación de las imágenes</p> <p>Densificación de nubes de puntos</p> <p>Generación de ortofotomosaico</p> <p>Generación de Modelo Digital del Terreno DTM</p> <p>Generación del Modelo Digital de Superficies MDS</p> <p>Generación de curvas de nivel</p> <p>Edición final de las curvas de nivel</p> <p>Generación de planos, de acuerdo con la escala solicitada</p> <p>Impresión de lo requerido contractualmente</p> <p>Copia digital de la información final</p>
3	Criterios de precisión y calidad	Los establecidos en el estándar ASPRS 2014, respecto a la información FOTOGRAMÉTRICA

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 18. Protocolo de procesamiento de información con criterios de calidad y precisión para datos adquiridos con sensores remotos aerotransportados tripulados

No.	Ítem	Acción
1	Incorporar los datos del registro de información básica e instrumental	Información contenida en la Tabla 11
2	Parámetros de procesamiento de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto.	<p>Importar datos crudos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Configuración de coordenadas y sus transformaciones Importar y dibujar trayectorias de vuelo Definición de los puntos para ver la cobertura del área del proyecto Medir la densidad de puntos <p>Calibración Datos Láser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Clasificación por líneas independientes Identificar y comparar los movimientos de ladeo, cabeceo, deriva y aplicar correcciones Identificar y comparar los movimientos en Z (altura) entre líneas y aplicar correcciones <p>Clasificación Automática:</p> <ul style="list-style-type: none"> Clasificación de puntos de terreno Clasificación de vegetación baja, media y alta Clasificación de construcciones Clasificar puntos claves del terreno <p>Generar Ortos rápidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprobar la cobertura de imagen Orto rectificar imágenes y visualizar el mosaico <p>Clasificación manual y control de calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verificación y edición manual en zonas puntuales <p>Aero triangulación de Imágenes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Crear imágenes piramidales para corregir color Buscar puntos de amarre manual Buscar puntos de amarre semiautomático Buscar puntos de amarre automático Comprobar posición xy con los Puntos de Chequeo <p>Posicionamiento de imágenes y Puntos laser usando control de Terreno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cargar puntos de control y medir las distancias xy entre el control y el punto correspondiente a la imagen Realizar y ejecutar la transformación de las imágenes en xy Usar valores de intensidad para comparar la ubicación del láser e imágenes Crear un informe de control para decidir sobre la reducción o el levantamiento de puntos láser <p>Corrección de color de las Imágenes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Definir color automáticamente Definir color manualmente <p>Producción de Orto mosaico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Configurar parámetros de rectificación Rectificar los mosaicos <p>Transformación y ajuste de datos a origen solicitado:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar los movimientos a la información de los proyectos al origen cartográfico correspondiente Ajustar estos datos con la información de campo (PUNTOS DE CHEQUEO GPS) <p>Generación de curvas de nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> De los datos Lidar filtrados se utiliza únicamente el Modelo Digital de Terreno para generar las curvas de nivel, de acuerdo con los parámetros contractuales por proyecto <p>Generación de Ítems adicionales e información final:</p> <ul style="list-style-type: none"> Edición final de las curvas de nivel Generación de DTM y DMS Generación de planos, de acuerdo con la escala solicitada. Impresión de lo requerido contractualmente Copia digital de la información final
3	Criterios de precisión y calidad	Los establecidos en el estándar ASPRS 2014, respecto a la información LIDAR.

9. CALIDAD DE LOS DATOS DIGITALES

Este numeral establece los estándares de calidad, precisión y otros criterios relacionados, recomendados para su uso en estudios topográficos a escalas de cocientes grandes con fines de ingeniería, construcción y tenencia de la tierra. Los estándares se refieren a los estudios realizados para localizar, alinear y vigilar la construcción de proyectos, por ejemplo: edificios, servicios públicos, vías, pistas, proyectos de navegación y control de inundaciones, control de la base horizontal y vertical utilizados para la asignación de zonas, desarrollos de SIG, estudios preliminares de planificación, dibujos detallados de sitios para planos de construcción, mediciones de construcción para pago, elaboración de planos para incorporación y para futuras actividades de reparación y mantenimiento, agrimensura, catastro y delimitación, entre otros.

Los estándares se adoptan del Estándar de Precisión de Posicionamiento Geoespacial del Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC)³ y del Estándar Nacional de Datos Espaciales de Precisión (NSSDA)⁴, basados en los Estándares de Precisión Posicional ASPRS para Datos Geoespaciales Digitales.

9.1 GENERALIDADES

Los planos de construcción, servicios públicos, mapas, planos de instalaciones y bases de datos CADD/SIG, son creados por una variedad de técnicas (terrestres, satelitales, acústicas, láser, fotogrametría cercana o de cartografía aérea, para adquirir productos planimétricos, altimétricos, topográficos, hidrográficos, o características de atributos de datos. Las especificaciones para la obtención de estos datos deben tener como base "El rendimiento" y no los procesos, ellos deben derivarse en función de los requisitos del proyecto y del uso, reconociendo los estándares de calidad y precisión disponibles.

9.1.1 Especificaciones de rendimiento (basados en los resultados)

Se recomiendan especificaciones orientadas al rendimiento en la contratación de servicios de topografía y producción de Información Geográfica. Las especificaciones de rendimiento se refieren a los resultados finales que se deben alcanzar (formato del plano final, modelo de datos, y/o estándar de precisión) y no los medios o procedimientos técnicos, que se utilizan para lograr esos resultados. Las especificaciones de rendimiento orientado suelen proporcionar la máxima flexibilidad y el uso del estado del arte y las técnicas de instrumentación.

Las especificaciones de rendimiento deben definir sucintamente sólo los requisitos básicos que serán utilizados para verificar la conformidad con los criterios especificados, por ejemplo, los límites del levantamiento topográfico, la ubicación de características y requisitos de atributos, escala, resolución e impresión, el tamaño final del GSD en los productos digitales raster, el intervalo de contornos (curvas de nivel), el formato del plano, la disposición de las hojas, el envío de datos finales, el archivo o los requisitos de almacenamiento, criterios de precisión para las características planimétricas y altimétricas que van a ser representadas y los procedimientos de control de calidad.

Las especificaciones de rendimiento orientado deben ser libres de instrumentación y personal innecesarios, de procedimientos, o de limitaciones materiales; excepto cuando sea necesario para establecer la estimación de costos comparativos de los servicios negociados.

³ http://www.fgdc.gov/standards/standards_publications/

⁴ http://www.mnplan.state.mn.us/pdf/1999/lmic/nssda_o.pdf

9.1.2 Especificaciones prescriptivas de procedimiento

El uso de especificaciones prescriptivas de procedimiento debe reducirse al mínimo, y sólo se solicitarán en proyectos altamente especializados o críticos, donde sólo un método técnico prescrito sea apropiado o práctico para realizar el trabajo. Las especificaciones prescriptivas típicamente requieren instrumentación específica en equipo de campo, personal, procedimientos técnicos de producción de oficina, o la supresión gradual en proyectos rígidos de diseño o construcción en curso.

Las especificaciones prescriptivas dependen de la experiencia de quien las solicita; reducen la flexibilidad y la eficiencia, aumentan el riesgo y pueden afectar negativamente los costos del proyecto, cuando exigen instrumentos o métodos cuya utilización ha sido reemplazada por métodos de mayor precisión o más fácil aplicación.

Las especificaciones prescriptivas pueden ser aplicables a los proyectos especializados, por ejemplo: estudios topográficos en sitios de operación táctica, en sitios peligrosos que tienen explosivos, tóxicos o residuos radiactivos (HTRW), en sitios de limpieza, estudio táctico/militar, montajes industriales, control de deformaciones estructurales de esclusas, presas y otras estructuras de control de inundaciones.

9.1.3 Control y garantía de calidad

El control de la calidad de la topografía debe ser realizado por el contratista. Por lo tanto, las funciones de aseguramiento de la calidad y las pruebas deben centrarse en el cumplimiento del contratista con la especificación de calidad requeridos (por ejemplo, el nivel de precisión), y no los pasos intermedios de compilación de la topografía y la cartografía realizados por el contratista.

El control de la calidad interno del contratista incluirá normalmente pruebas independientes que podrán ser revisadas periódicamente por el cliente. Pruebas de campo realizadas por el cliente (o supervisor) son un requisito opcional del aseguramiento de la calidad y se deben realizar cuando se justifiquen técnica y económicamente, según lo determinado en función del proyecto final.

9.1.4 Sistema métrico

La topografía para el diseño y la construcción, como para agrimensura y tenencia de la tierra, se debe registrar y representar en el Sistema Internacional (SI) de unidades de acuerdo con la NTC-ISO 80000-1.

9.1.5 Coordenadas espaciales del sistema de referencia

Los estudios topográficos en el país, deben ser georreferenciados directamente al Marco Geocéntrico Nacional (MAGNA SIRGAS) época 95.4, o la que actualice en su momento la autoridad geodésica oficial, producto de observaciones por satélite GPS o GNSS, determinando dos puntos del IGAC, "para verificar que el cierre entre dos puntos MAGNA cumplan con la precisión de la Red MAGNA IGAC, época 95.4 oficial del Marco de Referencia, o la época oficial vigente", en concordancia con los estándares de precisión del Federal Geographic Data Committee (FGDC), adoptados en la NTC 5204:2003 que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Estándar de precisión horizontal en posicionamiento satelital, alturas elipsoidales, niveladas y normales

Orden	Clasificación de la precisión	95 % de confianza Menor o igual que:	Aplicación
1	1 mm	0,001 m	GEODESIA Precisión cm: 0,1-0,2-0,5
2	2 mm	0,002 m	
3	5 mm	0,005 m	
4	1 cm	0,010 m	TOPOGRAFÍA Precisión cm: 1-2-5
5	2 cm	0,020 m	
6	5 cm	0,050 m	
7	1 dm	0,100 m	SIG Precisión cm: 10-20-50
8	2 dm	0,200 m	
9	5 dm	0,500 m	
10	1 m	1,000 m	CARTOGRAFÍA Precisión cm: 100-200-500-1 000-1 500-2 000-5 000
11	2 m	2,000 m	
12	5 m	5,000 m	
13	10 m	10,000 m	
14	15 m	15,000 m	
15	20 m	20,000 m	
16	50 m	50,000 m	

Fuente: NTC 5204 2003

9.1.6 Coordenadas planas cartesianas

La información Topográfica debe proyectarse al Plano Topográfico Local (PTL), usando el origen local municipal, o del proyecto, expresadas en Coordenadas Planas Cartesianas Locales. Además, se deben referenciar verticalmente al sistema de alturas sobre el nivel medio del mar, partiendo de puntos NP determinados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), *Datum* Buenaventura. En proyectos donde no se encuentren NP del IGAC en la zona de trabajo, se trasladará el valor de la Elevación Geoidal, mediante técnicas GNSS teniendo en cuenta el más reciente Modelo Geoidal existente.

9.1.7 Generalidades de las coordenadas planas cartesianas

El sistema de proyección cartesiana equivale a una representación conforme del elipsoide sobre un plano paralelo al tangente que rozaría al elipsoide en el punto origen (ϕ_0, λ_0, H_0), como se muestra en la Figura 1.

La proyección del meridiano que pasa por este punto representa el eje de la coordenada norte. No obstante, los puntos sobre el elipsoide y los equivalentes proyectados sobre el plano no tienen una relación geométrica, esta es puramente matemática. La proyección cartesiana es utilizada para la elaboración de planos de ciudades (cartografía a escalas mayores de 1:5 000), de allí, existen tantos orígenes de coordenadas cartesianas como ciudades o municipios se tengan. El plano de proyección se define sobre la altitud media del área que se va a proyectar.

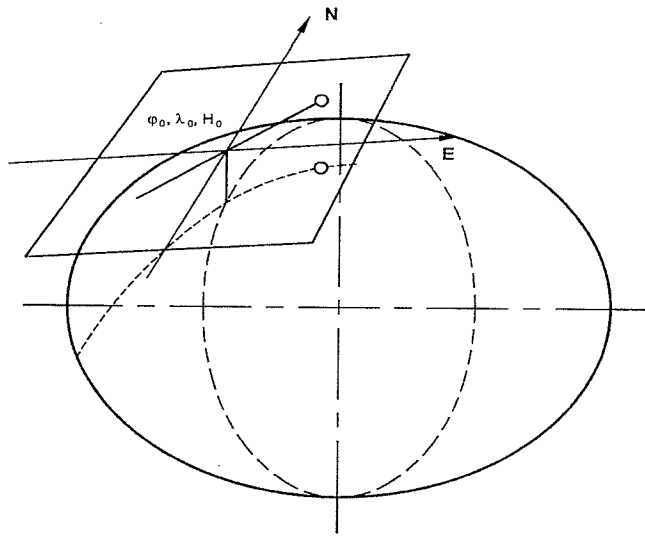


Figura 1. Proyección cartésiana

Fuente: Aspectos prácticos de la adopción del marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS como *Datum* oficial de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Octubre de 2004.

El elipsoide de revolución no es una superficie desarrollable, por tanto, las figuras planas serán siempre heteromorfas de las correspondientes figuras que representan, es decir que, al pasar de la superficie geodésica de referencia al plano, la deformación es inevitable. Las distancias geodésicas corresponden con magnitudes sobre el elipsoide de referencia, mientras que las distancias topográficas se miden sobre la superficie terrestre, y se proyectan sobre un Plano Topográfico Local (PTL) (véase la Figura 2). Al variar indiscriminadamente las alturas terrestres sobre el elipsoide de referencia, los valores de las distancias medidas con instrumentos topográficos no corresponden con los valores geodésicos, los cuales cambian en proporción a la altura del lugar de la medición y a la distancia del origen de transformación. Estas diferencias son significativas cuando las variaciones de altura sobre el plano de proyección superan ± 250 m y el origen está a más de 20 km de distancia.

Por lo anterior, se reitera que los Estudios Topográficos requieren de Orígenes de Proyección aproximadamente de 20 km de radio, y rangos de altura entre ± 250 m sobre el plano de proyección, para limitar las deformaciones por efectos de la curvatura terrestre, en especial en el sentido Este – Oeste, en razón a la proyección y para conservar magnitudes de precisión aceptables al “desarrollar” la superficie elipsoidal sobre Planos Topográficos Locales (factor determinante en la precisión del cierre de poligonales).

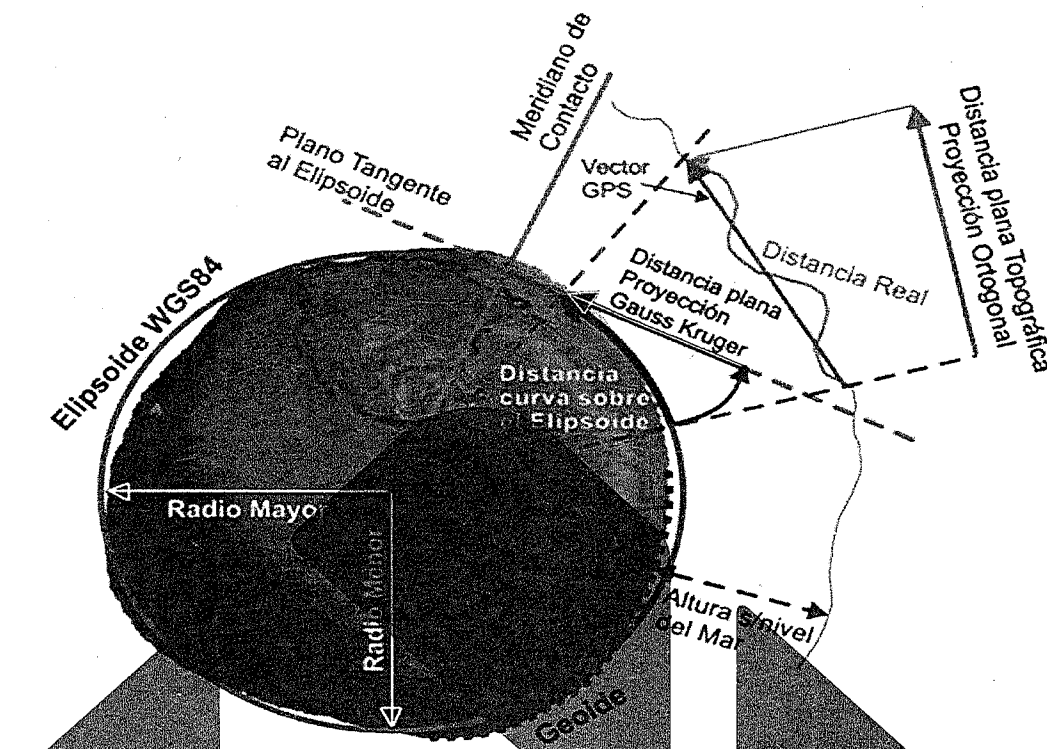


Figura 2. Comportamiento de las distancias en las proyecciones

Por efectos del cambio de alturas sobre el nivel medio del mar, debe considerarse un factor de corrección para las coordenadas planas topográficas, aspecto que tiene en cuenta la proyección Local Transversa de Mercator (LTM), denominada por el IGAC como coordenadas topográficas PLANAS CARTESIANAS. Esta considera la corrección por altura al asignar un plano de proyección diferente al nivel medio del mar, buscando una correspondencia biunívoca isométrica y minimizando la deformación por la transformación de las coordenadas geodésicas a planas cartesianas locales mediante la adopción de Orígenes Locales, a los cuales por lo general se le asignan los valores correspondientes a las coordenadas geodésicas del marco geocéntrico nacional MAGNA SIRGAS y sus correspondientes coordenadas planas de la proyección Gauss-Krüger, como falso Norte y falso Este. Los orígenes cartesianos oficiales IGAC de las zonas urbanas de los municipios de Colombia se pueden consultar en el portal virtual del IGAC, en el siguiente enlace electrónico:

<http://geoportal.igac.gov.co/ssig12.0/visor/galleria.req?mapald=36>

En algunos municipios existen varios orígenes. Se recomienda utilizar el más reciente, y la información existente en orígenes anteriores migrarla al origen más reciente.

9.2 PRECISIÓN TOPOGRÁFICA DE CONTROL

9.2.1 Estándares de precisión

Con el estándar ASPRS 1990, los Estudios Topográficos de control se especificaban y clasificaban normalmente con base en la relación lineal de cierre horizontal y un estándar de cierre en la diferencia de elevación vertical, el estándar ASPRS 2014 solicita expresar las precisiones en centímetros de precisión radial espacial.

Estos estándares son aplicables a la mayoría de los tipos de estudios topográficos para ingeniería y construcción, en sus diferentes prácticas y equipos (por ejemplo: poligonales para puntos de control con estación total, GPS o GNSS diferencial, y nivelación geométrica de ida y vuelta).

9.2.2 Estudio de los estándares de cierre

El estándar ASPRS 2014 exige la precisión espacial clase centímetro y en particular para puntos de control, independientemente de la metodología o instrumento empleado para tal fin. Todo punto de control debe cumplir la precisión de 3 cm. Esta tolerancia posicional para los puntos de control topográfico se debe a que, al proyectar las coordenadas geodésicas sobre un plano, se pierde la precisión por varios factores, tales como la distancia al origen del plano de proyección, la diferencia entre altura geoidales y elipsoidales, la derivación de puntos del Marco de Referencia de primero o segundo orden, entre otros.

9.2.3 Estándar de cierre horizontal

Lo anterior redundaría en una mejora sustancial de las precisiones horizontales requeridas en el estándar ASPRS 1990, por ejemplo, en una poligonal de 5 km para cumplir con un cierre de 1:25 000 se tenía un margen de llegada de 20 cm para cumplir y ajustar, mientras que el estándar ASPRS 2014 requiere controlar una poligonal en tiempo real, de tal manera que la tangente del promedio o RMSE del ángulo por el promedio de la distancia máxima entre deltas permitida en este caso 250 m resulte en una exactitud apreciable en tiempo real dentro de 1,2 cm para poder cumplir con la comprobación de la precisión con el 95 % del nivel de confianza en $1,2 \text{ cm} \times 2,448 = 2,938 \text{ cm}$, asegurando la calidad de la información dentro de la tolerancia máxima para la precisión posicional del punto dentro de 3 cm. Si los puntos de control se determinan con la tecnología GNSS el error medio cuadrático RMSE del postproceso debe estar dentro de 3 cm de tolerancia. La Tabla 20 presenta una rutina de control de calidad en la toma de datos de una poligonal con estación total, para asegurar la calidad en la precisión de la información obtenida en campo.

Tabla 20. Rutina de control en campo para aseguramiento de la calidad y precisión de poligonales

Acciones	Regularidad / Parámetro
Compruebe el error de índice vertical	Diario
Compruebe la colimación horizontal	Diario
Compruebe la constante del prisma	Diario
Instale el aparato y revise el centrado de la plomada	Al inicio de cada instalación
Mida la altura del instrumento y la altura del objetivo	Al inicio y fin de cada instalación
Utilice trípode base nivelante tarjeta y prisma para instalar los objetivos	Al inicio y fin de cada instalación
Mida la temperatura y la presión e introduzca la corrección ppm en la estación total	Al inicio del día
Observe mínimo dos series atrás y adelante para promediar posibles desajustes	Necesario
Observe todos los lados de las poligonales	Necesario
Mínimas observaciones de ángulo horizontal y vertical	2 directos, 2 inversos
Límite de rechazo angular que no exceda el residual	Hasta la siguiente Clase de Precisión
Número mínimo de distancias medidas por lado	2
Límite de rechazo de la distancia: residual que no exceda	2 mm + 2 ppm
Mínima distancia medida para cumplir el estándar de precisión horizontal	1/4 de PROPORCIÓN recomendada
Máxima distancia medida para cumplir el estándar de precisión horizontal	La recomendada en la PROPORCIÓN

9.2.4 Estándar de control vertical

La precisión vertical de los puntos de control de un estudio topográfico se determina por el error de cierre de elevación, dentro de una sección de nivel o bucle de nivel, las secciones o bucles de cierres no deben exceder los límites mostrados en la Tabla 21.

Tabla 21. Estándares mínimos de exactitud de cierre alimétrico

Clasificación	Cierre estándar de elevación en (mm)	Aplicación
Primer orden	$3\sqrt{K}$	Montajes industriales
Segundo orden, Clase I	$4\sqrt{K}$	Túneles extensos
Segundo orden, Clase II	$6\sqrt{K}$	Puentes extensos
Tercer orden, Clase I	$8\sqrt{K}$	Vías, servicios públicos
Tercer orden, Clase II	$12\sqrt{K}$	Bordillos, cunetas, edificios
Cuarto orden	$24\sqrt{K}$	Movimientos de tierra, agrimensura
K = Distancia en kilómetros		

La línea o circuito longitudinal se mide en kilómetros. Esta actividad para los puntos de control debe realizarse mediante técnicas de nivelación geométrica de precisión, ya sea empleando niveles automáticos o electrónicos.

Tabla 22. Rutina de control en campo para aseguramiento de calidad y precisión de nivelaciones

Operación / Especificación	Nivel compensador observación de tres hilos	Nivel compensador observación de un hilo	Nivel electrónico digital código de barras
Diferencia de longitud entre vistas adelante y atrás máximo por instalación	10 m	10 m	10 m
Longitud máxima de visión	90 m	90 m	La que permita el equipo
Distancia mínima al suelo de la línea de visión	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Máximo error de cierre	$2 \text{ mm} \times \sqrt{D}$ en km	$12 \text{ mm} \times \sqrt{D}$ en km	$8 \text{ mm} \times \sqrt{D}$ en km
Diferencia entre la parte superior y el intervalo inferior que no exceda	0,30 de la unidad de la mira	N/A	N/A
Colimación (dos pruebas)	Diariamente (no más de 2 mm)	Diariamente	Diariamente
Número mínimo de lecturas (Use la opción de medida de repetición para cada observación)	N/A	N/A	3
D = distancia			

9.2.5 Estándar de precisión en los estudios de construcción

Los estándares de precisión de los estudios topográficos para construcción, variará con el tipo de construcción y puede estar dentro de tolerancias desde 13 cm hasta mediciones topométricas de 1 cm.

Las precisiones de 13 cm son aceptables para **levantamientos topográficos** de: batimetría, dragado, terraplén, relleno de playa y malecón, aplicaciones con georradar, captura de datos para SIG de precisión, Estudios ambientales, catastro rural, estudios de factibilidad con aerolevantamientos tripulados LIDAR a más de 377m de altura (Con permiso de las autoridades competentes).

Las precisiones de 8 cm son aceptables para **levantamientos topográficos** de: zonas suburbanas, zonas rurales, agrimensura, movimientos de tierra, sísmica, aero levantamientos con RPAS remotamente tripulados hasta 144 m de altura (con la Circular Reglamentaria de operación de RPAS y permiso de las autoridades competentes).

Las precisiones de 5 cm son aceptables para **levantamientos topográficos** de: replanteo, alineación y nivelación de bordillos y cunetas, cimientos de edificaciones, aceras y pequeños replanteos de calzada. Precisiones moderadas 5 cm se utilizan en los estudios topográficos de la mayoría de los servicios públicos como tuberías hidráulicas y eléctricas, redes de alcantarillado, alcantarillas, sumideros y operaciones de vigilancia de pozos, así como para las bases generales de la construcción, pavimento de carreteras y catastro urbano.

Las precisiones de 3 cm se utilizan para **control de estudios topográficos** en: grandes estructuras comerciales, control de proyectos y para alinear luces mayores de puentes.

Las precisiones de 2 cm se utilizan para **estudios topográficos especiales** en: Ingeniería y construcción de túneles, puentes, presas, aeropuertos, zonas urbanas detalladas.

Las precisiones de 1 cm se aplican para determinar movimientos de la corteza terrestre, construcciones industriales, y **topometría** en ingeniería inversa.

Precisiones mejores de 1 cm se utilizan para **estudios geodésicos**.

Los puntos de control suelen marcarse con monumentos semi-permanentes o temporales (por ejemplo, centros de plástico, clavos de acero, tubos de hierro, estacas de madera, entre otros).

9.2.6 Precisión de posicionamiento geoespacial

Las nuevas tecnologías han permitido que los estudios de control sean ahora más eficientes y precisos, utilizando, por ejemplo, técnicas radiales directas, vectores de línea única de estaciones totales electrónicas, o con posicionamiento diferencial GPS/GNSS para monumentos o puntos de control, puntos de características topográficas, esquinas de predios, entre otros. La precisión de la posición requerida se puede estimar basándose en la exactitud del punto fijo de referencia, la precisión del instrumento y las técnicas utilizadas.

La tecnología de posicionamiento por satélite GPS/GNSS solo o en combinación con sensores remotos, permite el desarrollo de las características del mapa a diferentes niveles de precisión, dependiendo del tipo de equipos y los procedimientos empleados. Los sistemas de aumentación GPS/GNSS permiten posicionamiento directo en tiempo real, de características estáticas y dinámicas en todo tipo de plataformas (buques, lanchas, aeronaves, vehículos terrestres, entre otros).

Dibujos de planos del sitio, control fotogramétrico y de sensores remotos y entidades SIG relacionadas, se pueden construir directamente desde observaciones diferenciales GPS/GNSS, con precisiones que van desde 1 cm (el 95 % de las observaciones). Los estándares de precisión posicional actualizados por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos (ASPRS) se encuentran en la Edición 1, Versión 1.0. noviembre 2014⁵.

9.2.7 Clasificaciones de precisión GPS/GNSS

Los mapas y datos SIG relacionados, desarrollados por métodos GPS/GNSS, se pueden estimar con base en la técnica de posicionamiento GPS/GNSS empleada. Estaciones de referencia GPS/GNSS permanentes (de funcionamiento continuo, de referencia o CORS) en tiempo real RTK pueden proporcionar una precisión de posicionamiento de puntos a nivel de centímetro en amplios intervalos, proporcionando así el posicionamiento de puntos directamente en el mapa, sin necesidad de realizar estudios preliminares de control.

9.2.8 Estudios de orden superior

Requisitos para una precisión de línea relativa superior a 1 cm son raros para la mayoría de las aplicaciones de ingeniería de instalaciones, construcción o de mapeo. Los estudios que requieren precisiones de primer orden de 0.5 cm o superior deben realizarse con especificaciones geodésicas y estándares FGDC.

9.2.9 Instrumentación y criterios de observación en campo

De acuerdo con la política de utilizar normas basadas en el rendimiento, se desalientan prescripciones normativas rígidas para equipos topográficos, instrumentos o procedimientos de operación. Estudios de alineación, orientación y criterios de observación rara vez se deben especificar de forma rígida, sin embargo, la orientación general con respecto a los límites sobre el número de estaciones de la poligonal, longitudes mínimas del curso de la poligonal, conexiones con azimuts auxiliares, entre otros, se pueden proporcionar como información.

Para algunos trabajos altamente especializados, como son los estudios de seguimiento de presas, las especificaciones técnicas pueden prescribir el tipo general del sistema de instrumentos a emplearse, junto con todos los requisitos únicos de funcionamiento, calibración o inscripción.

9.2.10 Conexiones con control existente

Los estudios topográficos normalmente deben estar conectados para su georreferenciación al control local existente o Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA SIRGAS, que pueden ser monumentos de la red pasiva o a estaciones activas CORS de referencia MAGNA-ECO, entregando las coordenadas finales en la época 95.4 o la que determine en su momento el IGAC como autoridad cartográfica de Colombia. Estos puntos son absolutamente esenciales y fundamentales para el diseño, la construcción y los bienes raíces. Por lo menos, dos monumentos existentes deben estar conectados para el posicionamiento de un nuevo punto, a fin de minimizar los errores de escala o de orientación. Conexiones con puntos de control de proyectos locales que han sido previamente conectados a MAGNA SIRGAS, son normalmente suficientes en la mayoría de los casos. Estas conexiones con el control existente deben estar claramente identificadas tanto en las especificaciones del proyecto, como en los metadatos.

⁵

http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_Edition1_Ver_sion100_November2014.pdf

9.2.11 Cálculos, Ajustes, y Control de Calidad del Estudio Topográfico

La organización responsable del estudio de campo debe realizar los cálculos, los ajustes y el control de la calidad del estudio topográfico. La evaluación del cumplimiento de un estudio topográfico debe basarse en el estándar ASPRS 2014, y vincularse con la Red MAGNA SIRGAS de precisión conocida. Las especificaciones técnicas no deben requerir estándares de precisión por encima de lo necesario para el proyecto, independientemente de las capacidades de precisión del equipo de estudio. Los métodos de ajuste por mínimos cuadrados deben ser opcionales para segundo orden o trabajo de investigación de orden inferior. No debe limitarse a los métodos rígidos de cómputo, software o formularios de registro. Se recomienda el uso de paquetes de cálculo y graficación compatible con diferente software, que interactúen con los diversos formatos.

9.2.12 Registro de datos y archivo

Los datos del estudio de campo pueden ser grabados y presentados de forma manual o digital. La inscripción manual debe seguir la práctica estándar de la industria, utilizando formatos de libros de campo descritos en diversos manuales técnicos. Los datos topográficos digitales obedecen a un modelo de datos predeterminado y/o concertado entre Cliente y Productor de la información, de tal manera que estén dirigidos al cumplimiento con la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales.

9.2.13 Elementos para el aseguramiento de la calidad

Para satisfacer los requerimientos técnicos, económicos y legales de un estudio topográfico, se deben tomar en cuenta los siguientes elementos mínimos para asegurar la calidad:

- plan de entregas del proyecto;
- cumplimiento de estándares;
- asignación clara de tareas y responsabilidades: gestión de recursos;
- seguimiento y documentación;
- empleo de recurso humano calificado.

9.2.13.1 Plan de entregas del proyecto

Aunque los entregables de un estudio topográfico pueden variar ampliamente como consecuencia de los requerimientos del cliente o usuario, elaborar el plan de entregables facilita la organización del proyecto, la identificación de sus elementos más importantes y las fechas de este. Como elementos básicos del plan se recomienda precisar:

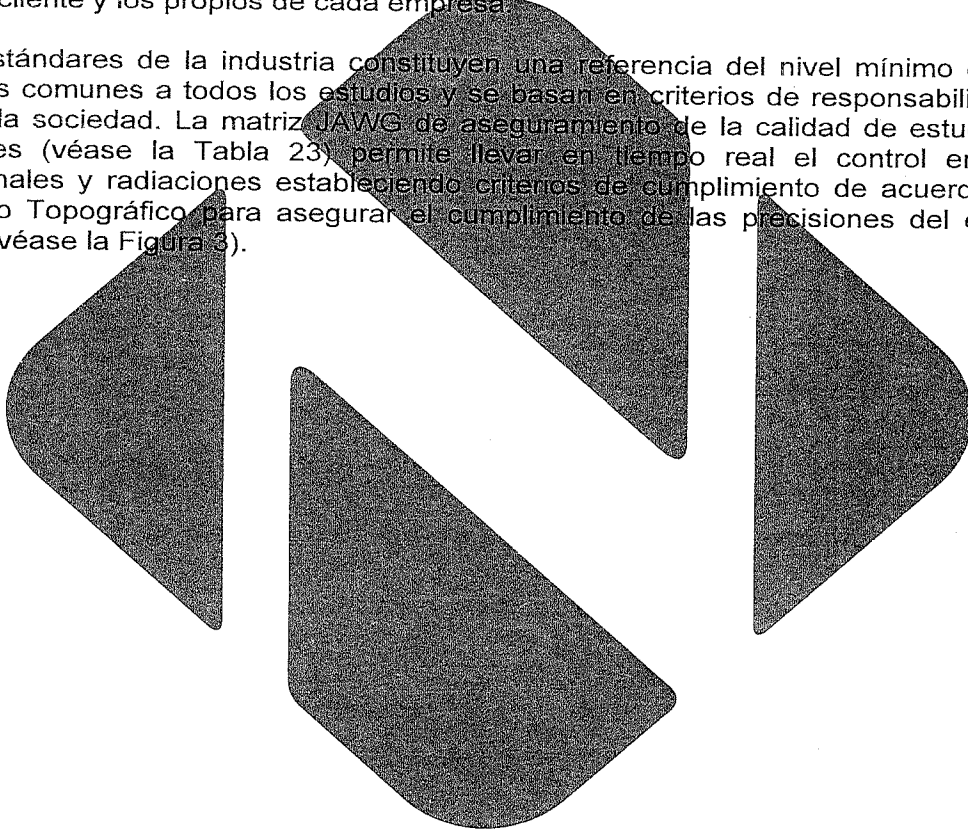
- enunciación detallada del trabajo y el alcance de los servicios requeridos;
- rendimientos, cronogramas, presupuesto y elementos clave;
- definición precisa de los entregables y de los requerimientos a cumplir;
- uso de tecnología avanzada;
- tareas y responsabilidades;

- cumplimiento de estándares profesionales e industriales;
- formatos y tipos de reportes exigidos;
- enunciación de los procedimientos de seguridad para el trabajo de campo, y
- tiempo y presupuesto para hacer revisión y control de calidad en las fases de: adquisición de información, procesamiento, cálculo, dibujo e informe final.

9.2.13.2 Cumplimiento de estándares

En la fase de planeación de un estudio topográfico se deben identificar tres tipos de estándares: los de la industria (de los cuales forma parte la presente norma), los especificados por el cliente y los propios de cada empresa.


Los estándares de la industria constituyen una referencia del nivel mínimo de cumplimiento, son los comunes a todos los estudios y se basan en criterios de responsabilidad y protección hacia la sociedad. La matriz JAWG de aseguramiento de la calidad de estudios topográficos digitales (véase la Tabla 23) permite llevar en tiempo real el control en campo de las poligonales y radiaciones estableciendo criterios de cumplimiento de acuerdo con el tipo de Estudio Topográfico para asegurar el cumplimiento de las precisiones del estándar ASPRS 2014 (véase la Figura 3).



NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 23. Matriz JAWG de aseguramiento de la calidad de estudios topográficos digitales

Clase de Precisión	φ	1		2		3		4	5	6	7		8	9
		Tolerancias Angulo (segundos x delta)	Proporción (1 cm equivale a)	Estándares de precisión	Espaciamiento mínimo entre monumentos (longitud máxima poligonal)	Tolerancia Vertical Geométrica (x Kilómetro)	Resolución Raster 2D y 3D				Horizontal	Vertical		
1	1"	tan 2" = 0,000009	1 000 m	13 km	1 mm	0,5 ²	0,5 ³	GNSS: Estático	NE: Código de barras	TOPOMETRIA: Construcciones industriales, ingeniería inversa...				
1	tan 2" = 0,000009	E	P	0,13 km	1 mm	1 ²	1 ³	ET: Poligonal Sensores Remotos TLS < 25 m	NE: Código de barras	TOPOMETRIA: Construcciones industriales, ingeniería inversa...				
2	2"	tan 3" = 0,000015	500 m	8 km	2 mm	2 ²	2 ³	GNSS: Estático Estático Rápido	NE: Código de barras	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS ESPECIALES: Ingeniería y construcción de Túneles, Puentes, Presas y Aeropuertos, Zonas urbanas detalladas...				
3	3"	tan 5" = 0,000024	250 m	5 km	3 mm	3 ²	3 ³	ET: Red Poligonal	NE: Código de barras NA: 3 hilos	CONTROL DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS: Grandes estructuras comerciales...				
5	5"	tan 8" = 0,000039	100	3 km	5 mm	5 ²	5 ³	GNSS: Estático Estático Rápido RTK	GNSS: Estático RTK	DISEÑOS Y REPLANTEOS: Redes de Servicios Públicos de todo tipo Polígonos, Catastro, Trazado Rehabilitación y Pavimento de carreteras				
8	8"	tan 13" = 0,000063	50 m	2 km	8 mm	8 ²	8 ³	ET: Red Poligonal Radial Sensores Remotos TLS	ET: Trigonométrico NE: Código de barras NA: 1 hilo	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS: Zonas sub-urbanas, Zonas rurales; Agrimensura, Movimientos de tierra; Sísmica.				
13	13"	tan 21" = 0,000102	25 m	1 km	13 mm	13 ²	13 ³	GNSS: Estático Rápido RTK Cinemático ET: Poligonal Radial Sensores Remotos ALS	GNSS: Estático Rápido Cinemático RTK ET: Trigonométrico	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS: Estimación, Delineado, Terraplen, Relieve de Ingeniería, Estudios Ambientales, Estudios de Impacto Ambiental, Estudios de Evaluación de Riesgos, Estudios de Planificación Urbana, Estudios de Planificación de Infraestructuras.				

METADATO: "Producido para satisfacer  crts Clase de Precisión"

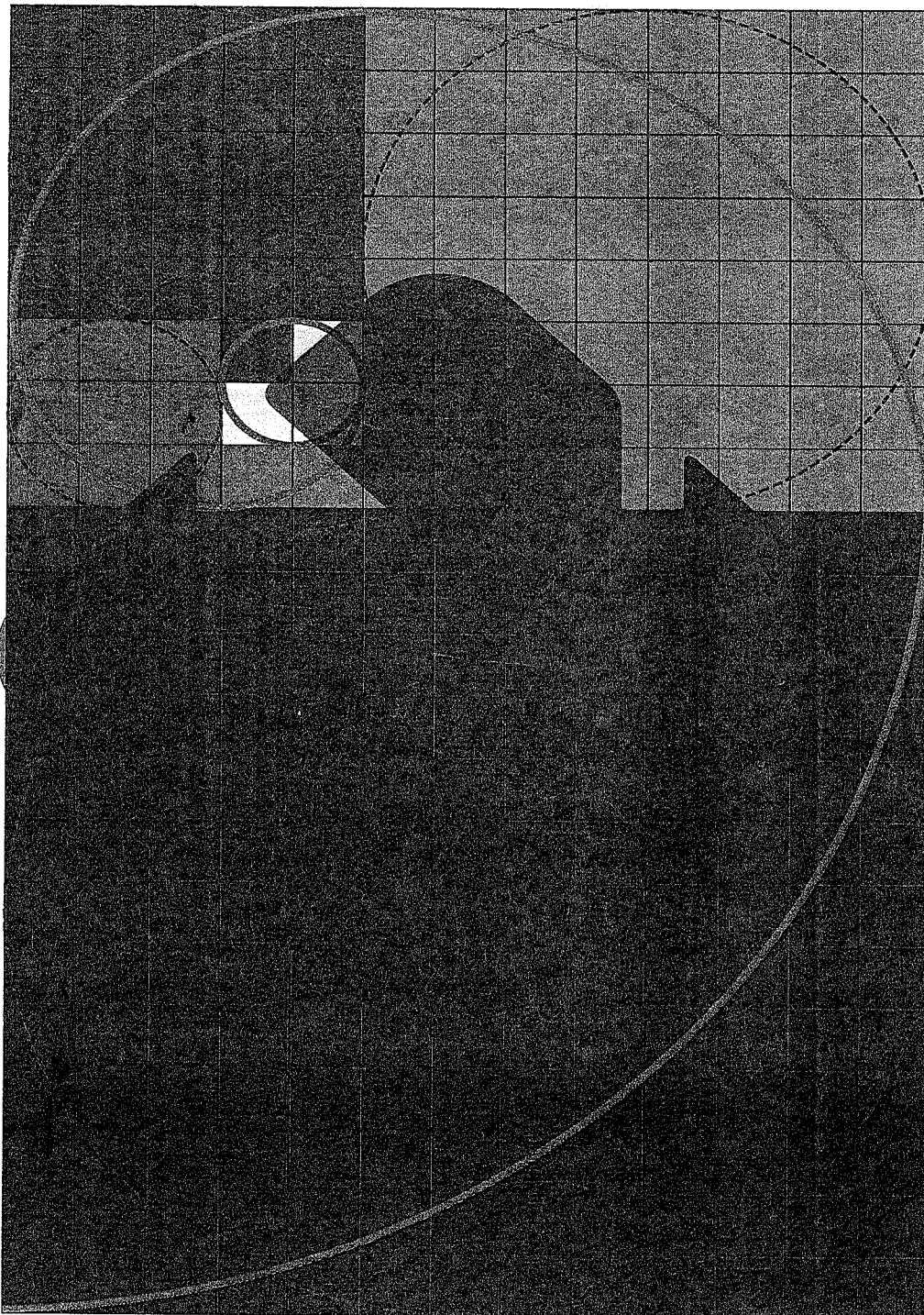


Figura 3. Representación de las precisiones 2D – Escala 1:1

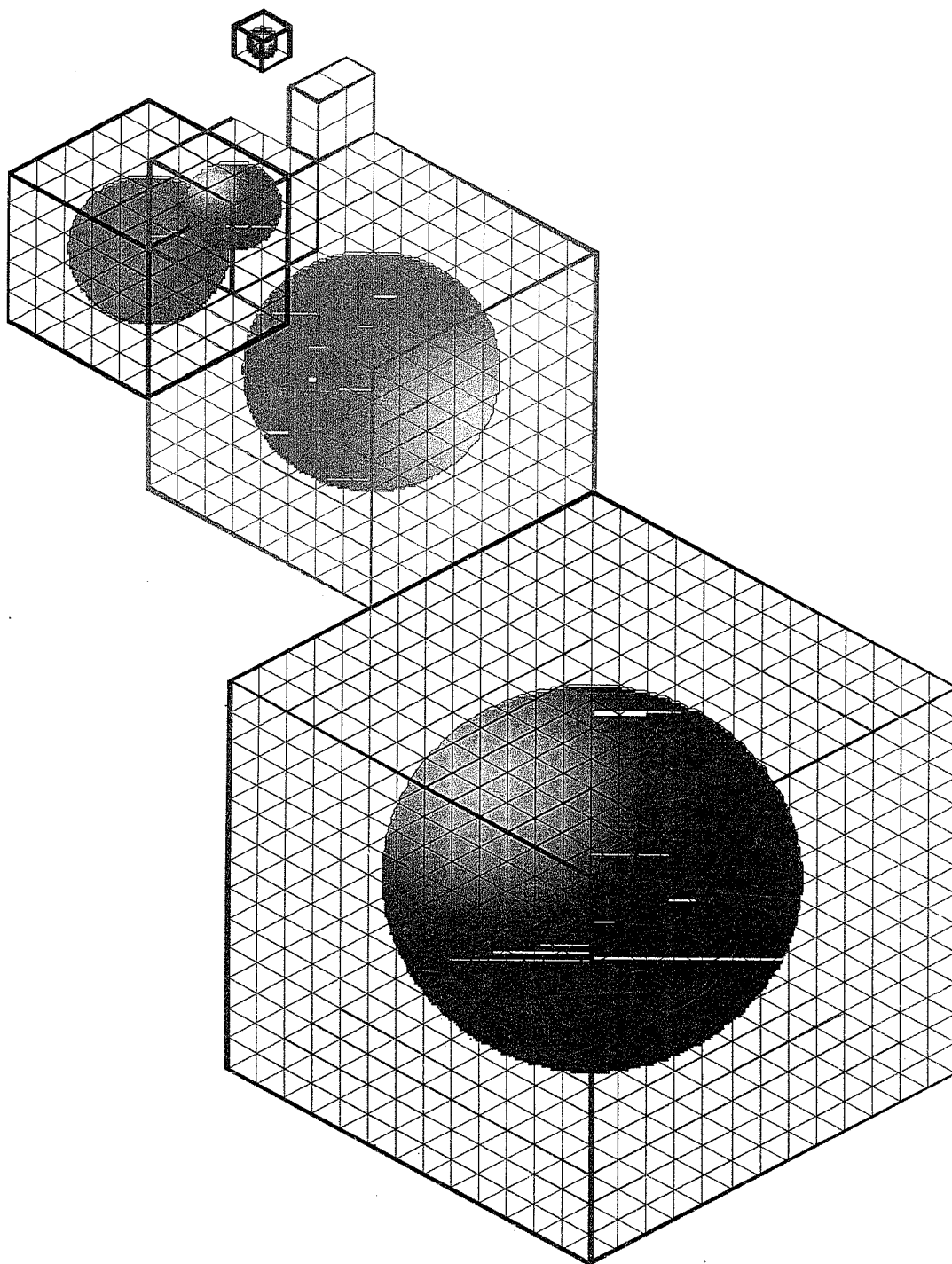


Figura 4. Representación de las precisiones en 3D – Escala 1:2

Los estándares del cliente generalmente hacen referencia a requerimientos particulares relacionados normalmente con los productos entregables.

Los estándares de la empresa dependen de su sistema de gestión interno, el cual se fundamenta en el servicio al cliente, comunicaciones, reportes, documentación y tecnologías empleadas.

9.2.13.3 Asignación clara de tareas y responsabilidades: gestión de recursos

En la planeación del estudio y su inicio es necesario trabajar con los directores técnicos y el personal de oficina para establecer el programa, indicadores y formatos de revisión. Es recomendable asignar a un técnico con conocimiento en temas de calidad y responsabilidad del aseguramiento y control de esta. Esto implica que el grupo de trabajo entienda el alcance final, las condiciones contractuales y cuenta con las condiciones y recursos necesarios para realizar un estudio topográfico con calidad.

Dentro de este ítem, la gestión de recursos desempeña un papel importante. Para asegurar el cumplimiento de los objetivos del estudio topográfico se debe tener en cuenta:

- Dar las instrucciones precisas para ejecutar las tareas y sus recursos antes de iniciar cualquier actividad.
- Socializar y proporcionar a los miembros del equipo de trabajo su plan de trabajo, cronograma, presupuesto y especificaciones.
- Establecer y socializar la política de comunicaciones y reporte en cuanto a frecuencia de este y medios de comunicación a emplear.
- Tratar los momentos o subproductos clave individualmente y no iniciar nuevas etapas mientras ellos no hayan sido terminados y aceptados.

9.2.13.4 Seguimiento y documentación

Una adecuada gestión de los costos implica: personal calificado, excelencia técnica, aseguramiento de la calidad y principios éticos. Para cualquier actividad del estudio topográfico es necesario tener en cuenta:

- profesionales de la topografía calificados y licenciados, quienes serán los responsables de los trabajos, así como expertos en áreas específicas;
- equipos, software, hardware y comunicaciones acordes con el estado del arte;
- control de la calidad en todas las fases del proyecto;
- supervisión en los trabajos de campo, procesamiento de datos, elaboración de planos o mapas y salidas finales;
- generación de reportes, de acuerdo con la programación del proyecto, y
- comunicación diaria entre los equipos o las comisiones de campo. Los datos deben transmitirse diariamente y la comunicación con el cliente debe estar a cargo de la dirección o gerencia del proyecto.

9.2.13.5 Empleo de recurso humano calificado

El entrenamiento y la experiencia del personal de campo y de oficina, es fundamental para asegurar el éxito de un estudio topográfico. Se recomienda que al menos una vez al año, el personal reciba capacitación, actualización y/o entrenamiento en los temas propios de su actividad y desempeño.

Finalmente, se relaciona una lista de chequeo mínima para tener en cuenta en el aseguramiento de la calidad de un estudio topográfico. La lista obedecerá a las condiciones de cada empresa y cada proyecto específico:

- a) preparación del control de calidad antes de iniciar labores;
- b) entrenamiento del personal en todas las etapas del proyecto;
- c) supervisión de trabajos por parte de profesionales en topografía entrenados en el uso de los equipos y el software;
- d) uso de control geodésico existente pasivo, continuo o activo y cartografía disponible para la zona del estudio;
- e) especificaciones, funcionamiento, calibración y configuración de los equipos a utilizar;
- f) especificaciones de cada tipo de levantamiento o medición;
- g) asegurar la preservación de la integridad de los datos adquiridos en campo;
- h) cálculo de errores y ajuste de cada etapa del estudio para verificar su precisión y consistencia;
- i) realizar mediciones redundantes cuando sea necesario, estas se deben programar en días y horas diferentes;
- j) revisión periódica de los equipos y sus accesorios;
- k) empleo de formatos unificados para la adquisición de datos, descripción de puntos y reporte de novedades u observaciones;
- l) rigor en el cumplimiento de las etapas y subproductos clave;
- m) realización de reuniones periódicas para la evaluación del avance del estudio, y
- n) revisión periódica del aseguramiento de la calidad por parte de los responsables.

10. PRECISIÓN POSICIONAL PARA DATOS TOPOGRÁFICOS GEOESPACIALES DIGITALES

La precisión de los planos se define por la exactitud de la posición espacial de una característica gráfica particular representada. La exactitud estándar de un mapa se cumple cuando estadísticamente presenta un cierto nivel de precisión. Para la mayoría de los estudios topográficos, la precisión deseada se indica en las Especificaciones Técnicas del pliego de condiciones, el objetivo del estándar de precisión posicional para datos geoespaciales digitales es abordar las tecnologías utilizadas para la producción de orto imágenes digitales, datos

planimétricos digitales y datos digitales de elevación, acorde con las precisiones más altas alcanzables con las nuevas tecnologías. Es responsabilidad del proveedor de datos establecer todos los parámetros finales del proyecto de diseño; medidas de aplicación y los procedimientos de control de calidad necesarios para asegurar que los datos cumplan los requisitos finales de precisión.

La norma está destinada a ser utilizada por los proveedores y usuarios de datos topográficos geoespaciales y especifica los requisitos de precisión de posición de los productos geoespaciales finales.

10.1 ESTÁNDAR ASPRS

Para todo estudio topográfico, se tienen en cuenta los estándares existentes y puede hacerse referencia en las especificaciones del contrato. Los estándares recomendados para la información topográfica producto de técnicas de radiación con estaciones totales, GPS/GNSS cinemático, escáner láser, fotogrametría o barrido de puntos con sensores remotos ubicados en plataformas espaciales, aéreas, terrestres o acuáticas, son los "Estándares de Precisión Posicional ASPRS 2014 para Datos Geoespaciales Digitales" formulados por la ASPRS, y los publicados por el Comité Federal de Datos Geográficos FGDC, los cuales se adoptan en la presente norma. Este estándar, en concordancia con otros afines, define la precisión del mapa comparando la ubicación asignada de puntos bien definidos, seleccionados a su "verdadera" ubicación, según lo determinado por un estudio de prueba independiente más preciso tomando muestras de chequeo en campo.

Este estándar define las clases de precisión con base en umbrales RMSE para orto-imágenes digitales, datos planimétricos digitales, y datos digitales de elevación.

La prueba es siempre recomendable, pero puede no ser necesaria para todos los conjuntos de datos. Requisitos específicos deben ser abordados en las Especificaciones Técnicas de cada proyecto.

El estándar ASPRS tiene aplicación en diferentes tipos de mapeo, estos van desde áreas grandes a pequeña escala, pasando por la cartografía SIG, a planos de obras de construcción de escalas grandes. Es aplicable a todos los tipos de mapeo geoespacial horizontal y vertical (digital), derivados de estudios topográficos convencionales, fotogramétricos o generados por cualquier tipo de sensor remoto, bien sea espacial, aéreo, terrestre o sub acuático, en general. El estándar ASPRS es especialmente aplicable a labores desarrolladas de planeamiento desde sitios que implican la topografía de escalas mayores, hasta escalas menores de cartografía, por tanto, se aplica a las escalas de ploteo para planos de ingeniería (1:50 a 1:5 000) o para ploteo de planos cartográficos temáticos (1:5 000 a 1:50 000) y menores para mapas. Su principal ventaja frente a otros estándares es que contiene los criterios estadísticos definitivos de prueba del mapa o plano que, desde el punto de vista de administración de contratos, es deseable.

10.1.1 Estándar de precisión horizontal para datos geoespaciales

La Tabla 24 especifica el estándar horizontal de precisión primaria para los datos digitales, incluyendo las ortoimágenes digitales, los datos planimétricos digitales y los mapas planimétricos escalados. El estándar ASPRS define las clases de precisión horizontal, en términos de sus valores RMSE_x y RMSE_y.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

Tabla 24. Estándar de precisión horizontal para datos geospaciales digitales

Clase de Precisión Horizontal	Precisión Absoluta			Mosaico Ortoimagen Línea de costura no coincidente (cm)
	RMSE _x y RMSE _y (cm)	RMSE _r (cm)	Precisión Horizontal al 95% Nivel de Confianza (cm)	
X-cm	≤ X	≤ 1,414*X	≤ 2,448*X	≤ 2*X

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014

Muchas aplicaciones modernas requieren más flexibilidad, por otra parte, muchas aplicaciones de precisión horizontal no pueden estar vinculadas directamente a la escala de compilación, a la resolución de las imágenes fuente o a la resolución final del pixel GSD. Algunos trabajos, pueden especificar que las ortoimágenes digitales, datos planimétricos digitales o mapas a una escala determinada, deben ser producidas para satisfacer estándares de precisión horizontal ASPRS por ejemplo de 8 cm RMSE_x y RMSE_y.

Las precisiones recomendadas de RMSE_x y RMSE_y, tamaño de píxel GSD que se presentan en la Tabla 25, se basan en el estado actual de las tecnologías de mapeo y las mejores prácticas. Estas precisiones pueden cambiar en el futuro, a medida que las tecnologías de topografía y cartografía sigan avanzando y evolucionando.

Tabla 25. Precisión de aero triangulación y control de tierra. Requisitos para orto imágenes - sólo datos planimétricos

Precisión del Producto (RMSE _x , RMSE _y) (cm)	A/T Precisión		Precisión Control de Tierra	
	RMSE _x and RMSE _y (cm)	RMSE _z (cm)	RMSE _x and RMSE _y (cm)	RMSE _z (cm)
50	25	50	12,5	25

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014

La Tabla 26 muestra valores típicos asociados con diferentes niveles de precisión, usando las tecnologías actuales, según el tamaño del píxel GSD.

Tabla 26. Ejemplos de precisión de orto imágenes digitales para cámaras métricas actuales de mediano y gran formato

"Ortoimágenes Comunes Tamaños de Pixel"	Precisión Horizontal Recomendada Clase RMSE _x y RMSE _y (cm)	Ortoimagen RMSE _x y RMSE _y en términos de píxeles	Uso recomendado
1,25 cm	≤ 1,3	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	2,5	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 3,8	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
2,5 cm	≤ 2,5	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	5,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 7,5	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
5 cm	≤ 5,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	10,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 15,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
7,5 cm	≤ 7,5	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	15,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 22,5	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
15 cm	≤ 15,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	30,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 45,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
30 cm	≤ 30,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	60,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 90,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
60 cm	≤ 60,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	120,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 180,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
1 m	≤ 100,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	200,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 300,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
2 m	≤ 200,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	400,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 600,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso
5 m	≤ 500,0	≤ 1-pixel	Trabajo de más alta precisión
	1000,0	2-pixels	Mapeo estándar y trabajo SIG
	≥ 1,500,0	≥ 3-pixels	Visualización y trabajo menos preciso

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6271

La Tabla 27 enumera las precisiones más comunes establecidas para relacionar el tamaño de píxel de las ortoimágenes a la escala del mapa con el estándar ASPRS 1990 de clases de estándares de precisión de mapas. (Basados en la interpretación de los usuarios y las tecnologías del pasado).

Tabla 27. Ejemplos de precisión horizontal para ortoimágenes digitales interpretada desde el estándar ASPRS 1990

"Ortoimágenes Comunes Tamaños de Pixel"	Escala del Mapa Asociado	Clase de Precisión ASPRS 1990	Precisión Horizontal Asociada Según el estándar ASPRS 1990	
			RMSE _x y RMSE _y (cm)	RMSE _x y RMSE _y en términos de píxeles
0,625 cm	1:50	1	1,3	2-píxeles
		2	2,5	4-píxeles
		3	3,8	6-píxeles
1,25 cm	1:100	1	2,5	2-píxeles
		2	5,0	4-píxeles
		3	7,5	6-píxeles
2,5 cm	1:200	1	5,0	2-píxeles
		2	10,0	4-píxeles
		3	15,0	6-píxeles
5 cm	1:400	1	10,0	2-píxeles
		2	20,0	4-píxeles
		3	30,0	6-píxeles
7,5 cm	1:600	1	15,0	2-píxeles
		2	30,0	4-píxeles
		3	45,0	6-píxeles
15 cm	1:1 200	1	30,0	2-píxeles
		2	60,0	4-píxeles
		3	90,0	6-píxeles
30 cm	1:2,400	1	60,0	2-píxeles
		2	120,0	4-píxeles
		3	180,0	6-píxeles
60 cm	1:4,800	1	120,0	2-píxeles
		2	240,0	4-píxeles
		3	360,0	6-píxeles
1 m	1:12 000	1	200,0	2-píxeles
		2	400,0	4-píxeles
		3	600,0	6-píxeles
2 m	1:24 000	1	400,0	2-píxeles
		2	800,0	4-píxeles
		3	1,200,0	6-píxeles
5 m	1:60 000	1	1,000,0	2-píxeles
		2	2,000,0	4-píxeles
		3	3,000,0	6-píxeles

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014

La Tabla 28 enumera recomendaciones para datos planimétricos digitales RMSE_x y RMSE_y producidos, a partir de imágenes digitales en diversos GSDs y sus equivalentes escalas de mapa, de acuerdo con los estándares ASPRS 1990 y NMAS de 1947.

Tabla 28. Precisión/calidad horizontal. Ejemplos de alta precisión de datos planimétricos digitales

ASPRS 2014					Equivalente a la escala del mapa en		Equivalente a la escala del mapa en NMAS
Precisión Horizontal Clase RMSE _x RMSE _y (cm)	RMSE _r (cm)	Precisión Horizontal al Nivel de Confianza del 95% (cm)	GSD Aproximado de Imágenes Fuente (cm)	Mosaico Ortoimagen Línea de Costura Máxima No coincidente (cm)	ASPRS 1990 Class 1	ASPRS 1990 Class 2	
0,63	0,9	1,5	0,31 a 0,63	1,3	1:25	1:12,5	1:16
1,25	1,8	3,1	0,63 a 1,25	2,5	1:50	1:25	1:32
2,50	3,5	6,1	1,25 a 2,5	5,0	1:100	1:50	1:63
0,01	7,1	12,2	2,5 a 5,0	10,0	1:200	1:100	1:127
7,50	10,6	18,4	3,8 a 7,5	15,0	1:300	1:150	1:190
10,00	14,1	24,5	5,0 a 10,0	20,0	1:400	1:200	1:253
12,50	17,7	30,6	6,3 a 12,5	25,0	1:500	1:250	1:317
15,00	21,2	36,7	7,5 a 15,0	30,0	1:600	1:300	1:380
17,50	24,7	42,8	8,8 a 17,5	35,0	1:700	1:350	1:444
20,00	28,3	49,0	10,0 a 20,0	40,0	1:800	1:400	1:507
22,50	31,8	55,1	11,3 a 22,5	45,0	1:900	1:450	1:570
25,00	35,4	61,2	12,5 a 25,0	50,0	1:1 000	1:500	1:634
27,50	38,9	67,3	13,8 a 27,5	55,0	1:1 100	1:550	1:697
30,00	42,4	73,4	15,0 a 30,0	60,0	1:1 200	1:600	1:760
45,00	63,6	110,1	22,5 a 45,0	90,0	1:1 600	1:900	1:1 141
60,00	84,9	146,9	30,0 a 60,0	120,0	1:2 400	1:1 200	1:1 521
75,00	106,1	183,6	37,5 a 75,0	150,0	1:3 000	1:1 500	1:1 901
100,00	141,4	244,8	50,0 a 100,0	200,0	1:4 000	1:2 000	1:2 535
150,00	212,1	367,2	75,0 a 150,0	300,0	1:6 000	1:3 000	1:3 802
200,00	282,8	489,5	100,0 a 200,0	400,0	1:8 000	1:4 000	1:5 069
250,00	353,6	611,9	125,0 a 250,0	500,0	1:10 000	1:5 000	1:6 337
300,00	424,3	734,3	150,0 a 300,0	600,0	1:12 000	1:6 000	1:7 604
500,00	707,1	1223,9	250,0 a 500,0	1 000,0	1:20 000	1:10 000	1:21 122
1000,00	1414,2	2447,7	500,0 a 1 000,0	2 000,0	1:40 000	1:20 000	1:42 244

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014

El estándar ASPRS especifica los umbrales de precisión horizontal para dos tipos de datos digitales de elevación, con diferentes requisitos de precisión horizontal:

10.1.2 Datos fotogramétricos

Para datos de elevación derivados de la estéreo fotogrametría, la precisión horizontal equivale a la clase de precisión horizontal que se aplicaría a los datos planimétricos u ortoimágenes digitales producidos a partir de la misma imagen fuente, utilizando la misma solución aérea de triangulación/INS.

10.1.3 Datos LIDAR

El error horizontal en LIDAR derivado de los datos de elevación es en gran medida una función del error posicional derivado del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), la altitud (orientación angular), error (derivado del INS) y la altura del vuelo; puede ser estimado sobre la base de estos parámetros. La siguiente ecuación proporciona una estimación de la exactitud horizontal para los datos LIDAR derivados establecidos suponiendo que la precisión posicional GNSS, la exactitud de la actitud de la Unidad de Medición Inercial (IMU) y la altura de vuelo son conocidos:

$$Error\ Horizontal\ LIDAR\ (RMSE_r) = \sqrt{(error\ posicional\ GNSS)^2 + \left(\frac{\tan(error\ IMU)}{0,55894170} \times Altura\ del\ vuelo\right)^2}$$

La ecuación anterior considera la altitud de vuelo (en metros), los errores posicionales GNSS (radial, en cm), los errores IMU (en grados decimales), y otros factores tales como alcance y los errores de temporización (se estiman que son iguales a 25 % de los errores de orientación). En la ecuación anterior, los valores para el "error de posición GNSS" y el "error IMU" se pueden derivar de las especificaciones publicadas por los fabricantes.

Si la cifra de la precisión horizontal deseada para los datos LIDAR es acordada, se puede usar la siguiente ecuación, para estimar la altitud de vuelo:

$$Altitud\ del\ vuelo \approx \frac{055894170}{\tan(error\ IMU)} \sqrt{(error\ Horizontal\ LIDAR\ (RMSE_r)^2 + (error\ posicional\ GNSS)^2}$$

La Tabla 29 se puede utilizar como una guía para estimar los errores horizontales que pueden esperarse de los datos LIDAR, en diversas alturas de vuelo, con base en errores estimados GNSS e IMU.

Tabla 29. Errores horizontales esperados (RMSEr) para datos LIDAR en términos de altura de vuelo

Altura (m)	Posicional RMSEr (cm)
500	13,1
1 000	17,5
1 500	23,0
2 000	29,0
2 500	35,2
3 000	41,6
3 500	48,0
4 000	54,5
4 500	61,1
5 000	67,6
American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014	

Precisiones horizontales al nivel de confianza del 95 %, utilizando métodos NSSDA se expresan como "producido para satisfacer" o "probado para cumplir" las especificaciones, deben ser reportadas para todos los conjuntos de datos de elevación.

Para tecnologías o requisitos de proyectos que no sean para fotogrametría y LIDAR aerotransportado, las precisiones horizontales apropiadas deben ser negociadas entre el proveedor de datos y el cliente. Umbrales de error específicos, umbrales de precisión o los métodos para las pruebas dependerán de la tecnología utilizada y el diseño del proyecto. El

proveedor de los datos tiene la responsabilidad de establecer metodologías apropiadas, aplicables a las tecnologías utilizadas, para verificar que las precisiones horizontales satisfacen las necesidades de los proyectos establecidos.

La relación recomendada RMSE_x y RMSE_y entre la clase de precisión y el tamaño de píxel de las ortoimágenes varía, dependiendo de las características del sensor de imagen y los procesos de asignación específicos utilizados. La clase de precisión horizontal apropiada debe ser negociada y acordada entre el usuario final y el proveedor de datos, basados en las necesidades de proyectos específicos y criterios de diseño. Esta sección proporciona una guía general para ayudar en la toma de esa decisión.

10.1.4 Estándar de precisión vertical para datos de elevación

La precisión vertical se calcula utilizando estadísticas RMSE en terreno sin vegetación y estadísticas percentil 95, en terrenos con vegetación. La Tabla 30 proporciona las clases de precisión vertical y la nomenclatura de los datos digitales de elevación. Se especifican los requisitos de precisión horizontal para los datos de elevación y se informan independientemente de los requisitos de precisión verticales.

Tabla 30. Estándar de precisión vertical para datos de elevación digital

Clase de Precisión Vertical	Precisión absoluta			Precisión relativa (donde aplique)		
	RMSEz Sin Vegetación (cm)	NVA al 95 % Nivel de Confianza (sm)	VVA al 95 Percentil (cm)	Dentro de franja Repetibilidad de Superficies Duras (Max Dif) (cm)	De franja a franja Terreno sin Vegetación (RMSDz) (cm)	De franja a franja Terreno sin Vegetación (Max Dif) (cm)
X-cm	≤ X	≤ 1,96 * X	≤ 3,00 * X	≤ 0,60 * X	≤ 0,80 * X	≤ 1,60 * X

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014

El estándar ASPRS 2014 incluye ejemplos de valores de precisión verticales típicos para datos digitales de elevación y ejemplos que relacionan la precisión vertical de este estándar a los estándares de mapa anteriores. El estándar ASPRS 2014 proporciona ejemplos sobre la precisión vertical y la densidad de puntos LIDAR recomendada para los datos de elevación digital.

La precisión vertical sin vegetación en el nivel de confianza del 95 % en terrenos sin vegetación (NVA) se aproxima al multiplicar el valor de la exactitud de la vertical de la Clase de precisión (o RMSEz) por 1,9600. Este cálculo incluye los puntos de control ubicados en el levantamiento tradicional en terreno abierto (suelo desnudo, arena, piedras y hierba corta) y terreno urbano (superficies de asfalto y concreto). La NVA, basada en un multiplicador RMSEz, se debe utilizar sólo en terreno sin vegetación, donde los errores de elevación típicamente siguen una distribución normal del error. Estadísticas basadas en RMSEz no se deben utilizar para estimar la precisión vertical en terrenos con vegetación o donde los errores de elevación a menudo no siguen una distribución normal.

La precisión vertical en el nivel de confianza del 95 % en terrenos con vegetación (VVA) se calcula como el percentil 95 de los valores absolutos de los errores verticales en todas las categorías de cobertura del suelo con vegetación combinada, incluidas las hierbas altas y cultivos, tierras de maleza y áreas totalmente forestadas. Para todas las clases de precisión verticales, el estándar VVA es tres veces el valor de la exactitud de la vertical de la clase de precisión.

Tanto el RMSEz como la metodología de percentil 95th especificados anteriormente son en la actualidad ampliamente aceptados en la práctica estándar y han demostrado funcionar bien para los conjuntos de datos de elevación típicos derivados de las tecnologías actuales. Sin embargo, ambos métodos tienen limitaciones, en particular cuando el número de puntos de control es pequeño. A medida que se desarrollen y acepten métodos estadísticos más robustos, se añadirán como nuevos anexos para complementar y/o sustituir estas metodologías existentes.

10.1.5 Evaluación estadística de precisiones horizontal y vertical

La precisión horizontal se evalúa a través del error medio cuadrático (RMSE) de las estadísticas en el plano horizontal, es decir, RMSE_x, RMSE_y y RMSE_r. La precisión vertical se evalúa sólo en la dimensión Z. Para pruebas de precisión vertical se utilizan diferentes métodos en terreno sin vegetación (donde los errores típicamente siguen una distribución normal adecuada para los análisis estadísticos RMSE) y en terreno con vegetación (donde los errores no necesariamente siguen una distribución normal). Cuando los errores no se pueden representar por una distribución normal, el valor percentil 95th más justo estima la precisión a un nivel de confianza del 95 %. Por estas razones la precisión vertical se evalúa, a través de las estadísticas en RMSEz en terreno sin vegetación y estadísticas percentil 95th en terrenos con vegetación. Los conjuntos de datos de elevación también deben ser evaluados por la precisión horizontal cuando sea posible.

La precisión vertical debe ser probada mediante la comparación de elevaciones de la superficie representada en el conjunto de datos, con elevaciones determinadas, a partir de una fuente independiente de mayor precisión, realizando la comparación de las elevaciones de los puntos de control, con elevaciones interpoladas a partir del conjunto de datos en las mismas coordenadas x/y (véase el Anexo C, Sección C.11 del estándar ASPRS 2014 para una orientación detallada sobre los métodos de interpolación).

Como regla general, este estándar recomienda que el error medio sea menor que el 25 % del valor RMSE especificado para el proyecto. Estos resultados deben ser claramente documentados en los metadatos.

10.1.6 Exactitud del mapa con pruebas de aseguramiento de la calidad

Pruebas independientes del mapa es el nombre de una función de garantía de la calidad que se realiza independiente del control normal de la calidad, durante el proceso de mapeo. Las especificaciones y/o disposiciones del contrato deben indicar el requisito (o la opción) para realizar las pruebas independientes al mapa; estas raras veces se realizan para estudios de ingeniería y construcción. Si se realizan las pruebas del mapa, deben hacerse dentro de un período de tiempo fijo después de la entrega y si se realizan por contrato, se hacen después de la debida notificación al contratista.

De conformidad con el estándar ASPRS, la precisión horizontal y vertical de un mapa se comprueba mediante la comparación de las coordenadas o las elevaciones medidas del mapa (en su escala objetivo-prevista) con valores espaciales determinados por un estudio de verificación de mayor precisión. El levantamiento de verificación debe ser por lo menos dos veces (preferiblemente tres veces) más exacto que la tolerancia de las características del mapa que figura en las tablas del estándar ASPRS 2014 y se someterá a ensayo un mínimo de 20 puntos.

Los mapas y las bases de datos geoespaciales relacionadas deben cumplir con un estándar ASPRS particular y deben tener una declaración que indique dicho estándar. La declaración de cumplimiento debe hacer referencia a los datos de precisión más bajos representados en el

mapa, o en algunos casos, a las capas o niveles específicos de datos. La declaración debe indicar claramente la escala del mapa de destino en el que se desarrolló la capa de mapa o una función. Cuando no se llevan a cabo pruebas independientes, la declaración de cumplimiento debe indicar claramente que las especificaciones de mapeo de procedimiento se han diseñado y realizado para cumplir un determinado mapa de clasificación ASPRS, pero que no se realizó una prueba de cumplimiento rígido. Los mapas y bases de datos geoespaciales publicados cuyos errores excedan lo indicado en el estándar, deben indicar en sus leyendas o archivos de metadatos, que el mapa no es controlado y que las dimensiones no corresponden con la escala. Este requisito de declaración de precisión es especialmente aplicable a las bases de datos de SIG, que pueden ser compilados a partir de una variedad de fuentes, que contienen una desconocida fiabilidad en la exactitud.

10.1.7 Reportes

Las precisiones horizontales y verticales se deben consignar en términos de cumplimiento de los umbrales RMSE y otros criterios de calidad y precisión descritos en el estándar ASPRS 2014. Además de la presentación de informes que aparecen abajo, ASPRS respalda y alienta a los estados de información adicionales que indican la precisión estimada en un nivel de confianza del 95 %, de acuerdo con el estándar FGDC NSSDA (véase la Tabla 31).

Si se realiza la prueba, las declaraciones de precisión deben especificar que los datos son "probados para cumplir con" la precisión indicada.

Si no se realiza la prueba, las declaraciones de precisión deben especificar que los datos son "producidos para cumplir con" la precisión indicada. Esta declaración "producido para cumplir con" es equivalente a la declaración "compilado para cumplir con" utilizada por los estándares anteriores cuando se hace referencia a los mapas cartográficos. El método "producidos para cumplir con" es adecuado para tecnologías maduras o establecidas, cuando resulte que los procedimientos establecidos para el diseño de proyectos, control de calidad, la evaluación de las precisiones relativas y absolutas en comparación con el control de tierra para producir resultados repetibles y confiables. Las especificaciones detalladas para las pruebas e informes para cumplir con estos requisitos se especifican en el Anexo C del estándar ASPRS 2014.

La precisión horizontal de ortomágenes digitales, datos planimétricos y conjuntos de datos de elevación debe 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_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"⁶.
- "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"⁷.

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

⁶ "Probado para cumplir con" se utiliza sólo si las precisiones de datos fueron verificadas mediante pruebas contra puntos de control independientes de mayor precisión.

⁷ "Producido para satisfacer con" lo utiliza el proveedor de datos, para afirmar que los datos cumplen las precisiones específicas, basadas en procesos establecidos que producen resultados conocidos, pero que las pruebas de verificación independiente contra puntos de mayor precisión, no se realizaron.

- "Este conjunto de datos fue probado para cumplir con Estándares de Precisión posicional ASPRS para Datos Digitales Geoespaciales (2014) para ____ (cm) RMSEz de Precisión Clase Vertical. La precisión real NVA se encontró que era RMSEz = ____ cm, lo que equivale a \pm ____ cm a nivel de confianza del 95 %. La Exactitud VVA real resultó ser \pm ____ cm en el percentil 95".

- "Este conjunto de datos fue producido para satisfacer con Estándares de Precisión posicional ASPRS para Datos Digitales Geoespaciales (2014) para ____ cm RMSEz de Precisión Clase Vertical equivalente a NVA = \pm ____ cm a de nivel de confianza 95 % y VVA = \pm ____ cm en el percentil 95".

Tabla 31. Estadística de Precisión NSSDA. Ejemplo de un conjunto de datos con coordenadas 3D

Punto ID	Valores derivados del Mapa			Valores Verificados de puntos levantados			Residuales (errores)		
	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Elevación (H)	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Elevación (H)	Δx Coordenadas (E)	Δy Coordenadas (N)	Δz Elevación (H)
	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros
GCP1	359 584,394	5 142 449,934	477,127	359 584,384	5 142 450,004	477,198	-0,140	-0,070	-0,071
GCP2	359 872,190	5 147 939,180	412,406	359 872,290	5 147 939,280	412,396	-0,100	-0,100	0,010
GCP3	395 893,089	5 136 979,824	487,292	359 893,072	5 136 979,894	487,190	0,017	-0,070	0,102
GCP4	359 927,194	5 151 084,129	393,591	359 927,264	5 151 083,979	393,691	-0,070	0,150	-0,100
GCP5	372 737,074	5 151 675,999	451,305	372 736,944		451,218	0,130	0,120	0,087
			Número de puntos de verificación			5	5	5	5
			Error Medio (m)			0,033	0,033	0,006	0,006
			Desviación Estándar (m)			0,108	0,108	0,119	0,091
			RMSE (m)			0,102	0,102	0,106	0,081
			RMSE _v (m)			0,147	0,147	= SQRT (RMSE _x ² + RMSE _y ²)	
			NSSDA Precisión Horizontal r (ACCx) a 95% de nivel de confianza			0,255	0,255	= RMSE _r x 1,7308	
			NSSDA Precisión Vertical z (ACCz) a 95% de nivel de confianza			0,160	0,160	= RMSE _z x 1,9600	

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS:

Estándares geoespaciales. Oficina de Gerencia y Presupuesto, Gobierno de Costa Rica.

Geospatial Positioning Accuracy Standards. Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy. Subcommittee for Base Cartographic Data, Federal Geographic Data Committee.

Positional Accuracy Handbook - Using the National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) - to Measure and Report Geographic Data Quality.

LEGISLACIÓN:

CONPES 3585, Consolidación de la política nacional de información geográfica y la infraestructura colombiana de datos espaciales – ICDE, Republica de Colombia, 16 de febrero de 2009.

Decreto reglamentario 690 de 1981, Por el cual se reglamenta la Ley 70 de 1979, Republica de Colombia, 13 de marzo de 1981.

Ley 70 de 1979, Por la cual se reglamenta la profesión de topógrafo y se dictan otras disposiciones sobre la materia, Republica de Colombia, 28 de diciembre de 1979.

Ley 842 de 2003, Por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones, Republica de Colombia, 09 de octubre de 2003.

Minimum Standard Detail Requirements for Alta/Acsm Land Title Surveys. American Land Title Association, American Congress on Surveying and Mapping.

Resolución 64 de 1994 IGAC. “Por la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir las personas naturales o jurídicas para realizar trabajos fotogramétricos y cartográficos en el territorio nacional”.

Resolución 399 del 17 de junio de 2011 del IGAC. “Por la cual se definen los orígenes cartográficos para la proyección Gauss - Krüger, Colombia (Transverse Mercator)”.

Resolución 0462 del 13 de julio de 2017, Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio

Resolución 0463 del 13 de julio de 2017, Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio

Sentencia C-1213 de 2001, Corte constitucional, Republica de Colombia, 2001.

LIBROS Y PUBLICACIONES:

Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como Datum oficial de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Octubre de 2004.

ANDERSON, James. y MIKHAIL, Edward. Introducción a la Topografía, México, McGraw-Hill, 1987, 753 p.

Aspectos prácticos de la adopción del marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS como *Datum* oficial de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Octubre de 2004.

ARIZA, Francisco Javier y JAMES ATKINSON GORDO, Alan David. Metodologías de control posicional: visión general y análisis crítico. Grupo de investigación en ingeniería cartográfica Universidad de Jaén. S.I. S.f.

Control and Topographic Surveying - Engineering And Design - US Army Corps of Engineers.

Evaluación de la exactitud posicional vertical de una nube de puntos topográficos lidar usando topografía convencional como referencia. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM-ISSN 0188-4611, núm. 85, 2014, pp. 5-17, doi: 10.14350/rig.36934.

Tipos de coordenadas manejadas en Colombia, Laura Sánchez Rodríguez, IGAC 2004.

