

INFORME TÉCNICO SOBRE PROTOCOLOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES A ESCALAS 1:1 000 y 1:5000 EN BASE AL CONVENIO IGM-MIDUVI

1. ANTECEDENTES

La creciente demanda de información Geoespacial asociada a las necesidades del país en temas de planificación, desarrollo, gestión de riesgos, entre otros, requiere de sistemas de captura más eficientes basados en la incorporación de nuevas tecnologías para la obtención de productos cartográficos que emplean tecnologías para la adquisición de datos como los sistemas GNSS, Ortofotos y LIDAR; los cuales, en combinación con los procedimientos de fotogrametría digital o digitalización, permiten cartografiar el territorio nacional.

Ante este contexto, el Instituto Geográfico Militar (IGM) como organismo generador de la cartografía oficial del país y en el marco del convenio IGM-MIDUVI cuyo objeto es la implementación del Sistema Nacional de Catastro, ha considerado proporcionar a los usuarios, especificaciones técnicas para obtener cartografía base con fines catastrales a escala 1: 1 000 y 1: 5 000, acorde a los avances tecnológicos, cambios metodológicos en el proceso de obtención de la cartografía y la evolución de cartografía analógica a digital administrada dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La Ley de la Cartografía Nacional y su Reglamento, estipula que el IGM tiene la facultad de generar cartografía Base a nivel Nacional, siguiendo especificaciones y normativas de entidades productoras, sea a nivel nacional (IGM) como internacional (IPGH, NGA y MGCP), con el fin de homogenizar la información cartográfica a escalas grandes como las 1:1000 y 1:5 000.

Por lo tanto, los protocolos de fiscalización y especificaciones técnicas, han considerado variedad de documentación técnica de referencia; cuya estructura y contenido se basa en las normas ISO: 19110, 19126 y 19135.

2. OBJETO

Este informe y sus respectivos anexos (protocolos) establecen las especificaciones técnicas y requerimientos para levantamientos de datos geográficos para la generación de cartografía base con fines catastrales a escala 1: 1 000 y 1: 5 000, obtenidos a través de métodos de restitución fotogramétrica (3D), digitalización sobre Ortofoto (2D), LIDAR o levantamientos topográficos-geodésicos.

3. DESARROLLO

3.1 GENERALIDADES

El Instituto Geográfico Militar, al ser una unidad militar técnica, gestiona, aprueba y controla todas las actividades encaminadas a la elaboración de la cartografía oficial y el archivo de datos

geográficos, cartográficos del país; y, estudios de aplicación geomática; así como investigación y difusión de las ciencias geoespaciales, coadyuvando a la defensa de la soberanía e integridad territorial, apoyo al desarrollo nacional y al accionar de otras instituciones del Estado.

En este sentido, y como parte del apoyo, el IGM ha venido trabajando de manera conjunta con el MIDUVI con la finalidad de disponer de manuales de especificaciones técnicas adoptando normas y estándares internacionales para la ejecución de proyectos de cartografía base con fines catastrales para las escalas 1:1000 y 1:5000 (urbano y rural) en el Ecuador, en referencia a lo estipulado en el Acuerdo Ministerial MIDUVI-2022-0003-A, Norma Técnica Nacional de Catastros. Dichos manuales y especificaciones deben cumplir con lineamientos propios que garanticen el objetivo del MIDUVI para el Catastro, por lo tanto, estos documentos pueden tener variaciones en la representación geográfica de los objetos para cumplir dicha necesidad.

3.2 MARCO DE REFERENCIA

Sistema y Marco de referencia: Sistema de referencia geocéntrico (elipsoide GRS80 o WGS84) para las Américas SIRGAS ECUADOR – ITRF08, ÉPOCA 2016.43 (Resolución IGM-2016-005-e-1; Resolución IGM-IGM-2020-0024-R) o aquel Marco que se encuentre vigente a la fecha mediante resolución.

Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM), zonas: 17 N, S y 18 N, S para Ecuador continental; 15 S para Galápagos debido a que es la zona habitada.

Es necesario aclarar que las BDG creadas para la presente documentación, se encuentran referidas al elipsoide WGS 84 en las 4 zonas UTM que componen el Ecuador Continental. En referencia a ello, dichas BDG no corresponderían al sistema de referencia oficial (SIRGAS – ECUADOR); sin embargo, la diferencia entre los elipsoides WGS84 y GRS80 (elipsoide oficial de SIRGAS) es que este último, es ligeramente más achatado, por lo que se puede considerar que, para fines prácticos, no hay diferencia significativa al usar cualquiera de estos dos elipsoides.

Dentro de este contexto, el motivo por el cual el IGM acoge el elipsoide WGS84, se debe a que el uso, diseño y creación de una BDG se realiza a través de los SIG, herramientas que poseen vastas bibliotecas de sistemas de referencia locales y universales; sin embargo, el carácter histórico de su mayoría, ha determinado que dichas bibliotecas no lleguen a superar las versiones del año 2000 para el elipsoide de SIRGAS (GRS80).

3.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

El marco de las especificaciones técnicas propuestas considera varios métodos de extracción de elementos: restitución fotogramétrica, digitalización sobre ortofoto, levantamientos topográficos-geodésicos o LIDAR (Aéreo o terrestre).

3.3.1 Restitución fotogramétrica

Se realiza mediante pares de fotografías aéreas del terreno, software y equipos especializados que permiten una visión estereoscópica (Quiroz, 2014). Para ello, considerando las especificaciones técnicas, los elementos se capturan con tres valores numéricos; correspondientes a las coordenadas geográficas (Este – Norte) y altura (Quiroz, 2014), siguiendo las especificaciones técnicas contenidas en la guía de extracción a escala 1: 1 000 y 1:5 000.

3.3.2 Digitalización sobre ortofoto

La captura de la información se realiza en dos dimensiones mediante fotoidentificación de los elementos con el uso de ortofotos / ortomosaico y las especificaciones requeridas a la escala para el levantamiento espacial de la cartografía vectorial; considerando los catálogos de objetos IGM escalas 1: 1 000 y 1:5 000. Para realizar la digitalización es necesario definir un SIG con las diferentes herramientas de edición y análisis espacial para el correcto trazo de la información. Posterior al trazo, se debe garantizar una correcta estructuración, catalogación y control topológico de la cartografía.

3.3.3 LiDAR

LiDAR es un sensor montado en una plataforma aérea o terrestre (avión, UAV, automóvil, trípode, mochila, barco, etc.) usado para la captura de información espacial, misma que puede ser considerada homóloga a técnicas topográficas convencionales. La precisión de los datos LiDAR y los vectores generados a partir de este método, serán determinadas por la precisión del levantamiento. Cabe aclarar que, para la extracción de vectores a partir de LiDAR, se debe generar una clasificación de los objetos de superficie, principalmente de edificaciones. Ya que la captura de esta información se realiza por medio de un sistema láser que mide la distancia entre el punto de emisión del láser hasta un objeto o superficie (IGN, 2009).

Finalmente, los vectores generados a partir de la clasificación de datos LiDAR, deberán estar correctamente validados y corregidos en un SIG con todas las condiciones para su estructuración y catalogación.

3.4 REPRESENTACIÓN Y CATALOGACIÓN DE OBJETOS

3.4.1 Guía de extracción para fines catastrales

Como parte del compromiso de generar un trabajo articulado que facilite la intervención catastral a realizar en los GAD municipales del país, el Instituto Geográfico Militar y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) han generado la Guía de Extracción 1:1 000 y 1:5 000 que se pone a disposición de la ciudadanía como documentos que permiten homogeneizar los criterios y lineamientos técnicos para la generación y actualización de la cartográfica base y su control de la calidad, optimizando los recursos de los GAD enmarcados en mejorar el proceso para la generación de insumos para la cartografía catastral; contribuyendo a cumplir el propósito de los municipios, planificadores y administradores territoriales de contar con información actualizada

para planificar y tomar decisiones en el contexto del desarrollo urbano y rural para beneficio de la población de cada uno de los cantones del país.

En este sentido, la cartografía base a escalas 1: 1 000 y 1:5 000, se convierte en el principal insumo para la comunidad de usuarios que generan geoinformación para la actividad catastral urbana y rural a través de los SIG; razón por la cual, en este documento, se presentan especificaciones técnicas que deben ser utilizadas por el usuario especializado en la generación de cartografía de calidad, en las escalas mencionadas, homologando el criterio de extracción de acuerdo a la metodología utilizada para el levantamiento cartográfico (restitución fotogramétrica, digitalización sobre ortofoto, LiDAR o levantamientos topográficos-geodésicos), siguiendo los parámetros establecidos en los documentos técnicos generados.

3.4.2 Catálogos de objetos para cartografía base con fines catastrales urbanos y rurales

En el marco del convenio IGM-MIDUVI, se han determinado objetos geográficos que pueden ser capturados o fotoidentificados para cartografía base con fines catastrales, para catastro urbano a escala 1:1000, y rural a escala 1:5000, en el catálogo vigente, para cada escala, se definen categorías, subcategorías y objetos; así como los correspondientes atributos y dominios para cada objeto a ser capturado.

3.5 CONTROL DE CALIDAD DE CARTOGRAFÍA

Los objetos geográficos deben ser levantados considerando parámetros que cumplan las especificaciones técnicas requeridas a la escala para garantizar la calidad a evaluar mediante la Norma ISO 19157 (contiene ISO 19113 y 19114); la cual establece la calidad mediante el empleo de las categorías de elementos y subelementos de la calidad: completitud o compleción (omisiones y comisiones de objetos), consistencia lógica (reglas lógicas de la estructura de los datos, atributos y relaciones), exactitud posicional (correcta posición geográfica del objeto), exactitud temática (objetos ubicados en el Feature class y Feature data set correspondiente). Culminado este proceso, se debe realizar una correcta revisión a la catalogación en función al catálogo de objetos correspondiente; así como, cuidar las relaciones topológicas de objetos entre sí y entre elementos que se relacionan, por ejemplo: edificaciones con cerramientos (muros y cercas); vías con aceras y bordillos, vialidad en general; y ríos con todos los objetos de hidrografía.

Finalmente, los errores encontrados en la cartografía serán detallados y cuantificados tal como lo detalla los protocolos de fiscalización generados por medio del convenio IGM-MIDUVI. Estos protocolos están conformados por las siguientes partes:

- La primera, consiste en la evaluación de la exactitud posicional de la ortofotografía y/u ortoimagen
- La segunda es la fiscalización de la calidad de la ortofoto y/u ortoimagen, para más información referirse al documento "PROTOCOLO ORTOFOTO VERDADERA y ORTOIMAGENES FINES CATASTRALES ESCALA 1K y 5k"

- La tercera, corresponde a la evaluación de la compleción, consistencia lógica y exactitud temática de la cartografía a escala 1: 1 000 y 1: 5 000. (“Protocolo de fiscalización para proyectos de generación de cartografía base con fines catastrales a escalas: 1: 1000 y 1: 5 000”, 2024, Versión 6.0 y Catalogo de objetos escala MIDUVI 1:1000 y 1:5000, 2024, versión 2.0) o en su defecto aquel protocolo o catalogo que se encuentren vigente a la fecha.

3.6 CONTROL DE CALIDAD DE ORTOFOTOS Y/U ORTOIMÁGENES

3.6.1. Verificación de Información general y georeferenciación

Se analizará que la esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo de cada ortofoto, tenga el Sistema de Referencia adecuado (ej.WGS 84, UTM Zona 17 Sur), de acuerdo a las especificaciones indicadas por el usuario. La verificación se realizará mediante la observación del metadato de la Ortofotografía. Éste análisis se realizará sobre el mosaico de ortofotos del proyecto entregado.

INFORMACION GENERAL	REQUERIMIENTO
FORMATO DE ENTREGA	TIF, ECW, IMG, JP2 o cualquier otro formato estándar (formato con compresión, sin pérdida de resolución). Recomendado: LZW al 5% de compresión
ARCHIVO RASTER	Mínimo 8 Bits/banda, Bandas RGB (obligatorias)
MEMORIA TÉCNICA	Formato: pdf, (con firma electrónica del responsable técnico) Descripción completa del proceso, debe indicar equipos y software utilizados, RMSE, de los subprocesos y del producto final.
DESPLIEGUE DE ARCHIVOS	En software libre (QGIS O GVSIG) o comercial (ENVI, ArcGis, Global Mapper)
SISTEMA DE REFERENCIA (PROYECCION Y DATUM)	SIRGAS o WGS84, UTM zonas: 15, 16, 17 y 18 según corresponda
COMPLETITUD DE LA INFORMACIÓN	Verificación del ortofotomosaico entregado exclusivamente dentro del límite establecido en el contrato. Sin embargo, la entrega efectiva del ortofotomosaico deberá contemplar un área de influencia adicional de al menos 100 metros por fuera del límite contratado.

3.6.2. Verificación de Radiometría

Se verificará que las hojas cumplan el pliego de prescripciones técnicas, datos de radiometría como número de bandas, número de bits por bandas, niveles de tonos por cada banda, etc.

Se detectará degradación de color del mosaico, zonas difuminadas, cortes entre pasadas, desplazamientos entre pasadas, zonas de píxelado y borrosas, diferencias de elementos en la zonas de traslape. Éste análisis se realizará en el mosaico de ortofotos entregado por el cliente.

RADIOMETRÍA	REQUERIMIENTO
HOMOGENEIDAD DE TONO	Tonos homogéneos en todo el mosaico, no se permitirá cambios abruptos de tonalidades, estas deben estar en armonía con el mosaico.
BRILLO Y CONTRASTE	Inspección visual a fin de que los objetos geográficos puedan distinguirse, se observará la saturación de blancos, el suficiente brillo y contraste que permita la visualización de límites de objetos geográficos y total distinción del objeto
NUBES	< 10% de nubes en todo el mosaico. Si existen áreas dispersas se valorará por cada ortofotomosaico. Las nubes por ningún motivo deberán encontrarse sobre zonas urbanas
SOMBRAS	< 10% de sombras
ARCHIVO RASTER	Bits y bandas conforme a TDR

*Las sombras serán cuantificadas cuando los detalles en el ortofotomosaico, no puedan ser visualizados.

3.6.3. Verificación calidad Geométrica

Se verificará que no existan discontinuidades en los elementos geométricos realizando una evaluación visual de toda la superficie que abarca cada bloque, prestando especial interés a las siguientes zonas conflictivas:

Aquellas que recorren las líneas de mosaico o zonas de "cosido" entre ortofotos brutas. Aquellas donde discurren elementos constructivos, importantes tales como vías de comunicación, puentes. Para escala 1: 1000, se prestará atención a la continuidad y definición de las edificaciones. Para localizar posibles discrepancias con la realidad, ocasionado por desplazamientos y estiramientos de píxeles, objetos duplicados (objetos fantasmas), entre otros es importante tomar en cuenta la información altimétrica adecuada. El análisis se realizará conforme al método de muestreo por atributo estipulado en la norma INEN ISO-2859-1:2009, derivado de las hojas que cubren el ortofotomosaico través del área de estudio.

3.7 EXACTITUD POSICIONAL

3.7.1 Red geodésica

Los vértices que conforman el diseño de la red geodésica, líneas base, procesamiento y ajuste deben enlazarse al menos a dos bases de la red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador; cuyos errores medios cuadráticos no superen el límite establecido para la componente horizontal (Tremel y Urbina, 2000); obtenidos a partir de las especificaciones de los equipos de posicionamiento satelital de doble frecuencia (Tabla 1) y las distancias entre líneas (Tabla 2).

Tabla 1 Especificaciones en el uso de equipos de posicionamiento satelital

VARIABLE	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
Equipo	Equipo GNSS de precisión doble frecuencia	-
Tipo de posicionamiento	Estático diferencial	-
Estaciones de monitoreo continuo utilizadas	-	Se deben especificar las utilizadas
Distancia línea base	-	Se deben especificar las distancias entre líneas base
Número de satélites enganchados	Mínimo cinco	-
Tiempo de recepción	En función de la línea base	-
Ángulo de enmascaramiento	Diez grados	-
Intervalo de grabación	Un segundo	-
GDOP	< 5	-

Fuente: IGM, Protocolo de fiscalización, 2019

Tabla 2 Tiempo de recepción requerido de acuerdo a la distancia de la línea base

Distancia (km)	Tiempo (minutos)	Distancia (km)	Tiempo (minutos)
10	50	80	190
20	70	90	210
30	90	100	230
40	110	129	279
50	130	140	310
60	150	160	350
70	170		

Fuente: IGM, Protocolo de fiscalización, 2019

3.7.2 Límites para control Horizontal

3.7.2.1 Control Horizontal en Redes Geodésicas

Para iniciar cualquier trabajo geodésico se deberá verificar el control geodésico existente del sector a trabajar, utilizando procedimientos satelitales o convencionales de acuerdo a la

capacidad económica y técnica. Todo trabajo geodésico o de topografía deberá utilizar la red geodésica nacional de primer, segundo o tercer orden; establecida por el IGM, de tal manera que garantice las precisiones para cada trabajo, sea restitución fotogramétrica (3D), digitalización sobre Ortofoto (2D), LiDAR o topografía.

En términos mandatorios se requiere por lo menos dos estaciones REGME como bases para el procesamiento y ajuste de la Red GPS Local. Las precisiones establecidas para la Red GPS Local, deberá contener un error medio máximo en la componente horizontal de 5 centímetros + 3 mm (Tremel y Urbina, 2000); es decir, corresponde a una Categoría B, con precisión centimétrica.

3.7.2.2 Control Horizontal en Ortofoto y Ortoimagen

Para revisar los límites de error permisibles, se tomó como referencia, la matriz de “Categorías y normas para evaluación de mapas” presentada en el manual de especificaciones para mapas topográficos del IPGH (1978); no obstante, observando que esta matriz fue preparada esencialmente para mapas simbolizados e impresos, se integró los elementos de la calidad que constan en la ISO 19113 para cartografía digital y base de datos, considerando además, el análisis y los aportes de Ariza, et al (2007), respecto de este tema en la región panamericana.

De acuerdo a lo expuesto, como límites máximos de error permitido para la exactitud posicional, se tomarán los valores que tradicionalmente ha venido usando el IGM: 0,33 metros para la planimetría a escala 1:1 000 y 2,00 metros para la planimetría a escala 1:5 000.

4. CONCLUSIONES

- Establecer protocolos de fiscalización asegura que la información cartográfica proporcionada por usuarios externos cumpla con estándares de calidad, evitando errores o datos inexactos que podrían afectar la toma de decisiones en políticas públicas, planeamiento urbano, gestión de recursos, y más. Debido a que los protocolos permiten que la información cartográfica provista por diversas fuentes sea coherente, facilitando su integración en sistemas de información geográfica (SIG) y su uso en análisis comparativos y complementarios. Esto optimiza la interoperabilidad entre distintas entidades y sistemas.
- Al definir reglas claras sobre la calidad, precisión y formato, se minimiza el riesgo de recibir datos incompletos, inexactos o inadecuados, lo que puede comprometer proyectos o decisiones basadas en esa información.
- Los protocolos de fiscalización aportan transparencia al proceso de recepción de datos de terceros, ya que establecen criterios objetivos y verificables para evaluar la información. Esto fomenta una relación de confianza entre las instituciones públicas y los proveedores externos de datos.
- La verificación de la calidad de los datos externos evita la incorporación de información errónea que podría generar decisiones ineficaces o mal fundamentadas. A su vez, esto ayuda a reducir costos relacionados con la corrección de errores posteriores o la implementación de medidas incorrectas
- Los protocolos claros facilitan una relación más productiva con usuarios externos, incentivándolos a cumplir con los estándares establecidos y contribuyendo de manera más efectiva a los proyectos y objetivos de las instituciones públicas como IGM y MIDUVI. En resumen, la generación de protocolos de fiscalización de cartografía base con fines catastrales es esencial para garantizar que los datos aportados por usuarios externos sean

precisos, consistentes y de alta calidad, lo que a su vez refuerza la confiabilidad y eficacia de las instituciones públicas en la gestión de su información geoespacial.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la creación de un resolución interna para la publicación de los protocolos de fiscalización de cartografía base con fines catastrales escala 1:1000 y 1:5000, con el fin de asegurar que los usuarios externos como el público en general comprendan los criterios de calidad que regulan la información cartográfica. Esto a su vez, definirá estándares uniformes de calidad, que los usuarios externos deben seguir al entregar información cartográfica conforme lo estipula el objetivo del convenio IGM-MIDUVI.
- Se sugiere publicar los protocolos de fiscalización por medio del Geoportal Institucional, para crear una base estandarizada clara que guíe a los usuarios externos en el formato, precisión y otros requerimientos de calidad que deben cumplir. Por otra parte, al hacer públicos los protocolos de fiscalización se tendrán documentos normativos que podrán ser utilizados como referencia en auditorías internas y externas sobre la calidad de los datos empleados por las diferentes instituciones públicas ya sean IGM, MIDUVI o GADS.
- Se recomienda incluir una cláusula que estipule la revisión y actualización periódica de los protocolos en función de los avances tecnológicos y cambios en las necesidades institucionales.

Elaborado por:	Aprobado por:
<hr/> <p data-bbox="354 1283 740 1346">Ing. Camilo Quiroga IIDE, Normativa y Archivo Nacional</p>	<hr/> <p data-bbox="857 1283 1271 1377">Capt De E. Bladimir López Director de IIDE, Normativa y Archivo Nacional</p>

6. REFERENCIAS

- Ariza, J., Atkinson, A., Nero, M., Cintra, J. (2007). La Componente Posicional de los datos geográficos. Revista Cartográfica del IPGH, número 83. México.
- Huerta, Mangiaterra y Noguera (2005). GPS posicionamiento satelital.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2011). Catálogo de objetos del Instituto Geográfico Militar a escala 1: 5 000.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2017). Modelo Semántico IGM, versión 7.0.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2017). Memoria técnica para la actualización de geometrías y elaboración del catálogo de objetos a escala 1: 25 000.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2019). Protocolo de fiscalización para proyectos de generación de cartografía base con fines catastrales a escalas: 1: 1000.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2020a). Catálogo de objetos para cartografía base a escala 1: 25 000.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2020a). Catálogo de objetos a escala 1: 1 000 con fines catastrales.
- IGM, Instituto Geográfico Militar (2020b). Matriz de representación de geometrías para la elaboración de cartografía a escala 1: 25 000.
- IGN, Instituto Geográfico nacional de España (2009). Plan Nacional de observación del territorio, Plan Nacional de ortofotografía aérea, Tecnología Lidar.
- IPGH, Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (1978). Especificaciones para mapas topográficos. Panamá: Instituto Panamericano de Geografía e Historia – IPGH, Panamá, 1978.
- NSSDA, National Standard for Spatial Data Accuracy (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards, Subcommittee for Base Cartographic Data, FGDC-STD-007.3-1998.
- Quiroz, E. (2014). Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicada a la Ingeniería Civil. (Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones, Ed.).
- Sevilla de Lerma. (1999). Introducción histórica a la Geodesia. Madrid: Instituto de Astronomía y Geodesia, 51 p. Publicación. Instituto de Astronomía y Geodesia, Nº 193.
- Tremel, H. y Urbina, R. (2000). Processing of the Ecuadorian National GPS Network within the SIRGAS Reference Frame. DGFI – Alemania. Reporte 73.