



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

# **GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS BASES DE DATOS CARTOGRÁFICAS**

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**

**DIRECCIÓN DE IIDE, NORMALIZACIÓN Y ARCHIVO NACIONAL**

Versión 2.0

Noviembre 2025



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

Fecha del cambio	Versión	Breve descripción	Autor/modificado por
2022-10-10	1.0	Primera versión	Alvaro Dávila
2024-08-15	1.5	Actualización de anexo 2 y correcciones de fondo	Rainiero Estrella
2025-11-07	2.0	-Inclusión de control de calidad cartografía temática, modificación anexo 1 y componente vertical. -Correcciones de contenido, referencias a otras normas y ejemplos de control de calidad cartografía base.	Rainiero Estrella



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. ANTECEDENTES.....	5
2. OBJETIVO .....	5
3. ALCANCE.....	5
4. DEFINICIONES GENERALES .....	6
5. ABREVIATURAS .....	8
6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	8
7. METODOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD CARTOGRAFÍA BASE .....	9
7.1 EL MUESTREO ESTADÍSTICO .....	10
7.1.1 Definición del marco muestral .....	11
7.1.2 Cálculo del Tamaño de Muestra.....	12
7.1.3 Definición del marco muestral para la exactitud posicional (puntos GNSS) .....	12
7.2 REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN CARTOGRAFÍA .....	13
7.2.1 Evaluación de Exactitud en planimetría y altimetría. ....	14
7.2.2 Evaluación de la calidad de la Cartografía .....	17
7.3. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS .....	21
7.3.1 Información requerida para la evaluación .....	22
7.3.2 Categorización de la evaluación de la cartografía .....	22
7.3.2.1 Estándar de Exactitud NMAS .....	22
7.3.2.2 La norma del IPGH .....	23
7.3.2.3 El estándar EMAS.....	24
7.3.2.4 El Estándar ASPRS .....	24
7.3.2.5 Las especificaciones de precisión en las instituciones de cartografía.....	24
7.4 LA MATRIZ DE “CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE MAPAS” .....	26
8. EVALUACIÓN PRÁCTICA DE MUESTRAS DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS .....	28
8.1 EJEMPLO PRÁCTICO .....	28
8.1.1 Control de calidad de la cartografía .....	28
8.1.2 Evaluación de la cartografía .....	30
9. METODOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD CARTOGRAFÍA TEMÁTICA .....	33
9.1 MÉTODOS DE MUESTREO PARA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA .....	33
9.2 MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD .....	36
9.2.1 Compleción .....	36
9.2.2 Consistencia Lógica .....	38
9.2.3 Exactitud temática .....	40



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

9.2.3.1 Proceso de revisión y validación temática para variables estacionarias .....	42
9.3 EVALUACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN TEMÁTICA EN FUNCIÓN DE LA FIABILIDAD DEL MAPA .....	46
10. CONCLUSIONES .....	47
11. RECOMENDACIONES .....	47
12. REFERENCIAS .....	48
ANEXOS.....	51



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## **GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS BASES DE DATOS CARTOGRÁFICAS**

### **1. ANTECEDENTES**

El Instituto Geográfico Militar (IGM), de acuerdo con el Artículo 1 de la Ley de la Cartografía Nacional (1986), es la entidad de derecho público y personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio propio, orgánica y disciplinariamente subordinado a la Comandancia General del Ejército, con sede en la ciudad de Quito tendrá a su cargo y responsabilidad la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades encaminadas a la elaboración de la Cartografía Nacional y del Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del país.

El Art. 44 del Reglamento a la Ley de la Cartografía Nacional (1992), establece que: los trabajos autorizados de conformidad con el Art. 42 del presente Reglamento, serán supervisados, fiscalizados y aprobados por el Instituto Geográfico Militar; por lo que es necesario establecer criterios técnicos de generación de información.

### **2. OBJETIVO**

Establecer un marco metodológico y normativo unificado para la evaluación de la calidad de las Bases de Datos Cartográficas (BDC), tanto básicas como temáticas, generadas o supervisadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM). El objetivo de la guía es cuantificar y categorizar la calidad de los productos cartográficos mediante la medición objetiva de parámetros definidos en estándares internacionales (tales como exactitud posicional, exactitud temática, completitud y consistencia lógica), asegurando la trazabilidad y comparabilidad de los resultados entre distintos proyectos, escalas y métodos de producción.

De esta forma, la guía busca fortalecer la confiabilidad técnica y la interoperabilidad de la información geoespacial oficial del Ecuador, promoviendo la aplicación de criterios homogéneos de control de calidad en todos los procesos de generación, evaluación y uso de la cartografía nacional.

### **3. ALCANCE**

El presente documento es aplicable a todas las BDC, ya sean de tipo básico o temático, producidas, supervisadas o fiscalizadas por el Instituto Geográfico Militar, independientemente de su escala, fuente de datos o metodología de generación.

El alcance de la guía no implica la aprobación o rechazo de la cartografía evaluada, sino la determinación del nivel de calidad alcanzado, expresado en una categoría técnica que permita orientar su uso institucional, académico o operativo conforme a su escala y propósito.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

#### 4. DEFINICIONES GENERALES

Los términos empleados en las presentes especificaciones técnicas se basan en definiciones extraídas de fuentes reconocidas en los campos de la metrología, la cartografía y la geoinformación. Estas fuentes garantizan la precisión y consistencia de los conceptos utilizados, y se detallan a continuación:

1. Vocabulario Internacional de Metrología (VIM): Proporciona definiciones fundamentales para términos relacionados con la metrología, como exactitud y verificación, aplicables a la medición de datos geográficos.
2. Glosario de Términos Cartográficos de la Universidad de Alicante: Ofrece definiciones clave para conceptos cartográficos, como cartografía básica, que sirven de base para la representación de la superficie terrestre.
3. Glosario de Términos del Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE): Incluye definiciones específicas de información geográfica, alineadas con normas ISO 19000.

**Bloque fotogramétrico:** Término usado para describir y caracterizar la información de aerotriangulación asociada total o parcialmente a un proyecto fotogramétrico. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Cartografía base:** Es aquella que se obtiene por procesos directos e indirectos de observación y medición de la superficie terrestre, sirviendo de base y referencia para su uso generalizado como representación gráfica de la Tierra. La cartografía básica puede ser topográfica o náutica. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Catálogo de objetos geográficos:** Catálogo que contiene definiciones y descripciones de los tipos de objetos geográficos, sus atributos y asociaciones de objetos geográficos que ocurren en uno o más conjuntos de datos geográficos, junto con cualquier operación de objetos geográficos que se pueda aplicar (ISO 19110:2005.)

**Calidad:** Grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos (ISO 19113:2002.)

**Compleción:** Se relaciona con la presencia o ausencia de objetos presentes en una base cartográfica. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Consistencia lógica:** Grado de adherencia a las reglas lógicas de la estructura de datos, atributos y relaciones (la estructura de datos puede ser conceptual, lógica o física) (ISO/TS 19138:2006.)

**Control de Calidad:** Proceso de verificación del cumplimiento de los elementos de calidad definidos en las especificaciones técnicas. (Universidad de Alicante, s.f.)



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Estacionaridad:** la estacionaridad postula que el valor de una variable es invariante con respecto a su posición, en donde el valor  $Z(x)$  es similar a  $Z(x+h)$  para cualquier distancia  $h$ , permitiendo obtener un valor medio y constante de estos valores. (Estrella, 2020)

**Exactitud:** Grado de concordancia entre el resultado de una prueba o modelo y el valor de referencia aceptado u observación real de un fenómeno. (JCGM, 2012)

**Exactitud posicional:** Proximidad del valor de la coordenada respecto al valor verdadero o aceptado en un sistema de referencia especificado. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Exactitud temática:** Exactitud de los atributos cuantitativos y corrección de los atributos no cuantitativos y de las clasificaciones de objetos y sus relaciones. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Georreferenciación:** Técnica para determinar la relación entre las coordenadas de una imagen y las coordenadas de un sistema de referencia local (ISO/TS 19130:2010.)

**Ortofototo u Ortofotomapa:** es una 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, se obtiene a partir de las perspectivas de la imagen y se ha rectificado la imagen del terreno según una proyección ortogonal vertical. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Posicionamiento estático:** Método de medición caracterizado por la ocupación simultánea de dos o más puntos durante un tiempo suficientemente prolongado de tiempo mientras los receptores se mantienen estacionarios en tanto registran los datos. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Precisión:** Medida de la repetitividad de un conjunto de mediciones, se expresa generalmente como un valor estadístico basado en un conjunto de mediciones repetidas, tales como la desviación estándar de la media de la muestra. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Punto de control en el terreno:** Punto de la tierra que tiene una posición conocida con precisión geográfica (ISO/TS 19130:2010.)

**Punto de control en el terreno fotoidentificable:** Punto de control en el terreno asociado con una marca u otro objeto en el terreno que puede ser reconocido en una imagen (ISO/TS 19130:2010)

**Red Geodésica:** Conjunto de puntos o vértices enlazados y ajustados que se encuentran ubicados y distribuidos con cierta simetría sobre un espacio terrestre determinado, donde se establece su posición a través de un marco de referencia nacional o global y sirven como referencia para posicionamiento dentro del territorio en mención. (Universidad de Alicante, s.f.)

**Topología:** Propiedades de las formas geométricas que permanecen sin variación cuando las formas se deforman o transforman por expansión, contracción o inclinación. (ISO 19107:2003.)



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 5. ABREVIATURAS

**ASCE:** American Society of Civil Engineers.  
**ASPRS:** American Society for Photogrammetry and Remote Sensing  
**BDC:** Bases de datos cartográficas  
**CONAGE:** Consejo Nacional de Geoinformática  
**EMAS:** Engineering Map Accuracy Standard.  
**ECM:** Error Cuadrático Medio  
**FGDC:** Federal Geographic Data Committee  
**GNSS:** Sistema Global de Navegación por Satélite  
**ICN:** Intervalo de curva de nivel  
**IDE:** Infraestructura de Datos Espaciales  
**IPGH:** Instituto Panamericano de Geografía e Historia.  
**ISO:** International Organization for Standardization.  
**NMAS:** National Map Accuracy Standard.  
**NSSDA:** National Standard for Spatial Data Accuracy.  
**Ph:** Precisión horizontal  
**Pv:** Precisión vertical  
**SIG:** Sistema de Información Geográfica

## 6. REFERENCIAS CON OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas para la exactitud posicional de productos cartográficos, han sido adoptadas considerando la documentación técnica internacional y experiencias del IGM adquiridas en el desarrollo de proyectos oficiales realizados por las áreas de producción cartográfica, de acuerdo al siguiente detalle:

**ASPRS,** American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Edición 1, versión 1.0, noviembre 2014.  
**EMAS,** Engineering Map Accuracy Standards. Reston, VA: ASCE (1983).  
**NMAS,** United States National Map Accuracy Standards (1947).  
**NSSDA,** National Standard for Spatial Data Accuracy (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards.  
**IGM,** Instituto Geográfico Militar 2019. Protocolo de fiscalización para proyectos de generación de Cartografía base con fines catastrales a escalas: 1: 1000.  
**IPGH,** Instituto Panamericano de Geografía e Historia, documento de especificaciones topográficas denominado: Requisitos básicos para el diseño y contenido de mapas en todas las escalas estándar (IPGH, 1978).  
**ISO,** International Organization for Standardization, 2013. ISO: 19157, Geographic information — Data Quality.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 7. METODOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD CARTOGRAFÍA BASE

La información cartográfica es esencialmente compleja, ya que integra componentes espaciales (ubicación mediante coordenadas), atributos (características temáticas de los objetos) y una dimensión temporal (momento u ocurrencia del fenómeno). En su forma más elemental, como los mapas de inventario, esta información permite responder a tres preguntas clave para la toma de decisiones en un territorio: ¿dónde?, ¿qué hay? y ¿cuándo ocurrió?

Esta triple naturaleza de la información cartográfica implica desafíos específicos en su producción, almacenamiento y análisis. Además, posee propiedades particulares que la distinguen de otros tipos de datos, como su gran volumen, dependencia de escala y resolución, variabilidad temporal y la combinación de procesos manuales, informáticos y tecnológicos en su generación.

Por esta razón, las BDC que modelan esta realidad territorial deben alcanzar el mayor grado posible de exactitud. No obstante, durante su elaboración intervienen múltiples fuentes de incertidumbre que introducen errores en los datos finales. Entre estos factores se encuentran la calidad de las imágenes, la escala cartográfica, los procedimientos de control y clasificación, los esquemas temáticos utilizados, y la ejecución de trabajos de campo.

Según Ariza (2007), los errores presentes en la información geográfica pueden clasificarse en tres grandes categorías: errores groseros, sistemáticos y aleatorios. A continuación, se describen brevemente sus características:

### a) Errores Groseros

Estos errores, también denominados equivocaciones, no deben confundirse con errores de medición. Son fallos evidentes que suelen surgir por descuidos humanos o errores en la transcripción de datos, como copiar “75” en lugar de “57”. Este tipo de error debe ser detectado y eliminado antes de cualquier análisis estadístico, ya que distorsiona significativamente los resultados.

Todos los procedimientos técnicos deben estar diseñados para prevenir este tipo de equivocaciones, aplicando controles de validación automáticos y revisiones cruzadas.

### b) Errores Sistemáticos

Estos errores afectan consistentemente los datos, ya sea en todo el conjunto o en subconjuntos definidos. Pueden deberse a instrumentos mal calibrados, distorsiones espaciales o problemas en la metodología aplicada. Se clasifican en:

- Errores sistemáticos constantes: afectan todas las mediciones por igual. Por ejemplo, una cinta métrica incorrectamente graduada que produce un sesgo uniforme.
- Errores sistemáticos funcionales: afectan solo a subconjuntos de datos en función de ciertas variables, como la topografía, condiciones atmosféricas o ubicación geográfica.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

Estos errores sistemáticos pueden ser identificados y corregidos mediante técnicas estadísticas, si se dispone de suficiente información y patrones de comportamiento conocidos.

### c) Errores Aleatorios

Son inherentes a cualquier proceso de medición y ocurren de manera impredecible. Aunque siguen modelos estadísticos, su comportamiento es variable. El más comúnmente asumido es el modelo Normal o Gaussiano, aunque pueden presentarse mezclas de distribuciones. Se originan por factores como:

- Condiciones ambientales variables.
- Limitaciones de los sensores (GNSS, estaciones totales, etc.).
- Fluctuaciones en la ejecución de los procesos.

Los errores aleatorios no se pueden eliminar completamente, pero su magnitud debe estar dentro de márgenes aceptables definidos por los estándares de calidad del producto. La evaluación estadística permite estimar su impacto y verificar la capacidad del proceso para mantenerse dentro de límites de control aceptables.

Ante lo expuesto, la correcta identificación y tratamiento de estas tres clases de errores es fundamental para asegurar la confiabilidad de los productos cartográficos. Una BDC que se considere apta para el uso institucional o público debe haber pasado por procesos rigurosos que minimicen los errores groseros, corrijan los sistemáticos y controlen los aleatorios dentro de límites aceptables.

## 7.1 EL MUESTREO ESTADÍSTICO

La aplicación del muestreo estadístico es fundamental para garantizar un control de calidad representativo y eficiente en la BDC. Este proceso permite seleccionar una porción significativa del universo de hojas cartográficas, reduciendo el esfuerzo de revisión sin comprometer la validez estadística de los resultados. Para ello, es necesario diferenciar claramente los tipos de unidades estadísticas involucradas y el método de cálculo de la muestra.

Para efectos de la evaluación de calidad, se contemplan dos enfoques diferenciados:

1. Evaluación de parámetros generales (excluyendo la exactitud posicional): En este caso, el área de estudio se concibe como un universo finito conformado por N hojas de muestreo. A partir de este universo, se extrae una muestra estadística, cuyo tamaño se determina mediante la fórmula para poblaciones finitas (ver sección 7.1.2).
2. Evaluación de la exactitud posicional: Este aspecto requiere una metodología específica y más rigurosa, la cual se detalla en una sección 7.1.3 del presente documento.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### 7.1.1 Definición del marco muestral

Antes de realizar el cálculo muestral, es indispensable definir la estructura del universo desde una perspectiva espacial. Para ello, se establece un marco muestral compuesto por tres niveles jerárquicos que organizan y delimitan el ámbito geográfico del estudio.

- **Nivel 1: Nacional.**

Representa el espacio geopolítico completo del país, segmentado en regiones naturales relativamente homogéneas: Costa, Sierra y Amazonía (Oriente).

- **Nivel 2: Bloques fotogramétricos.**

Corresponden a las unidades operativas de producción cartográfica dentro de cada región. Se considera que estas unidades presentan suficiente homogeneidad interna, por lo que no es necesaria una estratificación adicional.

- **Nivel 3: Hojas de muestreo.**

Este nivel corresponde a las unidades estadísticas básicas en las que se ejecutará la recolección de datos para el control de calidad. Las hojas de muestreo se generan mediante una cuadrícula regular que cubre todo el bloque fotogramétrico, garantizando una cobertura homogénea y sistemática del área de estudio. El uso de este nivel jerárquico es especialmente adecuado para productos espaciales localizados, ya que permite una evaluación precisa y eficiente de la calidad cartográfica a escalas operativas. Por esta razón, se considera el nivel más práctico y funcional para la implementación del muestreo en campo o en gabinete. A continuación, se detalla el procedimiento para la generación de estas hojas de muestreo.

#### Creación de hojas de muestreo (nivel 3)

La generación de las hojas de muestreo se puede realizar con herramientas de software SIG (Sistemas de Información Geográfica) que permiten crear grillas lineales o poligonales. La resolución de esta cuadrícula varía en función de la escala del producto cartográfico. Algunos ejemplos:

- Para productos a escala 1:1.000 → cuadrícula de 15 segundos.
- Para productos a escala 1:5.000 → cuadrícula de 75 segundos (1 minuto y 15 segundos).
- Para productos a escala 1:25.000 → cuadrícula de 375 segundos (6 minutos y 15 segundos).
- Para productos a escala 1:50.000 → cuadrícula de 750 segundos (12 minutos y 30 segundos).
- Para productos a escala 1:100.000 → cuadrícula de 1500 segundos (25 minutos).
- Para productos a escala 1:250.000 → cuadrícula de 3750 segundos (62 minutos y 30 segundos).
- Para productos a escala 1:500.000 → cuadrícula de 7500 segundos (120 minutos).
- Para productos a escala 1:1.000.000 → cuadrícula de 15000 segundos (250 minutos).

Esta cuadrícula asegura una distribución espacial equitativa de las muestras dentro del área de estudio, permitiendo un análisis más representativo y estadísticamente válido del conjunto de datos.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### 7.1.2 Cálculo del Tamaño de Muestra

Una vez delimitado el marco muestral, el siguiente paso es cuantificar cuántas hojas deben ser seleccionadas para la evaluación de calidad. Para ello, se emplea una fórmula estadística adaptada a poblaciones finitas, que permite garantizar un nivel de confianza preestablecido en los resultados (Cochran, 1977).

$$n = \frac{(NZ^2 * p * q)}{((N - 1) * e^2 + Z^2 * p * q)}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra (en este caso, número de hojas a evaluar).

Z = Nivel de confianza (se encuentra tabulada en tablas).

p = Probabilidad de ocurrencia en la población de las características del estudio.

q = Probabilidad de no ocurrencia en la población de las características del estudio. Es igual a (1 - p).

N = Tamaño de la población (en este caso, número total de hojas).

e = error de estimación; es decir, la diferencia máxima que se puede aceptar entre los datos o medidas de la muestra y los datos o medidas de la población.

Para su aplicación en la cartografía producida, se identifican los siguientes datos:

N = Número de total de hojas de muestreo (nivel 3)

Z = 1,65 (Nivel de confianza = 90%)

e = 0,1 (Intervalo de confianza = 10%).

Este método se basa en la suposición de que los atributos evaluados en las hojas siguen una distribución normal. Esta premisa, ampliamente aceptada en estudios de control de calidad (Cochran, 1977), permite simplificar el análisis sin comprometer la representatividad de la muestra. Bajo este enfoque, se asume que las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) coinciden, lo que respalda el uso de esta técnica muestral con una confianza del 90% (Cochran, 1977).

### 7.1.3 Definición del marco muestral para la exactitud posicional (puntos GNSS)

En la evaluación de la exactitud posicional, dado que el universo de posibles puntos con coordenadas obtenibles en campo dentro del área de estudio es prácticamente infinito, se seguirán las directrices establecidas por los principales estándares de exactitud (NMAS, ASPRS, EMAS, NSSDA). Estos estándares hacen referencia a la cobertura territorial y estipulan un mínimo de 20 puntos de control.

Fuera de estas especificaciones, no existe un estándar formal que defina el tamaño de muestra en relación con la escala, el área o la precisión requerida. Sin embargo, se considera que este número se fundamenta en principios estadísticos, como el teorema central del límite y la ley de los grandes números, que indican que para que una muestra sea estadísticamente significativa debe contar con al menos 20 observaciones, según NSSDA.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

Por otro lado, la distribución de los puntos en terreno no se encuentra definida de manera estricta; no obstante, existen criterios orientativos que facilitan su selección tanto en gabinete como en campo. En este sentido, la ubicación de los puntos se determinará mediante la elaboración de una malla o “hoja de muestreo”, cuyo lado dependerá del área de estudio y del número de puntos GNSS a levantar.

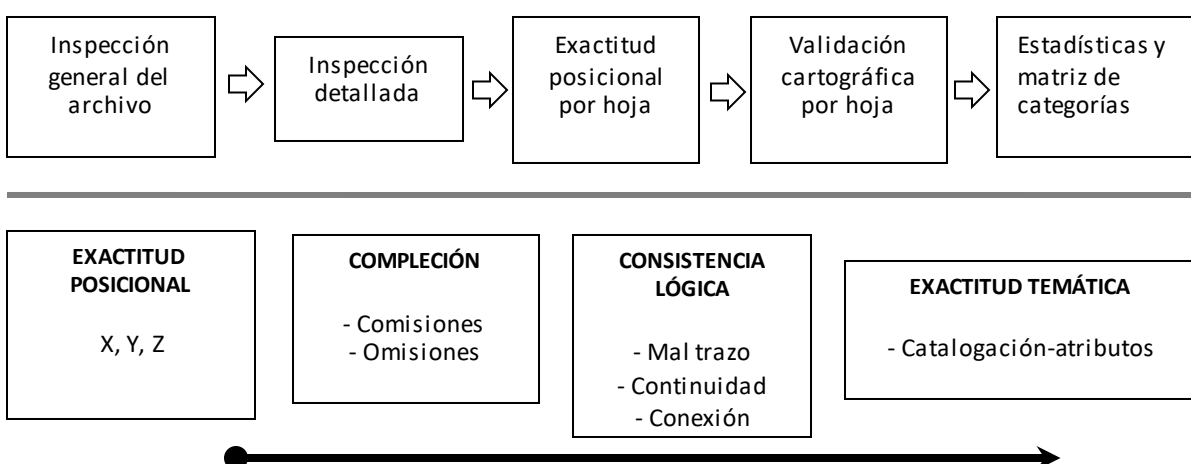
Preferentemente, estos puntos se seleccionarán en las proximidades de intersecciones de vías, aceras, bordillos o canales, así como en vértices de viviendas u otros elementos adecuados para la escala del proyecto.

El IGM establece la recolección de 30 puntos de control, superando el mínimo de 20 recomendado por diversos estándares internacionales. Esta decisión obedece a la necesidad de contar con observaciones adicionales que permitan detectar y compensar posibles errores groseros o sistemáticos durante la toma de datos en campo, asegurando así una evaluación más sólida y confiable de la exactitud posicional.

## 7.2 REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN CARTOGRAFÍA

La revisión de estos parámetros para detectar errores, se realizará a toda la información contenida en cada una de las hojas definidas en el muestreo, se analizará por cobertura y entre coberturas, utilizando las herramientas del software SIG.

Es necesario aclarar que se entiende que el producto cartográfico ha pasado el respectivo control de calidad por parte del proceso cartográfico. No obstante, considerando que la evaluación se basa en la identificación de errores aleatorios, si existen inconsistencias repetitivas en las coberturas; así como también, omisiones de coberturas y objetos cuyo requerimiento sea obligatorio en el Catálogo de Objetos, el producto será tomado como no apto para la evaluación. Este flujo se indica en el gráfico 1.



**Gráfico 1.** Flujo del proceso de revisión



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### 7.2.1 Evaluación de Exactitud en planimetría y altimetría.

La exactitud posicional se refiere a ubicación real de los datos espaciales dentro de un sistema de referencia geodésico. El procedimiento general para su evaluación se estructura en dos etapas: (1) establecimiento de una red geodésica con puntos de control enlazados a la red oficial del IGM, y (2) verificación de la exactitud posicional de la cartografía. En el presente caso, el análisis se enfocará únicamente en esta segunda etapa, la cual tiene como objetivo obtener un valor cuantificable que represente la diferencia posicional entre puntos homólogos, ya sea entre dos capas geoespaciales o entre una capa geoespacial y la realidad observable en terreno.

Dado que se trabaja con cartografía a escalas grandes, se empleará el método estático rápido (Fast Static) para el levantamiento GNSS. Este método se caracteriza por tiempos de observación relativamente cortos, adecuados para líneas base de longitud reducida, lo que lo hace especialmente eficiente para trabajos de alta precisión en distancias limitadas.

En términos generales, el método estático rápido permite alcanzar precisiones del orden de los centímetros, directamente relacionadas con la longitud de la línea base. Por tanto, para el levantamiento de los puntos destinados a la verificación de la cartografía base, se aplicarán los parámetros y consideraciones técnicas descritas en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Consideraciones de rastreo de los puntos con el método Estático Rápido

Tipo de posicionamiento	Estático rápido
Longitud máxima de línea base	3 km
Número de satélites enganchados	Mínimo 5
Tiempo de recepción	15-20 minutos
Ángulo de enmascaramiento	10 grados
GDOP	< 5
Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.	
Correcta orientación de la antena, de forma que señale al norte magnético.	

**Fuente:** Auditoría propia

Una vez finalizada la fase de levantamiento en campo, se procede a la verificación en gabinete de la exactitud posicional de la cartografía base, como parte del proceso de control de calidad que permite determinar si esta cumple con los estándares definidos para dicha variable. Para la evaluación de la exactitud posicional se aplicará el método utilizado por las agencias federales de los Estados Unidos, en cumplimiento de las directrices del Federal Geographic Data Committee (FGDC, 1998) y del National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). Ambos lineamientos requieren calcular los residuos en las coordenadas Este, Norte y Altura por separado, mediante la comparación entre las coordenadas teóricas de puntos predefinidos en gabinete y las coordenadas observadas de esos mismos puntos obtenidas a partir de una fuente independiente de mayor precisión; en este caso, los datos levantados en campo con receptores GNSS de doble frecuencia.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

Para cuantificar los residuos entre coordenadas observadas y teóricas se utiliza el Error Medio Cuadrático (RMSE, por sus siglas en inglés), el cual permite estimar la **exactitud posicional en la componente horizontal**. Este indicador se calcula como la raíz cuadrada de la media de los residuos al cuadrado, y se utiliza para determinar el error de la muestra con un nivel de confianza del 90 %.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Es necesario realizar las correcciones pertinentes en los errores groseros en la obtención y procesamiento de datos; así como, en las inconsistencias encontradas en los residuos, antes de iniciar el cálculo (FGDC, 1998). Luego de las revisiones, se calcularán los componentes Este (X) y Norte (Y) del RMSE:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{Carto} - x_{IGM})^2}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{Carto} - y_{IGM})^2}$$

Consecuentemente, la componente planimétrica será:

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

Para el cálculo del coeficiente de exactitud posicional horizontal a un 90% de confianza, deberá tomar dos consideraciones posibles (FGDC, 1998):

En el caso que  $RMSE_x = RMSE_y$  la exactitud se calculará de:

$$\text{Exactitud } r = 1,5175 * RMSE_r$$

Si  $RMSE_x \neq RMSE_y$  la exactitud se obtendrá de:

$$\text{Exactitud } r = 2,1460 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$$

De este modo, el valor obtenido como exactitud posicional del producto cartográfico no deberá ser mayor a la exactitud esperada en función del módulo de la escala.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR



**Gráfico 2.** Error en posición y magnitud, vectores (horizontal) que no son coincidentes con los detalles de la ortofoto

Para evaluar **la exactitud posicional en la componente vertical** se recurre al Error Medio Cuadrático (Root Mean Square Error, RMSE), una medida estadística que cuantifica la desviación promedio de los valores observados respecto a los valores de referencia. Su aplicación sigue los lineamientos metodológicos establecidos en el Apéndice 3-A de la Norma Nacional para la Exactitud de Datos Espaciales (NSSDA, 1998).

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_{dato_i} - z_{chequeoi})^2}{n}}$$

Se asume que los errores sistemáticos han sido eliminados de la mejor forma posible. Si los errores en vertical tienen una distribución normal, el factor 1.960 es aplicado para calcular el error lineal al 95% de nivel de confianza. Por tanto, la exactitud vertical reportada de acuerdo a la NSSDA debe ser calculada por la ecuación:

$$Exactitud_z = 1.960 * RMSE_z$$

El Apéndice 3-A de la (NSSDA, 1998), menciona que: la National Map Accuracy Standards (NMAS)(U.S. Bureau of the Budget, 1947) especifica que el 90% de los puntos evaluados deben entrar dentro de la tolerancia especificada. Por lo tanto, *la tolerancia vertical máxima permitida debe ser la mitad del intervalo de curva de nivel, para todos los intervalos de curva.*

Si los errores en vertical obedecen a una distribución normal, el factor 1.6449 es aplicado para calcular la exactitud vertical para el 90% de nivel de confianza (Greenwalt & Schultz, 1968). De esta forma, VMAS (*Vertical Map Accuracy Standard*) basado en NMAS es estimada mediante la siguiente ecuación:





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

$$VMAS = 1.645 * RMSE_z$$

VMAS puede ser convertido en EXACTITUD<sub>z</sub> de acuerdo con NSSDA conforme la ecuación:

$$EXACTITUD_z = \frac{1.9600}{1.6449} * VMAS = 1.1916 * VMAS$$

Por tanto, considerando la exactitud vertical reportada de acuerdo a NSSDA (VMAS = 1/2 del intervalo de curva), esta poseerá un **MÁXIMO PERMISIBLE** en función del intervalo de curva de una escala específica:

$$EXACTITUD_z = \frac{1.1916}{2} * CI$$

$$EXACTITUD_z = 0.5958 * CI$$

### 7.2.2 Evaluación de la calidad de la Cartografía

Una vez concluida la primera etapa de evaluación y presentada la cartografía básica con todos los elementos definidos según las especificaciones técnicas, junto con la memoria técnica y el mosaico ortofotográfico, se procederá a su revisión conforme a lo establecido en la norma ISO/TC 211 19157:2013 (ver Anexo N°1), que regula la calidad de una Base de Datos Cartográficas. A continuación, se describen los principales elementos que contempla esta norma:

**Compleitud:** Se refiere a los errores de omisión o comisión en los elementos, atributos y relaciones, es decir, a la presencia en la BDC de elementos que no deberían estar incluidos o la ausencia de aquellos que sí deberían estarlo (ISO 19157, 2013). Esta revisión se realizará tomando en cuenta el Catálogo de Objetos y la metodología utilizada para la extracción de información cartográfica, que puede incluir la captura en 3D a partir de pares estereoscópicos con coordenada Z (restitución).

Además, se considerarán los errores topológicos de sobre posición identificados en las coberturas, los cuales serán contabilizados dentro del total de errores presentes en las muestras evaluadas. Para determinar la existencia o ausencia de objetos dentro del área del proyecto se utilizará información auxiliar, como la ortofotografía proporcionada por el proceso cartográfico del IGM.

**Consistencia lógica:** Hace referencia a la adherencia a las reglas lógicas del modelo, estructura de datos, atributos y relaciones. Las violaciones incluyen valores fuera de dominio, registros con formatos incorrectos o relaciones no consideradas en la topología (ISO 19157, 2013).

**Exactitud temporal:** Considera la precisión en la medición del tiempo, así como la consistencia y validez temporal de los datos espaciales (ISO 19157, 2013).



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL

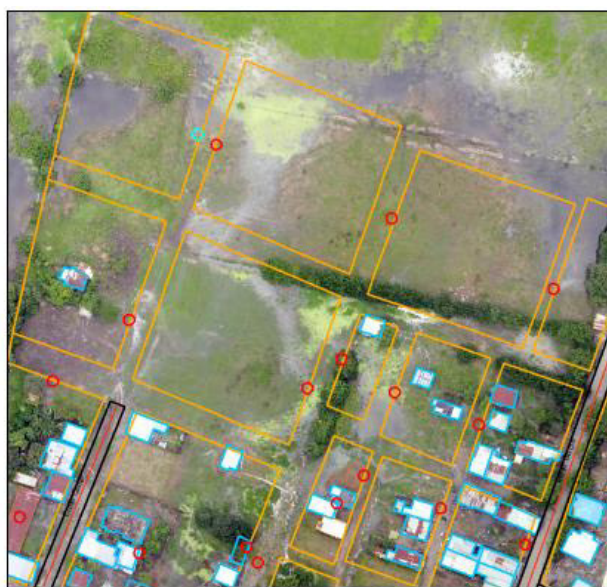


INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Exactitud temática.** La información cartográfica debe ser exacta, los valores almacenados deben ser correctos; es decir, ser representados y presentados de una forma consistente y sin ambigüedades (ISO 19157, 2013).

Cabe destacar que la norma permite adaptar el conjunto de elementos y subelementos según las necesidades específicas del usuario, eliminando o agregando nuevos elementos siempre que se mantenga la coherencia normativa, lo que otorga flexibilidad en su aplicación.

Ejemplos:



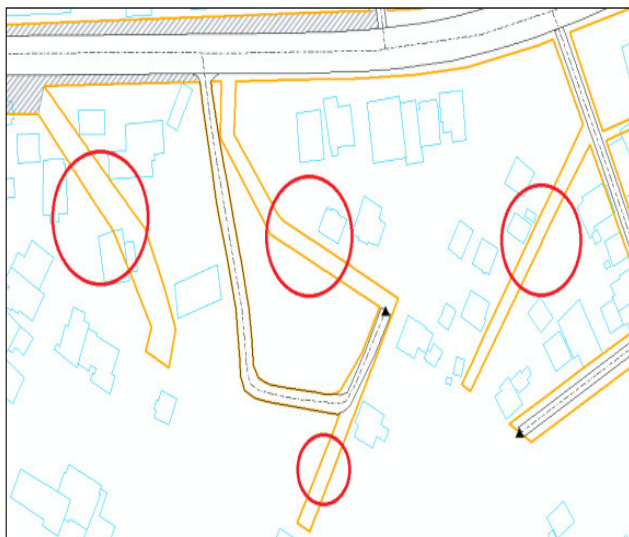
**Gráfico 3.** Comisión de manzanas: no se observan los objetos consolidados en la ortofoto



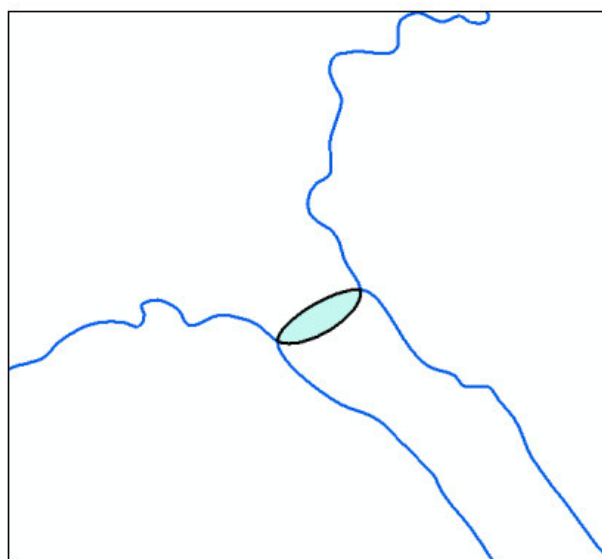
MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR



**Gráfico 4.** *Omisión de ejes viales, no se observa el trazado (círculos en rojo)*



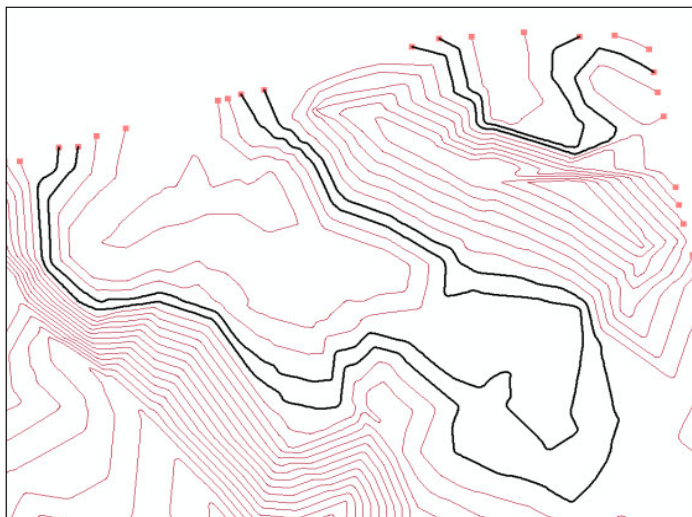
**Gráfico 5.** *Mal trazo de ríos: se evidencia sobre-posición*



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR



**Gráfico 6.** Continuidad en curvas: Deben ser líneas cerradas o conectadas ccorregidas por reglas topológicas



**Gráfico 7.** Falta de continuidad de ríos



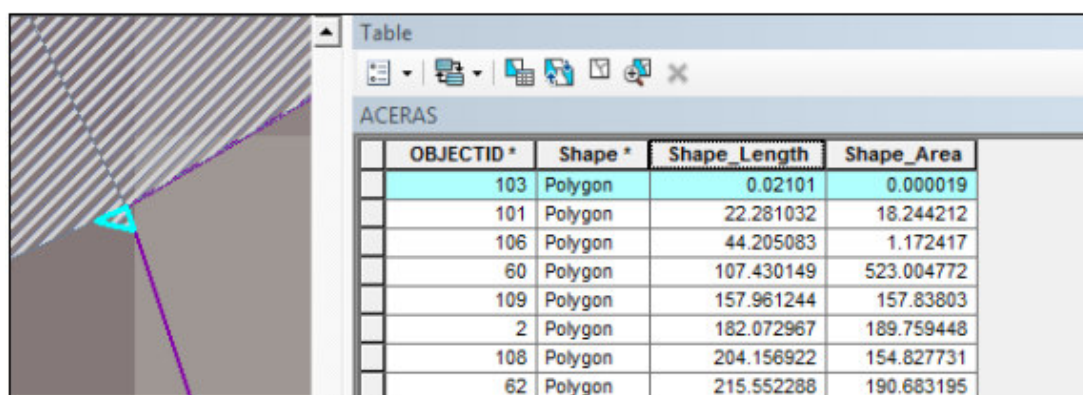
MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR



**Gráfico 8.** *Edificaciones desconectadas*



OBJECTID *	Shape *	Shape_Length	Shape_Area
103	Polygon	0.02101	0.000019
101	Polygon	22.281032	18.244212
106	Polygon	44.205083	1.172417
60	Polygon	107.430149	523.004772
109	Polygon	157.961244	157.83803
2	Polygon	182.072967	189.759448
108	Polygon	204.156922	154.827731
62	Polygon	215.552288	190.683195

**Gráfico 9.** *Polígonos con tamaños inconsistentes, se identifican con un análisis de la tabla de atributos*

### 7.3. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

La fase de revisión representa el paso más crucial dentro del proceso de producción cartográfica, ya que su principal objetivo es someter el producto final a un examen riguroso para identificar y corregir posibles fallas o inconsistencias surgidas durante su elaboración. Esta etapa garantiza que la cartografía sea precisa, completa y esté libre de errores que puedan afectar su calidad y utilidad.

Es importante destacar que, aunque la revisión interna permite detectar y corregir defectos en etapas tempranas del proceso, los resultados obtenidos en estas evaluaciones preliminares no se consideran definitivos para la evaluación final del producto. La validación concluyente se realiza únicamente sobre el producto terminado, no durante sus etapas intermedias de desarrollo. Esta comprobación final resulta especialmente crítica cuando se trata de la publicación oficial o distribución del producto cartográfico, ya





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

que asegura que cumpla con los estándares técnicos y de calidad requeridos para su uso operativo o comercial.

### 7.3.1 Información requerida para la evaluación

Los productos a entregar deben cumplir, inicialmente con la revisión de los insumos presentados, así mismo deben guardar concordancia con lo estipulado en las normas y especificaciones técnicas vigentes a la fecha de evaluación de la cartografía presentada:

- Memoria técnica del trabajo
- Archivo digital de la cartografía

### 7.3.2 Categorización de la evaluación de la cartografía

El propósito planteado consiste en elaborar un matriz resumen que permita evaluar los mapas en sus distintas escalas, considerando las tolerancias de precisión y los intervalos de confianza establecidos. Esta matriz facilitará la jerarquización y calificación de la calidad de la cartografía básica producida, conforme a lo estipulado en el manual “Especificaciones para mapas topográficos” elaborado por el IPGH (ver Tabla 3).

Un aspecto fundamental de este desarrollo es el análisis para definir y adoptar los valores de tolerancia, intervalos y niveles de confianza a considerar, los cuales deben estar alineados con los estándares y prácticas utilizados en otros países de la región. Para ello, se han revisado diversos documentos relevantes, cuyos resúmenes se presentan a continuación:

#### 7.3.2.1 Estándar de Exactitud NMAS

El Estándar de Precisión del Mapa Nacional de los Estados Unidos, data de 1947 y aunque puede resultar un tanto “anticuado”, su base conceptual puede ser aplicada sobre cualquier valor de tolerancia; además, es necesario subrayar que este estándar (NMAS) también ha servido como apoyo para el método propuesto por el IPGH sobre todo en cuanto a las tolerancias permitidas como se verificará más adelante.

Consiste en un método de control de la calidad por lo que requiere de un muestreo y se basa en el conteo de errores, que no deben superar el 10%, sobre una exactitud horizontal y vertical conocidas que se relacionan directamente con las escalas del mapa. Se refiere a información cartográfica publicada en papel; de ahí la amplitud de las tolerancias permisibles, las mismas que se indican en la tabla 2:



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Tabla 2.** Tolerancias permisibles según NMAS

<b>Exactitud horizontal:</b>	
•	1/30 de pulgada ( <b>0,85 mm</b> ) para mapas en escalas de publicación mayores que 20 000.
•	1/50 de pulgada ( <b>0,51 mm</b> ) para mapas en escalas de publicación de 20 000 o más pequeñas.
<b>Precisión vertical:</b>	
•	La mitad del intervalo entre curvas de nivel ( <b>0,5 ICN</b> ) para todas las escalas de publicaciones.
<b>Error permisible:</b>	
•	Exactitud horizontal: <b>no más del 10 por ciento</b> de los puntos probados tendrán un error superior al establecido por la norma (según la escala).
•	Exactitud vertical: <b>no más del 10 por ciento</b> de los puntos probados tendrán un error superior al establecido por la norma.

**Fuente:** USBB (1947). United States National Map Accuracy Standards.

### 7.3.2.2 La norma del IPGH

El IPGH, en el manual de especificaciones para mapas topográficos (1978), abarca detalladamente este tema, dividiendo la calificación de la cartografía en clases. Esencialmente se basa en el estándar NMAS; no obstante, hace una separación más prolija de los documentos cartográficos en cuanto a la escala del mapa e integra otros parámetros para calificar la calidad en formato de papel, tales como la “Presentación” y “Actualidad”; además plantea una clasificación en base a la categorización y uso del mapa impreso y simbolizado (tabla 3).

**Tabla 3.** Categorías y normas IPGH

Clase	Categorización	Uso	Planimetría (mm)	Altimetría (mm)	Intervalo de confianza
A	Bueno	Adecuado	1,5 M	-	< 10%
B	Regular	Utilizable	5 M	-	< 10%
C	Malo	Inadecuado	> 5 M	Sin curvas de nivel	< 10%
A - 1	Excelente	Adecuado	0,5 M	0,5 ICN	< 10%
A - 2	Bueno	Adecuado	0,5 M	0,5 ICN	< 10%
B - 1	Bueno	Utilizable	1 M	1 ICN	< 10%
B - 2	Regular	Utilizable	1 M	1 ICN	< 10%
C - 1	Malo	Inadecuado	2 M	2 ICN	< 10%
C - 2	Malo	Inadecuado	2 M	2 ICN	< 10%
A - 1	Excelente	Adecuado	25,3 m	0,5 ICN	< 10%
A - 2	Bueno	Adecuado	25,3 m	0,5 ICN	< 10%
B - 1	Bueno	Utilizable	50,6 m	1 ICN	< 10%
B - 2	Regular	Utilizable	50,6 m	1 ICN	< 10%
C - 1	Malo	Inadecuado	> 50,6 m	> 1 ICN	< 10%
C - 2	Malo	Inadecuado	> 50,6 m	> 1 ICN	< 10%

**Fuente:** Especificaciones para mapas topográficos, IPGH (1978)



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### 7.3.2.3 El estándar EMAS

El Estándar de Precisión del Mapa de Ingeniería (EMAS) fue desarrollado en 1983 y establece un procedimiento estadístico para el control de la exactitud posicional de los mapas impresos. Tiene las siguientes características:

- Es un método de control de la exactitud posicional de los mapas topográficos.
- Contiene valores de tolerancia por escala (no publicados abiertamente).
- Consideración de que se deben tomar como mínimo 20 puntos
- Introduce ciertas normas para la espacialidad de los puntos.
- Integra estimadores estadísticos para las pruebas de errores sistemáticos y comportamiento de la dispersión de los datos.

### 7.3.2.4 El Estándar ASPRS

La Sociedad Estadounidense de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS), define a la exactitud horizontal del mapa como el error en términos de las coordenadas de levantamiento planimétrico del proyecto (X, Y) para los puntos marcados, determinados a escala completa (en el terreno) del mapa. El error es el resultado acumulado de todos los errores, incluidos los introducidos por los procesos de control de campo, la compilación del mapa y la extracción final de las dimensiones del terreno del mapa. Estipula las exactitudes para mapas “Clase 1”, de acuerdo a lo que se indica en la tabla 4:

**Tabla 4.** Tolerancias ASPRS

Escala	Planimetría (m)	Altura (Z)
1: 1 000	0,25	1/6 ICN
1: 2 000	0,50	1/6 ICN
1: 4 000	1,00	1/6 ICN
1: 5 000	1,25	1/6 ICN
1: 10 000	2,50	1/6 ICN
1 : 20 000	5,00	1/6 ICN

**Fuente:** Manual de estándares ASPRS

Este estándar también contempla niveles de exactitud más bajos, estableciendo que los mapas cuya compilación presente errores de entre dos y tres veces los límites permitidos para un mapa de Clase A se clasificarán, respectivamente, como mapas de Clase B o Clase C (véase la tabla 3).

### 7.3.2.5 Las especificaciones de precisión en las instituciones de cartografía

En el Ecuador, las especificaciones para planimetría y altimetría se indican en la tabla 5.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Tabla 5.** Tolerancias IGM, Ecuador

<i><b>Exactitud cartográfica</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Planimetría:</b> Sobre una muestra aleatoria, el 90 por ciento de los puntos representados en la cartografía, no diferirá de la verdadera en <math>\pm 0,3</math> mm por el denominador de escala, el restante no sobrepasará de <math>\pm 0,4</math> mm por el denominador de escala.</li> <li>• <b>Altimetría:</b> este apartado no fue definido en el proyecto IGM 2015. Sin embargo, las tolerancias de la componente vertical se encuentran detalladas y especificadas en el documento: <b>“protocolo de fiscalización para la exactitud posicional en la componente vertical para productos cartográficos”</b>, disponible en el Geoportal. <a href="https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/normalizacion-tecnica/">https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/normalizacion-tecnica/</a></li> </ul>
<i><b>Precisión cartográfica</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Altimetría (curvas de nivel):</b> Las alturas del 90% de los puntos bien definidos en levantamiento, no diferirá de la verdadera en más de <math>\frac{1}{4}</math> del valor del intervalo de curva de nivel, el 10% restante no excederá del valor del <math>\frac{1}{2}</math> del intervalo de curva de nivel.</li> <li>• El 90% de los puntos, cuyas cotas se obtengan por interpolación entre curvas de nivel, no diferirán de las verdaderas en más de <math>\frac{1}{2}</math> del intervalo de curva de nivel. El 10% restante no podrá exceder del valor de la equidistancia.</li> <li>• En áreas cubiertas con vegetación la precisión vertical será de <math>\frac{1}{2}</math> del intervalo de curva más <math>\frac{1}{2}</math> de la altura promedio de la vegetación.</li> </ul>

**Fuente:** Proyecto obtención de cartografía escala 1:5 000, IGM 2015

Para el Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN, 2020), en el documento Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica a Escala 1: 5 000, las tolerancias consideradas para los errores residuales son similares a las adoptadas en Ecuador. Dicho documento establece que:

- Para planimetría, la posición del 90 % de los puntos bien definidos no diferirá de la verdadera en más de 0,25 mm, y el 10 % restante no diferirá en más de 0,30 mm, a la escala del plano impreso.
- Para la altimetría de curvas de nivel, las elevaciones del 95 % de los puntos acotados en el mapa digital no diferirán de la verdadera en más de  $\frac{1}{4}$  del valor del intervalo de curva de nivel, mientras que el 5 % restante nunca excederá de  $\frac{1}{2}$  del intervalo de curva de nivel.

Otros documentos también integran la recopilación de información a nivel regional. El IPGH en la publicación: “Guía para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales (Ariza, 2018)” presenta un resumen de los valores de tolerancia utilizados en los diferentes países (tabla 6):



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Tabla 6.** Tolerancias consideradas por algunos países de la región

País	Planimetría		Altimetría	
	Exactitud (mm)	Nivel de confianza	Precisión(mm)	Nivel de confianza
Argentina	0,3 * M	90%	0,5 * ICN	90%
Brasil	0,5 * M	90%	0,5 * ICN	90%
Colombia	0,5 * M	90%	0,5 * ICN	90%
Ecuador	0,3 * M	90%	1/4 * ICN	90%
México	0,35 * M	95%	0,4 * ICN	95%
Perú	0,25 * M	90%	1/4 * ICN	95%
Uruguay	0,25 * M	95%	-	-

M = Denominador de la escala; ICN = Intervalo de curva de nivel

**Fuente:** Guía para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales (Ariza, 2018)

Caso particular constituyen países como Argentina y Brasil que disponen de una clasificación propia para ordenar a los productos cartográficos, de acuerdo a las precisiones alcanzadas en la evaluación.

#### 7.4 LA MATRIZ DE “CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE MAPAS”

La matriz generada como producto de la evaluación (tabla 7) y su presentación en el resumen: “Categorías y normas para evaluación de mapas”, que consta en el Anexo N°2, ha sido elaborada sobre la base de las experiencias del IGM en el proyecto “Supervisión y fiscalización de cartografía a escala 1: 1 000 y 1:5000 con fines catastrales”; los argumentos expuestos por las diferentes sociedades de estandarización; la información de otros institutos geográficos de la región; y, publicaciones técnicas referidas a esta temática.

Para el efecto se han tomado las siguientes consideraciones:

- Como información base, se utiliza la matriz de “Categorías y normas para evaluación de mapas” con todas sus definiciones, según lo establecido en el Manual de Especificaciones para Mapas Topográficos del IPGH (1978). Sin embargo, dado que dicha matriz fue concebida principalmente para mapas simbolizados e impresos, se incorporaron los elementos de calidad definidos en la norma ISO/TC 211 19157:2013 (véase Anexo N°1), aplicables a la cartografía digital y a bases de datos. Asimismo, se suprimió la clase C-2, tanto para mapas a gran escala (mapas urbanos) como para mapas a escala grande y mediana (cartas entre 1:25 000 y 1:250 000), debido a que presenta la misma definición que la clase C-1.
- Se mantienen todas las definiciones para los rangos que contemplan las escalas “Menor a 1: 1 000 000” y “1: 600 000 – 1: 1 000 000”, debido a que estos constituyen mapas expeditivos o de reconocimiento y normalmente requieren simbolización e impresión.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 8. EVALUACIÓN PRÁCTICA DE MUESTRAS DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

Esta sección presenta un ejemplo referencial que ilustra, paso a paso, cómo evaluar y categorizar productos cartográficos siguiendo la metodología establecida por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Dicha metodología se basa en estándares internacionales, como la norma ISO 19157, y se enmarca dentro del contexto normativo nacional vigente.

El siguiente apartado es un extracto del artículo titulado “Metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía”, implementado por la Dirección de IIDE, Normalización y Archivo Nacional del IGM. Este artículo fue publicado en la revista institucional IGM Geociencias & Datos en 2021 y está disponible en el Geoportal institucional, accesible a través del siguiente enlace:

<https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/revista-geografica-igm/>

### 8.1 EJEMPLO PRÁCTICO

#### 8.1.1 Control de calidad de la cartografía

**Escenario:** El equipo técnico encuentra en el proceso de control de calidad de la cartografía básica digital a escala 1:5 000 correspondiente a una zona urbana de aproximadamente 100 km<sup>2</sup>. El objetivo es identificar y cuantificar errores en las coberturas cartográficas mediante muestreo estadístico, para luego categorizar los productos según su calidad.

#### Paso 1: Selección aleatoria de muestras

La selección de hojas cartográficas se realiza aplicando la metodología detallada en el apartado 7.1 del presente documento.

Ejemplo: De un total de 20 hojas que cubren el área de estudio, se seleccionan aleatoriamente 5 para su evaluación. Este subconjunto se convierte en la muestra oficial sobre la cual se aplicarán los controles de calidad.

#### Paso 2: Verificación de insumos

Para cada hoja seleccionada, se recopilan los siguientes insumos mínimos:

- Ortofotografía con resolución  $\geq 0.25$  m
- Archivo vectorial en formato DGN o SHP
- Metadatos estructurados
- Memoria técnica del proyecto

La verificación garantiza que el producto a evaluar cuenta con los datos necesarios para un análisis integral.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### Paso 3: Evaluación de elementos de calidad

Cada objeto geográfico incluido en las coberturas (vialidad, hidrografía, vegetación, altimetría, entre otros) es evaluado con base en los elementos de calidad definidos por la ISO 19157, ver tabla 8.

**Tabla 8.** Elementos de calidad llevados a la práctica

Elemento de calidad	Evaluación práctica
<b>Comple titud</b>	Verificar si faltan elementos requeridos o si existen elementos no válidos.
<b>Consistencia lógica</b>	Revisar errores topológicos: <b>*Punto:</b> Must Be Disjoint  <b>*Línea:</b> Must Not Overlap Must Not Intersect Must Be Single Part Must Not Have Dangles Must Not Have Pseudonodes Must Not Self-Overlap Must Not Self-Intersect Must Not Intersect Or Touch Interior  <b>*Polígono:</b> Must Not Overlap Must Not Have Gaps
<b>Exactitud posicional</b>	Comparar residuales con puntos de referencia de la orto-foto o vector.
<b>Exactitud temática</b>	Validar atributos asignados (ej. río levantado en objeto río y no como objeto canal; cerca en objeto cerca y no como objeto muro)
<b>Exactitud temporal</b>	Confirmar que los datos reflejan la situación actual del territorio.
<b>Usabilidad</b>	Evaluar si la cartografía es apta para su propósito declarado (catastro, planificación, etc.).

### Paso 4: Registro de errores

Los errores son ingresados en una base de datos siguiendo una estructura uniforme, lo cual permite su posterior análisis estadístico. El registro incluye:

- ID de cobertura (hidrografía, vialidad, vegetación, etc.)
- Tipo de error (omisión, comisión, mal etiquetado, inconsistencia topológica, etc.)
- Elemento de calidad afectado
- Número de errores detectados



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

El gráfico 10, ilustra cómo estos errores son organizados por cobertura y tipo de error dentro de una matriz operativa digital, base del proceso de evaluación.

CANTIDAD DE ELEMENTOS EN LA (S) MUESTRA (S)	MUESTRA QIV-A1b-C3	Calidad datos hidrografía	Calidad datos vialidad	Calidad datos varios	Calidad datos vegetación	Calidad datos altimetría	Control topológico	Archivo nombres geográficos	Consistencia archivo de captura	Memoria técnica	Metadato	
6191	Hidrografía	498										
5394	Vialidad		588									
5878	Varios			428								
4081	Vegetación				2642							
10976	Altimetría					2768						
*	Topología						12576					
334	Nombres geográficos							7				
**	Consistencia archivo de captura								0			
***	Memoria técnica									30		
***	Metadato										30	
		498	588	428	2642	2768	12576	7	0	30	30	19567

**Gráfico 10:** Errores ingresados en la matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

### 8.1.2 Evaluación de la cartografía

Una vez concluida la revisión por cobertura, se realiza la verificación de coberturas (por ejemplo: cruces entre vialidad y cuerpos de agua, coincidencia de nombres geográficos con elementos espaciales). Luego, los errores son procesados en una **matriz de calidad ponderada**, que determina el porcentaje de cumplimiento por cobertura y por elemento de calidad.

El gráfico 11 muestra una matriz de porcentaje de calidad en la muestra evaluada. Las columnas reflejan las coberturas y los errores registrados por tipo, ponderados en relación al total de objetos evaluados. Esta matriz permite clasificar la cartografía dentro de una categoría de calidad (A-1, A-2, B-1, B-2 o C-1) conforme al marco del IPGH y las especificaciones del IGM (ver Anexo 2).



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

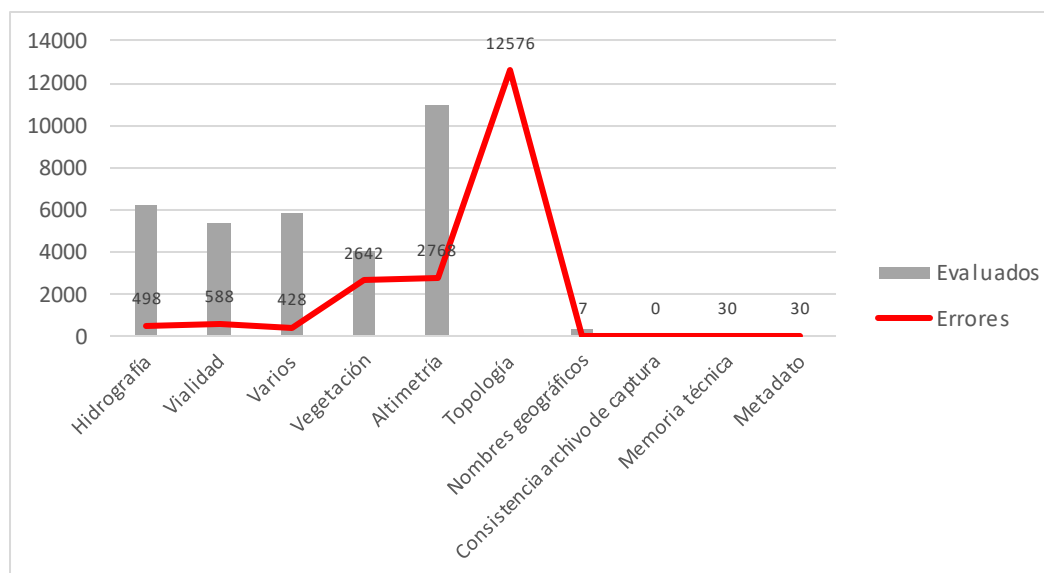
Variables *	5	Ponderación por variable **	12								
	60%					10%	10%	10%	5%	5%	
	Calidad datos hidrografía	Calidad datos vialidad	Calidad datos varios	Calidad datos vegetación	Calidad datos altimetría	Control topológico ***	Archivo nombres geográficos	Consistencia archivo de captura	Memoria técnica	Metadato	
Porcentaje de errores	8.04	10.90	7.28	64.74	25.22	38.28	2.10	0.00	100.00	100.00	
Porcentaje de aciertos	91.96	89.10	92.72	35.26	74.78	61.72	97.90	100.00	0.00	0.00	
Ponderación por variable	11.03	10.69	11.13	4.23	8.97	6.17	9.79	10.00	0.00	0.00	72.02%
* Corresponde a la clasificación de la estructuración de la información										B - 2	Utilizable
** Valor asignado en función del número de archivos de estructuración de la información										Regular	
*** Porcentaje asignado en función del número de errores topológicos en las coberturas con inconsistencias											

**Gráfico 11:** Matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

### Paso 6: Visualización y diagnóstico

Con los datos recopilados, se generan representaciones gráficas que incluyen histogramas por número de errores por cobertura y diagramas de barras por tipo de error y su correspondencia con los elementos de calidad. El gráfico 12 presenta el nivel de calidad por cobertura, mientras que el gráfico 13 cuantifica los errores por elemento de calidad según la norma ISO 19157.

Este análisis permite responder a preguntas clave, como cuáles coberturas son más problemáticas, qué tipo de errores son más frecuentes y dónde se concentran los errores sistemáticos.



**Gráfico 12:** Calidad de los datos en la (s) muestra (s)





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

	Compleitud	Consistencia lógica	Precisión posicional	Precisión temática	Calidad temporal	Usabilidad	
Hidrografía	68	812	323	100	0	0	
Vialidad	25	137	47	516	0	0	
Varios	405	11736	631	1815	0	0	
Vegetación	2534	309	1	48	0	0	
	3032	12994	1002	2479	0	0	19507

**Gráfico 13:** Cuantificación de errores en la calidad de los datos en la (s) muestra (s)

### Paso 7: Mejora continua

La retroalimentación generada a partir del análisis de calidad permite iniciar un proceso sistemático de mejora continua. En primer lugar, se realiza una revisión exhaustiva del catálogo de objetos, con el fin de identificar atributos mal definidos o clases temáticas ambiguas que puedan estar generando errores recurrentes en la fase de captura o clasificación. Esta revisión técnica asegura una interpretación uniforme por parte de los equipos encargados de la digitalización y codificación.

Otro aspecto clave es el fortalecimiento de las reglas topológicas aplicadas en los entornos SIG. Las validaciones automáticas deben ajustarse para detectar y evitar errores comunes como superposiciones, discontinuidades o relaciones espaciales incorrectas, definiendo tolerancias adecuadas según la escala de trabajo.

Finalmente, con base en los patrones detectados durante la evaluación, se planifican jornadas de capacitación técnica dirigidas específicamente a los temas más problemáticos identificados. Esto garantiza que el equipo operativo cuente con los conocimientos necesarios para corregir procedimientos y mejorar la calidad general de los productos cartográficos.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 9. METODOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

El control de calidad de la cartografía temática requiere un enfoque metodológico distinto al aplicado en la cartografía básica, debido a las características particulares del dato temático y a las condiciones operativas de su verificación. A diferencia de la cartografía básica, donde predominan criterios geométricos y posicionales evaluables de forma directa, la cartografía temática se basa en la clasificación e interpretación de fenómenos espaciales que, por su naturaleza, no siempre permiten una validación exhaustiva en campo.

Esta limitación asociada principalmente a los altos costos y a la complejidad logística de las verificaciones temáticas presenciales, exige la adopción de metodologías complementarias que prioricen el análisis en gabinete, el uso de herramientas automatizadas y la aplicación de técnicas estadísticas como el muestreo y la validación cruzada de datos.

La presente guía establece los criterios técnicos para el control de calidad de productos cartográficos temáticos multiescala, considerando aspectos como la completitud, consistencia lógica, integridad geométrica y exactitud temática, adaptados a contextos donde el acceso directo al terreno es limitado o se restringe a zonas conflictivas previamente identificadas.

Este enfoque busca garantizar la calidad y confiabilidad de los datos temáticos generados, optimizando al mismo tiempo el uso de recursos y asegurando la aplicabilidad de los productos en procesos de planificación, gestión territorial, análisis ambiental, entre otros.

### 9.1 MÉTODOS DE MUESTREO PARA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

La verificación de los parámetros de calidad se realiza sobre la información contenida en las unidades espaciales definidas según las grillas establecidas para el nivel de muestreo 3, conforme lo estipulado en el apartado 7.1.1 de este documento. El análisis considera tanto la relación espacial dentro de una misma cobertura temática como entre diferentes coberturas, utilizando para ello herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La inspección visual de las muestras se efectuará a una escala equivalente a un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) de la escala nominal del producto cartográfico.

La unidad mínima de análisis corresponderá a la cuadrícula definida en función de la escala del producto temático. A continuación, se presentan ejemplos representativos:

- Escala 1:1.000 → cuadrícula de 15 segundos de lado.
- Escala 1:5.000 → cuadrícula de 75 segundos (1 minuto y 15 segundos).
- Escala 1:25.000 → cuadrícula de 375 segundos (6 minutos y 15 segundos).
- Escala 1:50.000 → cuadrícula de 750 segundos (12 minutos y 30 segundos).
- Escala 1:100.000 → cuadrícula de 1500 segundos (25 minutos).
- Escala 1:250.000 → cuadrícula de 3750 segundos (62 minutos y 30 segundos).
- Escala 1:500.000 → cuadrícula de 7500 segundos (120 minutos).



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

- Escala 1:1.000.000 → cuadrícula de 15000 segundos (250 minutos).

El presente documento establece dos tipos de muestreo aplicables al control de calidad de la cartografía temática: muestreo normal y muestreo diferenciado. El usuario podrá seleccionar cualquiera de estos dos métodos en función de las necesidades intrínsecas del proyecto, las características del área de estudio y las condiciones operativas o logísticas disponibles.

Cabe señalar que la metodología de muestreo aplicada a la cartografía temática puede diferir de aquella utilizada en la cartografía base, debido a la naturaleza de los procesos de verificación. Mientras que la validación de la cartografía base se realiza principalmente en gabinete, el control de calidad de la cartografía temática requiere verificación en campo, lo que conlleva desafíos adicionales en términos de logística, tiempo y recursos económicos. Un ejemplo de este enfoque diferenciado se encuentra en el procedimiento de control de campo para puntos GNSS, descrito en el apartado 7.1.3, que emplea una metodología específica adaptada a sus requerimientos técnicos y operativos.

#### **a) Muestreo normal**

El muestreo normal se aplica cuando no existen restricciones logísticas relevantes. En este caso, la selección y el tamaño de la muestra se determinan mediante criterios estadísticos, garantizando una representatividad adecuada y un nivel de confianza apropiado para la evaluación. Los procedimientos detallados para este tipo de muestreo se encuentran en el apartado 7.1.2 del presente documento.

#### **b) Muestreo diferenciado**

El muestreo diferenciado se emplea cuando existen limitaciones logísticas o presupuestarias que dificultan la aplicación de un muestreo estrictamente estadístico. En tales circunstancias, se adopta un esquema de muestreo simplificado, conforme a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1:2009. Este procedimiento utiliza el nivel general de inspección Normal I (gráfico 14), sin aplicar un criterio de aceptación o rechazo, ya que el propósito no es aprobar o desaprobado el lote, sino definir el tamaño de la muestra de manera coherente con las condiciones de inspección.

De acuerdo con la NTE INEN-ISO 2859-1:2009, los tamaños de muestra se determinan mediante un código de letra, asignado según el tamaño del lote y el nivel de inspección seleccionado. Para tal efecto, debe consultarse el Gráfico 15, el cual permite identificar el código correspondiente y, por consiguiente, la cantidad de elementos a inspeccionar.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

Tamaño del lote			Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8			A	A	A	A	A	A	B
9 a 15			A	A	A	A	A	B	C
16 a 25			A	A	B	B	B	C	D
26 a 50			A	B	B	C	C	D	E
51 a 90			B	B	C	C	C	E	F
91 a 150			B	B	C	D	D	F	G
151 a 280			B	C	D	E	E	G	H
281 a 500			B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200			C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200			C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000			C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000			C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000			D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000			D	E	G	J	M	P	Q
500 000 y más			D	E	H	K	N	Q	R

**Gráfico 14:** Código alfabético del tamaño de la muestra

**Fuente:** INEN ISO 2859-1, 2009

Letra código del tamaño de muestra	Tamaño de la muestra	Límite aceptable de calidad, AQL, en porcentaje de ítems no-conformes y no conformidades por 100 ítems (inspección normal)																																																						
		0,010		0,015		0,025		0,040		0,065		0,10		0,15		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5		10		15		25		40		65		100		150		250		400		650		1000				
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re			
A	2																																																							
B	3																																																							
C	5																																																							
D	8																																																							
E	13																																																							
F	20																																																							
G	32																																																							
H	50																																																							
J	80																																																							
K	125																																																							
L	200																																																							
M	315																																																							
N	500																																																							
P	800																																																							
Q	1 250																																																							
R	2 000																																																							

⇩ = Usar el primer plan de muestreo de debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala, o excede, el tamaño de la muestra, hacer una inspección al 100%.

⇧ = Usar el primer plan de muestreo por encima de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

**Gráfico 15:** Planes de muestreo simple para la inspección normal

**Fuente:** INEN ISO 2859-1, 2009



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 9.2 MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD

Para la evaluación y control de calidad de la cartografía temática, se tomarán como referencia los parámetros establecidos en la norma ISO TC 19157 - Información geográfica: Calidad de los datos geográficos. En particular, se considerarán los siguientes elementos de calidad:

- **Completitud (compleción):** Evalúa la presencia o ausencia de elementos geográficos requeridos, así como la existencia de excesos o faltantes en relación con lo definido en el catálogo de objetos geográficos del IGM. Este parámetro permite determinar si la cobertura temática cumple con la integridad esperada del contenido.
- **Consistencia lógica:** Verifica la coherencia interna de los datos geográficos en cuanto a estructura, relaciones topológicas, reglas de codificación y restricciones lógicas definidas en el modelo de datos. Esto incluye, por ejemplo, la no superposición indebida de clases excluyentes, la correcta codificación de atributos y el cumplimiento de relaciones espaciales establecidas.
- **Exactitud temática:** Mide el grado de conformidad entre la clasificación temática registrada en la base de datos y la realidad observada en campo o fuentes de referencia. Este aspecto es fundamental para asegurar que las coberturas reflejen de manera fiel las características temáticas asignadas a cada entidad.

Estos parámetros se aplicarán a las coberturas solicitadas en el catálogo del IGM, que define los dominios temáticos válidos para los productos geoespaciales institucionales. La implementación de estos criterios permite establecer un marco técnico objetivo para verificar la calidad de la información generada y garantizar su utilidad para fines de planificación, análisis y toma de decisiones.

### 9.2.1 Compleción

La completitud es un parámetro de calidad que permite evaluar la integridad del contenido cartográfico, asegurando que no existan omisiones (ausencia de información requerida) ni comisiones (inclusión de información errónea o en exceso). Este control se realiza sobre el archivo cartográfico entregado al proceso de control de calidad, contrastándolo con el catálogo de objetos geográficos institucional.

#### a) Omisión de objetos geográficos

Se verifica que la totalidad del área de estudio esté correctamente digitalizada y fotointerpretada, sin dejar vacíos espaciales ni zonas sin codificación. La ausencia de objetos requeridos según el modelo temático correspondiente será considerada un error de omisión.

- **Criterio de tolerancia:** La cartografía debe cubrir completamente el área de estudio.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

#### b) Omisión de atributos

Se revisa que todos los registros de la tabla de atributos estén completos, es decir, que cada campo de la estructura de datos contenga la información correspondiente. La verificación se realizará mediante criterio experto, evaluando la congruencia entre el contenido temático y su representación alfanumérica.

- **Criterio de tolerancia:** No debe existir campos vacíos o con valores nulos en los atributos obligatorios.

#### c) Comisión por exceso de delimitación

Se inspecciona la muestra cartográfica para detectar polígonos erróneamente digitalizados o foto interpretados en exceso, es decir, unidades temáticas que no corresponden a la realidad del terreno o a la imagen de referencia. Estos casos se consideran errores de comisión por sobre cartografiado.

- **Criterio de tolerancia:** Se permite un margen de error de hasta el 5% del total de polígonos presentes en la muestra evaluada (cuadrícula conforme a la escala). Si se supera este umbral, la hoja (unidad mínima de muestreo) el producto evaluado estará incompleto.

#### d) Comisión por presencia de objetos menores al Área Mínima Cartografiable (AMC)

Se verifica que no existan unidades cartográficas cuya superficie sea inferior al valor establecido como Área Mínima Cartografiable (AMC), el cual depende directamente de la escala de trabajo.

La AMC se define como el tamaño mínimo legible que puede ser representado en una imagen o carta temática, considerando un elemento gráfico equivalente a 4 mm × 4 mm. A partir de esta base, se establece la relación escala/área mínima para distintas escalas, conforme lo indicado en la tabla 9. Esta relación permite categorizar la cartografía según el error permisible al digitalizar una unidad temática.

- **Criterio de tolerancia:** no se deberá extraer objetos menores a la AMC generados por métodos automáticos o por una interpretación errónea. Las unidades temáticas deben respetar la superficie mínima permitida para ser consideradas válidas en la producción final.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Tabla 9:** Categorización y error permisible para errores de digitalización

ESCALA	AREA MINIMA CARTOGRAFIA- BLE		ERROR PERMISIBLE POR CATEGORIAS (m)		
	m2	ha	A (90 % 0.3 x FE)	B (90 % 0.6 x FE)	C (90 % 1.2 x FE)
1000	16	0,0016	0,3	6	1,2
5000	400	0,04	1,5	3	6
25000	10000	1	7,5	15	30
50000	40000	4	15	30	60
100000	160000	16	30	60	120
250000	1000000	100	75	150	300
500000	4000000	400	150	300	600
Donde:					
FE = Denominador de la escala dimensionado (1 mm de la escala del mapa en terreno)					

**Fuente:** Estándares de Evaluación para Productos Cartográficos Impresos. IGM, 2008

### 9.2.2 Consistencia Lógica

La consistencia lógica es un parámetro clave en la evaluación de la calidad cartográfica, que permite verificar la coherencia interna del conjunto de datos, su correcta estructuración, y el cumplimiento de reglas topológicas y semánticas del modelo geográfico. Esta evaluación se centra en la relación entre la geometría, los atributos, la estructura de la base de datos y las reglas conceptuales del modelo.

La revisión comprende los siguientes tipos de consistencia:

#### a) Consistencia conceptual

Se evalúa el grado de adherencia al modelo conceptual definido, en caso de ser aplicable, como el catálogo de objetos geográficos institucionales. Esta revisión contempla:

- La estructura de la base de datos gráfica y alfanumérica.
- La correspondencia entre los objetos representados y su definición conceptual.
- El cumplimiento de las propiedades estructurales (tipos de geometría, campos obligatorios, relaciones jerárquicas, etc.).
- **Criterio de tolerancia:** No deben existir incongruencias estructurales, omisiones en campos obligatorios ni desviaciones respecto al modelo de datos definido.

#### b) Consistencia de dominio

Se verifica que los valores asignados a los atributos se encuentren dentro de los dominios válidos establecidos (por ejemplo, listas de códigos temáticos, clasificaciones predefinidas, valores permitidos por campo). Esto garantiza la integridad semántica de la base de datos.

- **Criterio de tolerancia:** No se deben registrar valores fuera de rango, códigos incorrectos o clasificaciones inexistentes. Toda inconsistencia con los dominios definidos será causal de revisión y corrección al producto.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### c) Consistencia de formato

Se revisa que los datos estén almacenados conforme a la estructura física establecida para el producto. Esto incluye:

- Tipos de datos correctos en cada campo (texto, número, fecha, etc.).
- Longitud permitida de los campos.
- Estructura uniforme de capas y tablas.
- **Criterio de tolerancia:** La base de datos no debe contener errores de formato ni desviaciones en la estructura. En caso de hallarse tales inconsistencias, el archivo deberá ser corregido.

### d) Consistencia topológica

La evaluación topológica se enfoca en las reglas espaciales que rigen las relaciones entre los objetos dentro de una misma capa. Se revisarán los siguientes aspectos:

- **Must Not Overlap:** No deben existir geometrías superpuestas entre unidades del mismo tipo temático.
- **Must Not Have Gaps:** No deben existir vacíos entre unidades que deben estar contiguas.
- **Geometrías inválidas:** No se permiten geometrías corruptas o incorrectas (por ejemplo, polígonos auto-intersectados).
- **Multipart:** Se verifica que no existan geometrías tipo multipart si no están justificadas técnicamente.
- **Criterio de tolerancia:** Cualquier infracción a estas reglas topológicas es considerada un error. La detección de inconsistencias obligará sus respectivas correcciones.

### e) Error por mal trazo

Se revisará la precisión geométrica del trazo de los objetos cartográficos en relación con el insumo de referencia utilizado (por ejemplo, una ortoimagen rectificada). Esto incluye:

- Desplazamientos significativos de los objetos respecto a su posición real.
- Trazados imprecisos que no respetan los límites claramente definidos en la imagen.
- Esta evaluación se apoyará en ejemplos visuales ilustrados en los Gráficos 16 y 17 del presente documento.
- **Criterio de tolerancia:** no debe existir unidades temáticas cuyo trazo no guarde fidelidad con el insumo base, salvo justificación técnica.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR



**Gráfico 16:** Ejemplificación de error en la digitalización



**Gráfico 17:** Ejemplificación de error en la digitalización

### 9.2.3 Exactitud temática

La exactitud temática constituye un componente esencial de la calidad de los datos geospaciales, al evaluar el grado de correspondencia entre la información temática representada en un producto cartográfico y la realidad observable en el terreno. En otras palabras, este parámetro mide cuán fielmente las clases, categorías o atributos asignados reflejan las condiciones reales que se pretende representar.

Por tanto, la exactitud temática no se limita únicamente a la comprobación visual o categórica, sino que implica un proceso analítico que busca determinar la confiabilidad semántica y cuantitativa del mapa o productos cartográfico respecto a la realidad observada, asegurando que las unidades temáticas, sus atributos y sus límites representen fielmente las condiciones del territorio.

Los elementos que se consideran dentro de este componente son:

- **Exactitud de la clasificación temática:** Evalúa si la clase o categoría asignada a cada unidad espacial (por ejemplo, tipo de cobertura o uso del suelo) corresponde correctamente con su condición real en el terreno.
- **Exactitud de atributos cualitativos:** Valora la veracidad de los atributos descriptivos o categóricos asociados a los objetos o unidades temáticas.
- **Exactitud de atributos cuantitativos:** Determina si los atributos numéricos asociados (por ejemplo, altura, densidad o porcentaje de cobertura) son coherentes, medibles y presentan una correspondencia aceptable con la realidad.

Previo a la aplicación de la metodología de revisión y validación de la exactitud temática, es indispensable definir con precisión el tipo de variable temática que se desea evaluar, dado que de esta definición dependerá la posibilidad de comprobar la correspondencia entre el modelo teórico y la realidad observada.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

De acuerdo con la norma ISO 19157, la exactitud temática se define como “la exactitud de atributos cuantitativos y la corrección de atributos no cuantitativos y de las clasificaciones de entidades y de sus relaciones” (ISO 19157, cit. en MDPI, 2020). En términos prácticos, esta exactitud representa el grado de correspondencia entre el valor o clase temática registrada en la cartografía y el valor “verdadero” observado o medido en terreno (EFGS, 2020). En este sentido, el principio de exactitud temática implica una comparación entre un modelo teórico (la representación cartográfica) y un dato observable o medible (la realidad del terreno), lo cual exige la existencia de variables que puedan ser verificadas empíricamente.

Las variables temáticas pueden clasificarse en cuantitativas (medibles numéricamente) o cualitativas (de carácter descriptivo o categórico). Esta distinción no solo afecta la forma de capturar y representar la información, sino también los procedimientos de evaluación que pueden aplicarse. En este contexto, la metodología descrita para la validación temática es aplicable únicamente a aquellas variables que presentan un comportamiento regionalizado y estacionario, es decir, variables cuya variación espacial es continua y presenta una estructura de correlación medible.

Según Alfaro (2007) y Emery (2013), la geoestadística se fundamenta en la teoría de las variables regionalizadas, entendidas como funciones que representan la variación espacial de una magnitud natural. Estas variables poseen una correlación espacial que permite estimar su comportamiento a partir de mediciones cercanas entre sí (Giraldo, 2007). No obstante, para que dicha correlación sea estadísticamente válida, deben cumplirse las condiciones de estacionaridad (Oliver y Webster, 2010).

La estacionaridad de segundo orden se cumple cuando la media y la varianza de la variable permanecen constantes a lo largo del espacio, y su covarianza depende únicamente de la distancia que separa los puntos observados, no de su ubicación absoluta. En otras palabras, para una variable estacionaria, el valor observado en un punto  $Z(x)$  será estadísticamente similar al valor  $Z(x+h)$  de un punto cercano (Alfaro, 2007; Estrella, 2020). Ejemplos típicos de variables temáticas estacionarias incluyen la cobertura y uso del suelo, la densidad de vegetación, la altura promedio de la cobertura arbórea, o la superficie impermeable. Estas variables, al ser medibles y cuantificables directamente en el terreno, permiten aplicar el procedimiento de validación temática descrito en el apartado 9.2.3.1.

Por el contrario, existen variables temáticas no estacionarias o intrínsecamente no medibles, en las que la media y la varianza no son constantes y dependen de factores espaciales o temporales difíciles de controlar (Oliver y Webster, 2010; Clark, 1979). Estas variables, de carácter predominantemente social o socioeconómico, como la percepción del riesgo, la satisfacción ciudadana, el nivel educativo o la vulnerabilidad social, no pueden ser verificadas directamente en campo, ya que su medición requiere instrumentos indirectos (encuestas, entrevistas, indicadores estadísticos, etc.). En tales casos, la metodología de validación temática deberá adaptarse o sustituirse por procedimientos específicos que respondan a la naturaleza del fenómeno analizado.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

En consecuencia, la identificación previa del tipo de variable temática (estacionaria o no estacionaria, cuantitativa o cualitativa) constituye un paso esencial del proceso de control de calidad. Esta distinción garantiza la correcta selección del método de evaluación, asegurando que los resultados obtenidos sean técnicamente válidos, representativos y coherentes con la naturaleza del fenómeno cartografiado.

#### **9.2.3.1 Proceso de revisión y validación temática para variables estacionarias**

La validación temática se desarrolla en dos fases complementarias: gabinete y campo. En el caso práctico correspondiente a la variable estacionaria “uso de suelo”, la fase de gabinete comprende la verificación preliminar mediante la comparación de fuentes cartográficas y satelitales, mientras que la fase de campo permite la confirmación in situ de las clases temáticas identificadas, garantizando la correspondencia entre la interpretación cartográfica y la realidad observada.

##### **a) Fase de gabinete**

Durante esta etapa se revisa el 100 % de las hojas cartográficas que conforman la muestra seleccionada para control de calidad. El análisis se centra en identificar unidades temáticas dudosas, inconsistentes o potencialmente erróneas, las cuales se marcarán para su posterior verificación en campo.

Esta fase permite optimizar los recursos, enfocando la verificación de campo únicamente en aquellas unidades que presentan discrepancias, ambigüedades o errores potenciales.

##### **b) Fase de campo**

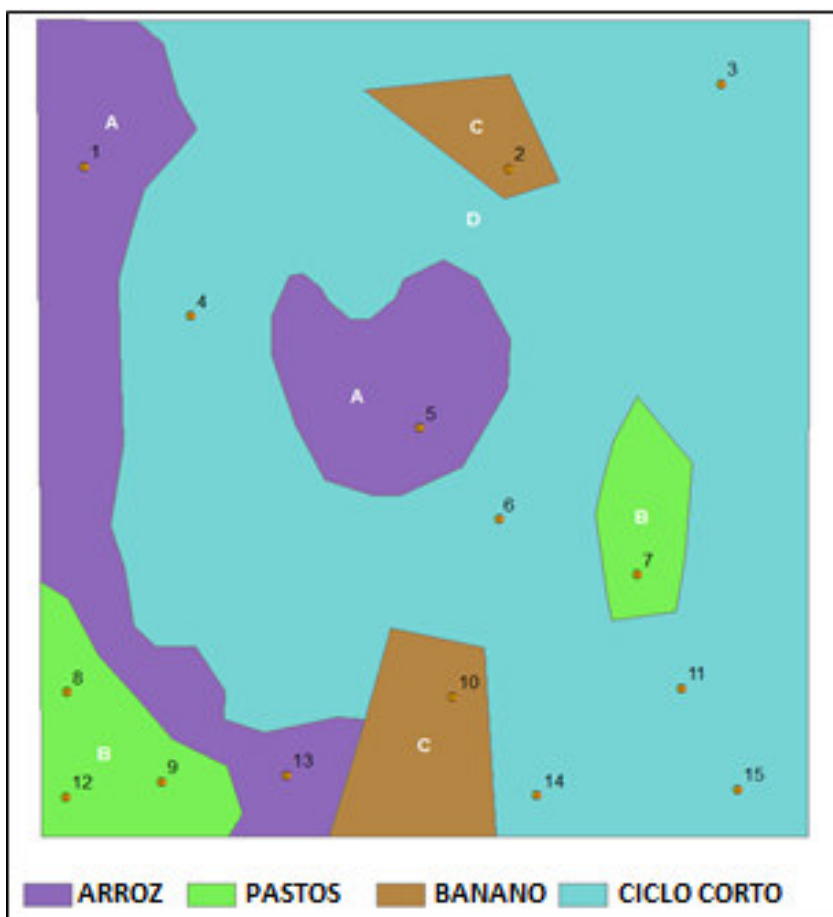
En esta etapa se realiza la validación directa en terreno únicamente de las unidades temáticas identificadas como problemáticas durante la fase de gabinete como se muestra en el gráfico 18. El objetivo es confirmar o corregir la asignación temática mediante observación directa y recolección de evidencia.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR



VERIFICACIÓN CAMPO			
1	A	9	A
2	C	10	C
3	D	11	D
4	C	12	B
5	A	13	B
6	D	14	C
7	A	15	D
8	B		

**Gráfico 11:** Sitios de Verificación de campo (Realidad vs Mapa) sobre un ejemplo de área de estudio

#### Análisis de exactitud: Matriz de confusión

Una vez completadas ambas fases (gabinete y campo), se procede al análisis estadístico de los resultados utilizando una matriz de confusión (también conocida como matriz de error). Esta herramienta es esencial para cuantificar la confiabilidad de la clasificación temática.

La matriz de confusión está estructurada de la siguiente manera (ver tabla 10):

- **Filas:** Representan las clases asignadas por el mapa (resultado del proceso de clasificación).
- **Columnas:** Representan las clases reales observadas en terreno (referencia o “verdad de terreno”).
- **Diagonal principal:** Contiene los valores en los que la clase del mapa coincide con la realidad. Representa los aciertos o clasificaciones correctas.
- **Valores fuera de la diagonal:** Indican discrepancias entre el mapa y la realidad. Representan errores de clasificación.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

### Indicadores de confiabilidad derivados

A partir de la matriz de confusión, se obtienen los siguientes indicadores fundamentales:

#### a) Confiabilidad global

Se calcula como la proporción de aciertos (suma de la diagonal principal) respecto al total de sitios de verificación. Es decir, representa la probabilidad de que un sitio cualquiera del mapa esté correctamente clasificado (Card, 1982).

$$\text{Confiabilidad global} = (\text{Número de aciertos}) / (\text{Total de sitios evaluados})$$

Este indicador proporciona una medida general del desempeño del mapa temático.

#### b) Confiabilidad del usuario

Indica la probabilidad de que un sitio clasificado como perteneciente a una clase específica en el mapa efectivamente corresponda a esa clase en el terreno. Se relaciona directamente con los errores de comisión (cuando se asigna incorrectamente una clase a un sitio), ver tabla 10.

#### c) Confiabilidad del productor

La proporción de sitios verificados en campo que pertenecen a una clase específica y que fueron correctamente representados como tal en el mapa se conoce como precisión del usuario o error de omisión inverso (Janssen y van der Wel, 1994). En la Tabla 11 se presenta la relación con los errores de omisión, ejemplificada mediante el caso práctico derivado del Gráfico 18. Estos errores ocurren cuando una clase presente en el terreno no es detectada correctamente en el mapa.

Ambos indicadores permiten evaluar la precisión individual de cada clase temática, lo cual es clave cuando algunas clases presentan mayores niveles de ambigüedad o confusión que otras. El análisis de exactitud temática mediante matriz de confusión es un estándar ampliamente reconocido en la evaluación de productos cartográficos temáticos, especialmente cuando se utilizan metodologías de teledetección o clasificación automática. Su aplicación rigurosa garantiza que la información contenida en la cartografía refleje fielmente la realidad del territorio y sea confiable para la toma de decisiones técnicas o estratégicas.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Tabla 10:** Ejemplificación del cálculo de la confiabilidad del mapa en función de la matriz de confusión

		REALIDAD						
MAPA		A	B	C	D	SUM	Fiab. Usuario	Error. Comi
	A	2	1			3	66,7	33,3
	B	2	2			4	50	50
	C			2		2	100	0
	D			2	4	6	66,7	33,3
	SUM	4	3	4	4	15		
	Fiab. Productor	50	66,7	50	100			
	Error. Omisión	50	33,3	50	0		10	Aciertos
		Precisión Global			67 %			

La suma de la diagonal que expresa la confiabilidad global del mapa (proporción de sitios correctamente clasificados) es igual a 0.67 (67%).

**Tabla 11:** Cálculo de la confiabilidad de un mapa temático (matriz de confusión) derivado del ejemplo detallado en el grafico 18.

	<b>DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN TEMÁTICA (PRECISIÓN GLOBAL)</b>											
	<b>REALIDAD</b>											
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>TOTAL</b>	Fiabilidad Usuario	Error comisión
<b>1</b>	551	4		17	12	48	23	128		783	70,4	29,6
<b>2</b>	71	543	190		193	24	75	75		1171	46,4	53,6
<b>4</b>	57	75	209	3	67	55	145	17		628	33,3	66,7
<b>5</b>	7	3	2	525	49	2	19	9		616	85,2	14,8
<b>6</b>	207	31	57		273	3	5			576	47,4	52,6
<b>7</b>										0	0	100
<b>9</b>		116	751	46	107	393	2507	9		3929	63,8	36,2
<b>A</b>	255	61	31	1	31	57	84	1145		1665	68,8	31,2
<b>B</b>									147	147	100	0
<b>TOTAL</b>	1148	833	1240	592	732	582	2858	1383	147	9515		
Fiabilidad Productor (%)	48	65,2	16,9	88,7	37,3	0	87,7	82,8	100			2
Error de omisión (%)	52	34,8	83,1	11,3	62,7	100	12,3	17,2	0			
											Aciertos 5900	

**Probabilidad 95,00 %**

**Precisión Global (Fiabilidad) 62,0 % Ejemplo Unidad 9**



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

**Error Muestreo 0,5** Fiabilidad productor 87,70 % Omisión Baja  
**Inter. Confianza  $62 \pm 1,96 * 0,5$  62,9826** Fiabilidad Usuario 63,80 % Comisión Alta  
**61,0321**

NOTA: En definitiva, puede asegurarse, con un 95 % de probabilidad, que la fiabilidad real se encuentra entre 61,025 y 62,975 %

En el caso de la matriz del modelo 9 (arbolado denso) ofrece una fiabilidad del productor del 87,7 %; esto es, aproximadamente nueve de cada diez superficies que tienen realmente esa cubierta están incluidas en la clasificación como tal. Sin embargo, la fiabilidad del usuario supera ligeramente el 60 %, lo que quiere decir que sólo tres quintas partes de las zonas clasificadas como esa cubierta realmente lo son. Aquí el error de omisión es bajo, pero el error de comisión es medio-alto. Ambas medidas son complementarias y de gran trascendencia. La primera desde el punto de vista de quien produce una determinada clasificación, la segunda de la persona que la utiliza.

### 9.3 EVALUACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN TEMÁTICA EN FUNCIÓN DE LA FIABILIDAD DEL MAPA

Una vez calculada la precisión global o fiabilidad temática del mapa en cada hoja muestreada, se procede a clasificar cada hoja en una de las cuatro categorías de calidad definidas en función del nivel de exactitud temática alcanzada. Esta clasificación se resume en la Tabla 12:

**Tabla 12:** Matriz de Clasificación del mapa temático en función de la fiabilidad

ELEMENTO DE LA CALIDAD	CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FIABILIDAD DEL MAPA			
	90 > X	90 < X > 75	75 < X > 60	X < 60
EXACTITUD TEMÁTICA	A (Excelente)	B (Bueno)	C (Regular)	D (malo)

**Fuente:** Auditoria propia

De acuerdo con esta clasificación, solo se consideran acordes aquellas hojas temáticas que se ubiquen dentro de las categorías A (Excelente) o B (Buena). Las hojas clasificadas como C (Regular) o D (Mala) no cumplen con los criterios de calidad establecidos.

Por lo tanto, la evaluación de la clasificación temática basada en la fiabilidad del mapa permite establecer de forma objetiva el nivel de calidad del producto cartográfico. La aplicación de criterios cuantitativos, como la precisión global, y procedimientos de inspección estadística, garantizan la transparencia y trazabilidad o no del producto. Este enfoque asegura que los mapas temáticos cumplan con los estándares requeridos para su uso operativo, institucional o científico, fortaleciendo la confiabilidad de la información geoespacial generada.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 10. CONCLUSIONES

- La guía presenta un marco normativo sólido, alineado con estándares internacionales como ISO 19157, NMAS, NSSDA, ASPRS y EMAS, así como con referencias regionales del IPGH y normativas de institutos geográficos de países vecinos. Esta alineación garantiza que las evaluaciones sean técnicamente reconocidas, comparables con las mejores prácticas internacionales y contribuyan al fortalecimiento de la credibilidad institucional.
- El documento establece una diferenciación clara entre los procedimientos aplicables a la cartografía base y a la cartografía temática, evitando así el uso de criterios inadecuados según el tipo de producto. En la cartografía base se priorizan la exactitud posicional, la consistencia topológica y el cumplimiento de tolerancias establecidas; mientras que en la cartografía temática se enfatizan la completitud, la consistencia lógica y la exactitud temática. Esta distinción metodológica se sustenta en un diseño de muestreo estadístico representativo, que optimiza el uso de recursos y asegura resultados confiables.
- La categorización de la calidad mediante una matriz adaptada del IPGH, integrada con los elementos de la ISO 19157 y las tolerancias institucionales del IGM, permite clasificar los productos en categorías bien definidas (A, B o C), estableciendo un criterio objetivo para su mejora o publicación.
- La incorporación de parámetros específicos para la componente vertical, antes poco desarrollados, amplía la evaluación hacia una apreciación más completa e integral de la calidad.
- En la práctica, aunque la guía no dispone expresamente un criterio de aprobación o rechazo, la categoría de calidad asignada actúa como un mecanismo de control efectivo para la publicación institucional, al determinar la idoneidad del producto cartográfico para su difusión oficial.

## 11. RECOMENDACIONES

- Los valores de tolerancia podrían revisarse cada 3–5 años para incorporar mejoras tecnológicas (por ejemplo, GNSS más precisos) y cambios en estándares internacionales.
- Se recomienda fortalecer la automatización de los controles de calidad mediante reglas topológicas, validaciones de atributos obligatorios y detección de objetos menores al área mínima cartografiable, reduciendo así la carga manual y aumentando la coherencia entre evaluaciones. La trazabilidad de errores podría mejorar con un formato estándar de registro que incluya tipo, cobertura, severidad y acción correctiva, facilitando la retroalimentación a las áreas productoras.
- Es importante mantener un programa de capacitación continua para el personal evaluador, enfocado en el manejo de la norma ISO 19157, la interpretación de la matriz de confusión y la correcta aplicación del muestreo estadístico. La verificación de metadatos debería tener un peso significativo en la evaluación, pues su ausencia o inconsistencia compromete la trazabilidad y la utilidad de la información. Finalmente, antes de adoptar la guía como requisito obligatorio para todo el IGM, sería recomendable realizar pruebas piloto con datos reales en distintas escalas y tipos de productos, a fin de ajustar detalles operativos y asegurar una implementación efectiva.





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## 12. REFERENCIAS

Alfaro Sironvalle, M. (2007). Estimación de recursos mineros. Obtenido de Universidad de Católica de Valparaíso: [http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/cgi-bin/public/bibli\\_index.cgi](http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/cgi-bin/public/bibli_index.cgi)

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. (2014). *Positional accuracy standards for digital geospatial data* (Edición 1, Versión 1.0). ASPRS.

American Society of Civil Engineers. (1983). *Map uses, scales and accuracies for engineering and associated purposes*. ASCE Committee on Cartographic Surveying, Surveying and Mapping Division.

Ariza-López, F. J., Atkinson, A., Nero, M., & Cintra, J. (2007). La componente posicional de los datos geográficos. *Revista Cartográfica*, (83), 93–104.

Ariza-López, F. J., García-Balboa, J. L., Rodríguez-Avi, J., & Robledo, J. (2018). Guía general para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (ipgh.org)

Card, D.H. (1982). "Using Known Map Category Marginal Proportions to Enhance the Accuracy of Thematic Maps." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(3), 431-439.

Clark, I. (1979). *Practical Geostatistics*. Elsevier Publishing, New York, USA.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3.<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons.

Cochran, William G. (1977). *Sampling Techniques*. 3<sup>a</sup> edición. New York: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-16240-X.

Dirección de IIIDE, Normalización y Archivo Nacional del Instituto Geográfico Militar. (2021). Metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía. IGM Geociencias & Datos. Recuperado de <https://www.geoportaligm.gob.ec/porta/index.php/revista-geografica-igm/>

Emery, X. (2013). *Geoestadística*. Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Estrella Salvador, J. R. (2020). Modelos de ondulación Geoidal para la red topográfica de Madrid a través de técnicas geoestadísticas diseñadas a partir de software libre y comercial. Trabajo de Fin de Máster, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia.

European Forum for Geography and Statistics (EFGS). (2020). Terms and Definitions: Thematic Accuracy. Recuperado de <https://www.efgs.info>



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

Federal Geographic Data Committee. (1998). *Geospatial positioning accuracy standards, Part 3: National standard for spatial data accuracy* (FGDC-STD-007.3-1998). FGDC.

Giraldo, R. (2007). *Introducción a la Geoestadística. Teoría y Aplicación*. Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Militar. (2008). *Estándares de evaluación para productos cartográficos impresos*. IGM.

Instituto Geográfico Militar. (2017). *Modelo semántico IGM* (Versión 7.0). 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 Nacional (IGN). (2020). Norma: Especificaciones Técnicas para la Producción de Mapas Topográficos a Escala 1: 5 000. Lima, Perú: IGN. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/ign/informes-publicaciones/543939-norma-especificaciones-tecnicas-para-la-produccion-de-mapas-topograficos-a-escala-de-1-5-000>

Instituto Panamericano de Geografía e Historia. (1978). *Especificaciones para mapas topográficos*. IPGH.

International Organization for Standardization (ISO). (2013). ISO 19157:2013 – Geographic information — Data quality. ISO.

International Organization for Standardization. (2013). *ISO 19157:2013—Geographic information—Data quality*. ISO.

Janssen, L.L.F., & van der Wel, F.J.M. (1994). "Accuracy Assessment of Satellite Derived Land-Cover Data: A Review." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60(4), 419-426.

Joint Committee for Guides in Metrology. (2012). *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)* (3rd ed.). JCGM. [https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM\\_200\\_2012.pdf](https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_200_2012.pdf)

MDPI. (2020). Evaluation of Data Quality in Geographic Information Systems. *Remote Sensing*, 12(5), 816. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/5/816>

Oliver, M., y Webster, R. (2010). *Basic steps in geostatistics: The Variogram and Kriging*. Springer Science+Business Media BV. SpringerBriefs in Agriculture. New York.



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

U.S. Bureau of the Budget. (1947). *United States national map accuracy standards*. U.S. Government Printing Office.

Universidad de Alicante. (s.f.). Apuntes de cartografía. Recuperado de [http://ocw.ua.es/repositorio/cartografia/apuntes\\_cartografia.pdf](http://ocw.ua.es/repositorio/cartografia/apuntes_cartografia.pdf)



MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL

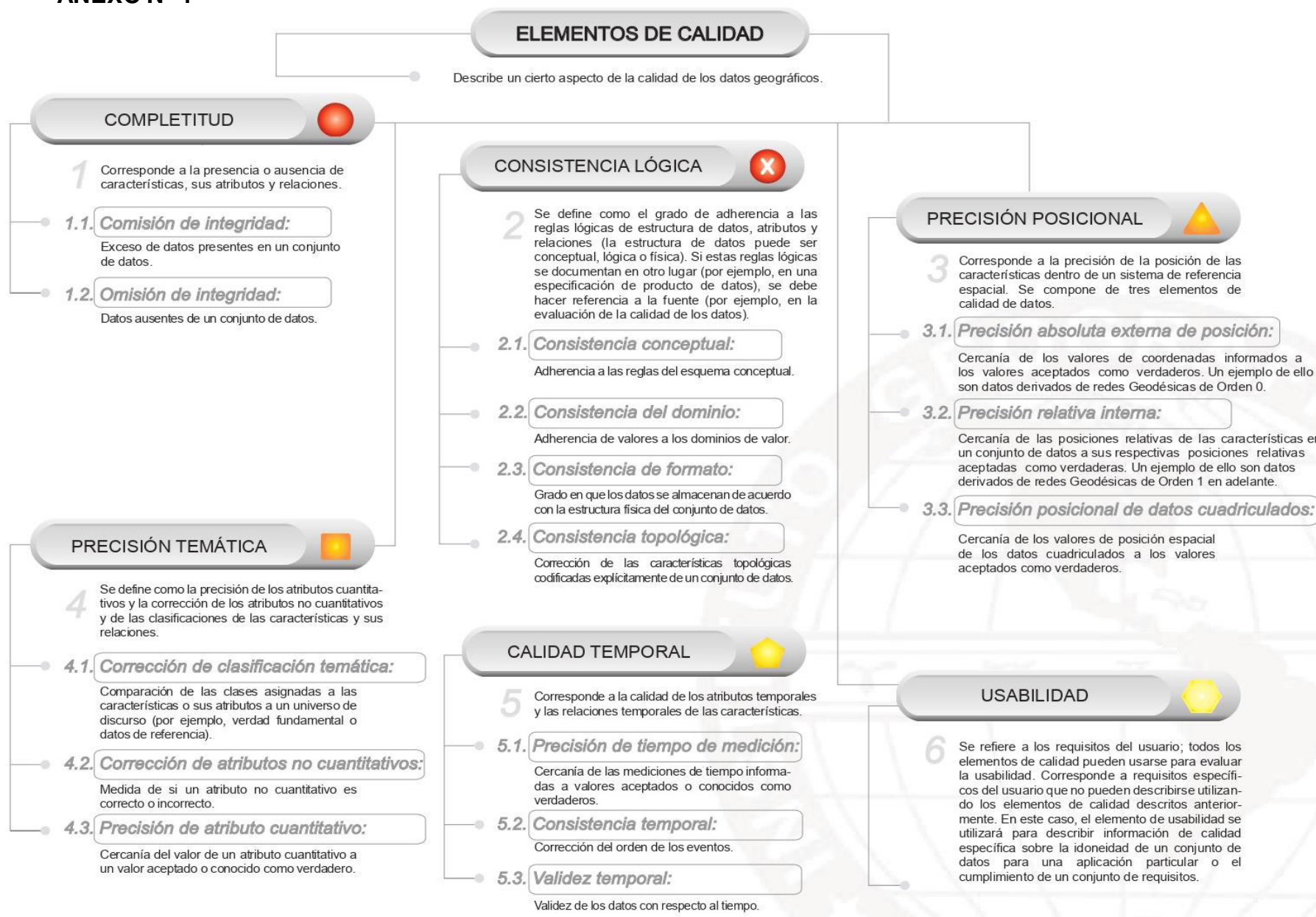


INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

## ANEXOS



## ANEXO N° 1





MINISTERIO DE  
DEFENSA  
NACIONAL



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

ANEXO N° 2: CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA EVALUACIÓN DE MAPAS (CARTOGRAFÍA DIGITAL)

ANEXO N° 2: CATEGORÍAS Y ESPECIFICACIONES PARA EVALUACIÓN DE MAPAS (CARTOGRAFÍA DIGITAL)													
Clase	Categorización	Uso	Exactitud posicional		Compleción			Consistencia lógica		Exactitud temática	Ponderación final	Requiere revisión	Publicación
			Planimetría (mm)	Altimetría (mm)	Comisiones	Omisiones	Mal trazó	Continuidad	Conexión	Catalogación-atributos			
	Escala pequeña: Menor a 1: 1'000 000 (escala estándar 1: 2'000 000)												
A	Bueno	Adecuado	-	-	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	-	No	Si
B	Regular	Utilizable	-	-	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	-	Si*	Si**
C	Malo	Inadecuado	-	-	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	-	Si*	No
	Escala pequeña: 1: 600 000 – 1: 1'000 000 (escalas estándar 1:500 000 y 1:1'000 000)												
A	Bueno	Adecuado	≤ 1,5 M	-	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	-	No	Si
B	Regular	Utilizable	≤ 5 M	-	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	-	Si*	Si**
C	Malo	Inadecuado	> 5 M	sombreado	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	-	Si*	No
	Escala grande y mediana: 1:25 000 – 1: 600 000 ( escalas estándar 1:25 000-1:50 000 y 1:100 000 – 1: 250 000)												
A - 1	Excelente	Óptimo	≤ 0,3 M	≤ 0,25 ICN	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	90% - 100%	No	Si
A - 2	Bueno	Adecuado	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	85% - 89%	Si*	Si**
B - 1	Bueno	Utilizable	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	75% - 84%	Si*	Si**
B - 2	Regular	Servible	< 0,6 M	< 0,50 ICN	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	65% - 74%	Si*	No***
C - 1	Malo	Inadecuado	≥ 0,6 M	≥ 0,50 ICN	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	55% - 64%	Si*	No
	Escala grande (mapas urbanos): escala mayor a 1: 25 000 (Escala estándar 1: 12 500)												
A - 1	Excelente	Óptimo	≤ 0,3 M	≤ 0,25 ICN	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	≤ 10%	90% - 100%	No	Si
A - 2	Bueno	Adecuado	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	85% - 89%	Si*	Si**
B - 1	Bueno	Utilizable	≤ 0,45 M	≤ 0,38 ICN	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	< 25%	75% - 84%	Si*	Si**
B - 2	Regular	Servible	< 0,6 M	< 0,50 ICN	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	≤ 25%	65% - 74%	Si*	No***
C - 1	Malo	Inadecuado	≥ 0,6 M	≥ 0,50 ICN	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	> 25%	55% - 64%	Si*	No

M=Módulo de la escala: ICN= Intervalo de curva de nivel.

\*Se requiere revisión para subir de clase.

\*\* Se recomienda publicar la cartografía con las respectivas indicaciones y aclaraciones para el mejor uso de la cartografía.

\*\*\* No se recomienda publicar porque existen errores considerables en exactitud y en cartografía, pero se puede entregar la información personalizada bajo pedido de un usuario específico.

**Óptimo**, Reúne las más altas características de exactitud en todos los elementos constante en el documento, y cumple con su propósito específico.

**Adecuado**, Satisface los requisitos para el uso al que está destinado, está dentro de la exactitud deseada.

**Utilizable**, Indica que el mapa es deficiente pero capaz de ser usado en ciertos casos.

**Servible**, La exactitud en el 65% de sus elementos constitutivos, indica que el mapa no es de confianza y se debe usar con precaución

**Inadecuado**, Su contenido es inexacto y/o incompleto, a tal grado que la utilidad en el uso, se reduce a un nivel referencial.

**Fuente:** Adaptado en base a las "Especificaciones para la producción de mapas topográficos", IPGH (1978) y Estándares de Evaluación para productos Cartográficos impresos, IGM (2008)