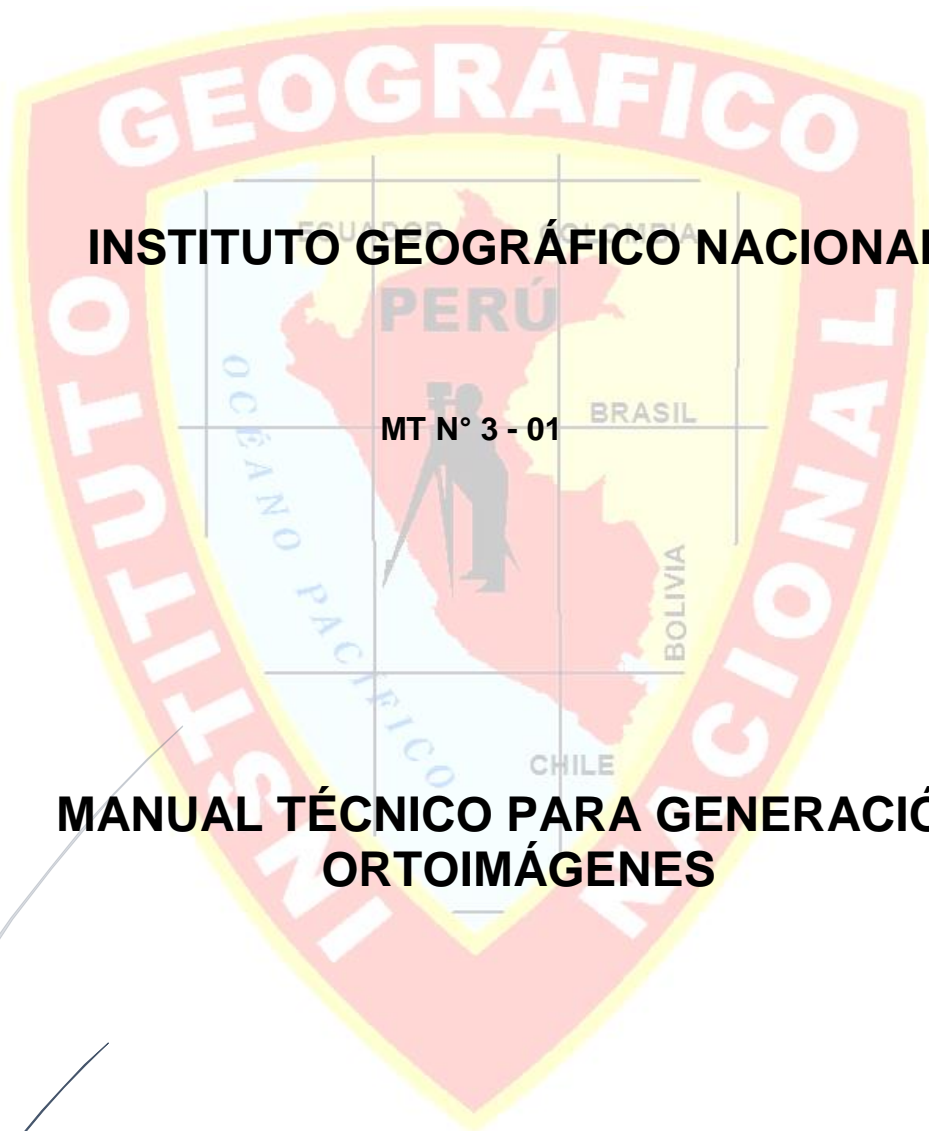




BICENTENARIO  
PERÚ 2021



Elaborando  
la Carta Nacional  
a partir del encargo del Presidente  
de la República Augusto B. Leguía  
mediante Decreto Supremo del 10  
de mayo de 1921.



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**

**MT N° 3 - 01**

**MANUAL TÉCNICO PARA GENERACIÓN DE  
ORTOIMÁGENES**

**JUNIO 2021**



Firmado digitalmente por:  
CAND RAMOS Luis FIR  
43277324 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 24/05/2021 10:01:44-0500



Firmado digitalmente por:  
PORTILLO ROMERO Fernando  
FAUJ 2030 1053623 hard  
Motivo: Jefe del  
Instituto Geográfico Nacional  
Fecha: 28/06/2021 17:18:44-0500



Firmado digitalmente por:  
HUARAJA CASAVARDE Edgar  
FIR 31036381 hard  
Motivo: Day Vº Bº  
Fecha: 24/05/2021 10:21:02-0500

# Resolución Jefatural

Surquillo, 24 de junio de 2021

Nº 052-2021/IGN/DIG/SDNGC

## VISTO:

El Informe Técnico N° 066-2021-IGN/DIG/SDNGC, de fecha 24 de junio de 2021 sobre elaboración del "Manual Técnico para Generación de Ortoimágenes".



Firmado digitalmente por:  
DELAGO MARIO LUEZ Miguel  
Angel FIR 43456234 hard  
Motivo: Day Vº Bº  
Fecha: 25/05/2021 09:49:57-0500

## CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a lo señalado en la Ley N° 27292 "Ley del Instituto Geográfico Nacional", su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 005 – DE/SG, el Decreto Supremo N° 034-2008-PCM actualizada por los Decretos Supremos N° 048-2010-PCM, N° 058-2011-PCM y N° 097-2021-PCM; por medio del cual se aprueba la Calificación de Organismos Públicos, el Instituto Geográfico Nacional es un organismo público ejecutor del Sector Defensa con personería jurídica de derecho público interno. Goza de autonomía técnica, administrativa y económica y constituye un pliego presupuestal del Sector Defensa;



Firmado digitalmente por:  
ALFARO MUÑOZ NIDIA  
JACKELINE FIR 44972088 hard  
Motivo: Day Vº Bº  
Fecha: 24/05/2021 15:53:57-0500

Que, la producción, intercambio y el uso de la información geoespacial se ha incrementado de forma acelerada en las últimas décadas tanto en lo nacional como lo internacional; por ello ha surgido la necesidad de investigar los estándares de uso generalizado y ampliamente aceptados por la comunidad internacional, que permitan el intercambio de la información en forma eficiente. En ese sentido, mediante el numeral 2, del Artículo 5° de la Ley N° 27292, el Instituto Geográfico Nacional tiene entre sus funciones generales la de "Actuar como organismo competente del Estado para normar actividades geográfico - cartográficas que se ejecutan en el ámbito nacional";

Que, resulta indispensable contribuir con la generación de Manuales Técnicos que contribuyan a establecer lineamientos para el proceso de generación de ortoimágenes a partir de imágenes digitales, dentro del proceso de producción de información geoespacial en el Instituto Geográfico Nacional;



Firmado digitalmente por:  
CAND RAMOS Luis FIR  
43277324 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 24/05/2021 10:02:05-0500

Que, de acuerdo al documento del visto, la Subdirección de Normalización de Gestión de la Calidad de la Dirección de Información Geoespacial, ha elaborado el "Manual Técnico para la generación de ortoimágenes", con la finalidad de estandarizar la metodología de procesos y procedimientos necesarios para la generación de ortoimágenes.



Firmado digitalmente por:  
HUARAJÓ CASAVARDE Edgar  
FIR 31036381 hard  
Motivo: Doy Vº Bº  
Fecha: 24/05/2021 10:21:28-0500

Que, de conformidad a la Ley N° 27292 "Ley del Instituto Geográfico Nacional", su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 005 - DE/SG, el Decreto Supremo N° 034-2008-PCM actualizada por los Decretos Supremos N° 048-2010-PCM, N° 058-2011-PCM y N° 097-2021-PCM, y en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución Suprema N° 185-2020-DE del 19 de diciembre de 2020;

Estando a lo propuesto por el CRL EP Director de Información Geoespacial del Instituto Geográfico Nacional.

### SE RESUELVE:



Firmado digitalmente por:  
DELAGO MARQUEZ Miguel  
Angel FIR 49456234 hard  
Motivo: Doy Vº Bº  
Fecha: 25/05/2021 09:49:46-0500

**Artículo 1°.-** Aprobar el MT N° 3 – 01 "MANUAL TÉCNICO PARA GENERACIÓN DE ORTOIMÁGENES", el mismo que será inscrito en el registro de publicaciones del Instituto Geográfico Nacional de acuerdo al siguiente detalle:

Título : "MANUAL TÉCNICO PARA GENERACIÓN DE ORTOIMÁGENES"  
Código : MT N° 3 – 01  
Edición : 2021

**Artículo 2°.-** DISPONER, que la Oficina de Estadística e Informática, publique la presente Resolución en la página web del Instituto Geográfico Nacional.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Firmado digitalmente por:  
ALFARO MUÑOZ NIDIA  
JACHELIN E FIR 44972688 hard  
Motivo: Doy Vº Bº  
Fecha: 24/05/2021 15:54:08-0500



Documento firmado digitalmente  
O – 224472267 – A+  
FERNANDO PORTILLO ROMERO  
General de Brigada  
Jefe del Instituto Geográfico Nacional



## ÍNDICE

### CAPITULO 1

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CREACIÓN DE ORTOIMÁGENES

- 1.1 Objeto
- 1.2 Finalidad
- 1.3 Alcance
- 1.4 Definiciones

### CAPITULO 2

#### CONSIDERACIONES GEODÉSICAS Y CARTOGRÁFICAS

- 2.1 Red Geodésica Horizontal Oficial
- 2.2 Red Geodésica Vertical Oficial
- 2.3 Elipsoide Geodésico de Referencia
- 2.4 Sistema de coordenadas
- 2.5 Sistema de Proyección Cartográfica

### CAPITULO 3.

#### METODOLOGÍA PARA GENERACIÓN DE ORTOIMÁGENES

- 3.1 Consideraciones técnicas
- 3.2 Consideraciones para la obtención de imágenes digitales
- 3.3 Obtención de coordenadas de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico
- 3.4 Orientación de imágenes (aerotriangulación)
- 3.5 Exactitud de posición relativa de captura y/o extracción (planimetría)
- 3.6 Exactitud absoluta de posición horizontal y vertical
- 3.7 Tipos de representación y formatos
- 3.8 Rectificación diferencial
- 3.9 Remuestreo
- 3.10 Mosaico
- 3.11 Equilibrio radiométrico
- 3.12 Corte por cuadrantes



## CAPITULO 4

### EVALUACIÓN DE CALIDAD DE MDE Y ORTOIMÁGENES

4.1 Consideraciones generales

4.2 Para la evaluación de calidad del MDE se deben considerar los siguientes elementos

4.3 La ortoimagen debe cumplir como mínimo con los siguientes niveles de conformidad

#### Referencias Bibliográficas



# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Objeto

Establecer lineamientos técnicos para el proceso de generación de ortoimágenes a partir de imágenes digitales, dentro del proceso de producción de información geoespacial en el Instituto Geográfico Nacional.

### 1.2 Finalidad

Estandarizar la metodología de procesos y procedimientos necesarios para la generación de ortoimágenes.

### 1.3 Alcance

Deberá aplicarse en el proceso generación de las ortoimágenes que se generen en el Instituto Geográfico Geográfico Nacional.

### 1.4 Definiciones

Para el manejo de un lenguaje común entre los organismos generadores de cartografía, es importante entender y cumplir los presentes lineamientos técnicos, a través de las definiciones siguientes: —

#### a. Cámara aérea digital

El dispositivo fotográfico matricial o de línea que permite la obtención de fotografías en formato digital; sus características ópticas (distorsiones de la lente) y elementos de orientación interior (distancia focal y geometría de construcción) son determinados con exactitud e integrados a un reporte de calibración.

#### b. Cámara de barrido o lineal

El dispositivo fotográfico conformado por un arreglo de sensores en forma de líneas (matrices de dos o tres líneas) dispuestos perpendicularmente a la

dirección de vuelo; la formación de la imagen digital requiere del barrido continuo sobre el terreno en forma simultánea al avance del avión.

### c. Cámara digital métrica

Es aquella cámara digital de fotografía a la que se le han definido con exactitud, mediante un proceso de calibración, los parámetros de orientación interna tales como su distancia focal, formato (distancia entre marcas fiduciaras), distorsión de la lente para diferentes puntos de las fotografías y el poder de resolución en distintos puntos de la fotografía. Se utiliza para aplicaciones fotogramétricas precisas y exactas.

### d. Certificado de calibración

Documento expedido por un organismo competente, en el cual se declaran los resultados obtenidos en pruebas muy rigurosas a equipos fotogramétricos respecto a la precisión de sus parámetros declarados. Se solicita principalmente para la cámara digital métrica.

### e. Error de Raíz Cuadrada Media (RMSE)

La raíz cuadrada del promedio del conjunto de diferencias cuadradas entre los valores de las coordenadas del conjunto de datos y los valores de las coordenadas de una fuente independiente de mayor precisión para puntos idénticos.

### f. Error Medio Cuadrático (EMC)

Definido matemáticamente como la raíz cuadrada del cociente entre la suma de los cuadrados de los errores aleatorios y el número de errores menos uno, se minimiza con una solución por el método de los mínimos cuadrados.

### g. Especificación de productos geográficos (ISO 19131)

Estándar internacional sobre metodología para elaborar especificaciones técnicas de producto (Información Geoespacial). Define los requerimientos para las especificaciones de productos de datos geográficos, basados en los conceptos de otras normas de la serie ISO 19100, y apoya la creación de especificaciones de productos geográficos.

## h. Estructura ráster

Estructura digital de datos espaciales en la que se asocia un valor de atributo a cada posición y en la que estas posiciones se encuentran distribuidas de forma regular.

## i. Fotogrametría

Es la ciencia y tecnología de obtener información tridimensional geométrica y temática fiable a través de procesos de registro, medición e interpretación de imágenes digitales y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos.

## j. Imagen digital

Es una estructura matricial 2D compuesta por una malla de celdas cuadradas denominadas píxeles. Estos píxeles son las unidades básicas de almacenamiento de la información e incorporan una representación numérica discreta de la intensidad o nivel digital y están definidos por su posición espacial, expresada en filas y columnas. Pueden ser obtenidas por sensores pasivos, que capturan la reflectividad de los objetos respecto a una fuente externa de energía, o por sensores activos, que capturan la reflectividad de los objetos respecto a una fuente de energía incluida en el propio sensor.

## k. Intervalo de confianza (nivel de confianza)

Los límites superior e inferior de los valores, de una variable aleatoria, dentro de los cuales hay una probabilidad preasignada (confianza) de que se encuentre una medición u observación. Si el valor se encuentra fuera de esos límites, existe una pequeña probabilidad de que la medición se haya producido por azar.

$$RMSEr = \sqrt{[(RMSEx)^2 + (RMSEy)^2]}$$

$$\text{Nivel de confianza al 95\% (CE95)} = 2.448 * RMSEr / 1.4142$$

## l. Red Irregular de Triángulos (Triangulated Irregular Network)

Es una representación de una superficie continua formada por un mosaico de triángulos que es habitualmente empleada para la modelización de la información altimétrica. Es una representación vectorial en la que cada uno de los puntos medidos da lugar a un vértice del triángulo, cuya forma es



optimizada a fin de que sus lados y sus ángulos sean lo más homogéneos posibles.

### **m. Metadatos o Metainformación**

Datos que definen y describen a otros datos. En el caso concreto de la información geográfica debe definir y describir aspectos como la identificación del producto, extensión, calidad, aspectos espaciales y temporales, el contenido, la referencia espacial, la representación, la distribución y otras propiedades de los servicios y datos geográficos en formato digital.

### **n. Modelo Digital de Elevación (MDE)**

Es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno y que puede escribirse de forma genérica como  $z = f(x, y)$ . Este modelo permite la caracterización de las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

### **o. Modelo Digital de Superficie (MDS)**

Es un tipo específico de modelo digital de elevaciones en el que se registran las superficies superiores reflectivas de edificios, árboles, etc. elevados sobre la superficie terrestre. Es un tipo de modelo muy utilizado para la modelización 3D especialmente en zonas urbanas, así como para la generación de ortofotografías verdaderas.

### **p. Modelo Digital del Terreno (MDT)**

Es una representación de la superficie terrestre (sin incluir objetos no propios de la superficie terrestre -edificios, vegetación, etc.-) y que puede estar enriquecida con elementos geomórficos que permitan una mejor definición de la misma.

### **q. Modelo estereoscópico**

Modelo que reconstruye la forma tridimensional de los objetos a partir de proyecciones bidimensionales tomadas desde puntos de vista diferentes. El modelo se genera en la zona de traslape de dos imágenes, colocadas consecutivamente, mediante una estación fotogramétrica configurada con visión estereoscópica.

#### r. Ortoimagen Digital

Una imagen digital en la que se han corregido los desplazamientos de los puntos provocados por la inclinación de la toma y del relieve. Está referida a un sistema de proyección cartográfica, por lo que posee las características geográficas de cualquier producto cartográfico con la ventaja adicional de que los objetos están representados con su apariencia real. Está definida en función de una resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal.

#### s. Ortorrectificación

Proceso de eliminación de los efectos de inclinación, relieve y otras distorsiones de una imagen original a fin de obtener una ortoimagen, en la cual se transforma el sistema de proyección central de la imagen digital en una proyección ortogonal.

#### t. Pixel

Es un elemento geométrico superficial, resultante de la subdivisión de una imagen en elementos de idéntica forma, que nos proporcionan información sobre la posición, la intensidad, y a veces el color de la fuente, no existe subdivisión de elemento en la imagen.

#### u. Punto de Apoyo Fotogramétrico Horizontal y Vertical (PFCHV)

Es un punto de coordenadas conocidas (planimétricas y/o altimétricas) identificable en las imágenes y que se emplea en los procesos de orientación de las mismas (aerotriangulación).

#### v. Remuestreo

Interpolación de los valores radiométricos y de la posición de los píxeles de una imagen digital a partir de los valores correspondientes de los píxeles vecinos para obtener una imagen digital.

#### w. Resolución

La unidad más pequeña que un sensor puede detectar o la unidad más pequeña que representa una ortoimagen. El grado de finura con el que se puede realizar una medición.

#### **x. Resolución del píxel o tamaño del píxel sobre el terreno**

Es el tamaño correspondiente a cada uno de los elementos que componen el sensor digital que captura la imagen proyectados sobre el terreno.

#### **y. Resolución espacial**

Es una medida del elemento de menor tamaño distinguible en una imagen digital. Habitualmente se asimila con el tamaño del píxel proyectado sobre el terreno.

#### **z. Resolución radiométrica**

Es la capacidad del sensor para distinguir diferencias en intensidad de luz o reflectancia. Está ligado a la propia cuantificación digital que se realiza de la energía electromagnética capturada en el proceso de almacenamiento de la imagen digital. Se representa en bits/píxel, poniendo de manifiesto el número de niveles digitales posibles que se asignan a cada píxel de la imagen, los valores más habituales suelen ser 8, 12, 14 y 16 bits.

#### **aa. Resolución espectral**

Es la capacidad del sensor para discriminar entre diferentes regiones o zonas del espectro electromagnético. Se caracteriza por la anchura de la banda o canal (o canales) que es capaz de capturar un determinado sensor.

#### **bb. Restitución fotogramétrica**

Procedimiento empleado para obtener información planimétrica y altimétrica a partir de las imágenes digitales, una vez conocidos sus parámetros de orientación, mediante la aplicación del método general de la Fotogrametría.

#### **cc. Teledetección**

Es la ciencia y tecnología de capturar, procesar y analizar imágenes de forma conjunta con otros datos físicos de la Tierra y los planetas, a partir de sensores instalados en el espacio, en el aire o en el terreno.

## CAPÍTULO 2

### CONSIDERACIONES GEODÉSICAS Y CARTOGRÁFICAS

#### 2.1 Red Geodésica Horizontal Oficial

Se constituye como Marco de Referencia Geodésico Oficial a la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC), conformada por el conjunto de Estaciones de Rastreo Permanente (GNSS) administrada por el Instituto Geográfico Nacional, que materializan el Sistema Geodésico Horizontal Oficial, la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 (ITRF2000) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 2000.4 relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 (GRS80), para efectos prácticos se empleará el elipsoide World Geodetic System 1984 (WGS84). Este Marco de Referencia Geodésico oficial, proporcionará la base de toda la información geoespacial que se genere por método directo e indirecto en el país.

#### 2.2 Red Geodésica Vertical Oficial

Es la Red Geodésica de Nivelación Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el Nivel Medio del Mar, conformado por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre.

#### 2.3 Elipsoide Geodésico de Referencia

Elipsoide	:	GRS80 Geodetic Reference System 1980
Datum	:	Geocéntrico
Semi Eje Mayor	:	6 378 137 metros
Semi Eje Menor	:	6 356 752,31414 metros

Achatamiento : 1/298,257222101

Para efectos prácticos se empleará el elipsoide World Geodetic System 1984 (WGS84) con los siguientes parámetros:

Elipsoide : WGS84 (World Geodesic System 1984)

Datum : Geocéntrico

Semi Eje Mayor : 6 378 137 metros

Semi Eje Menor : 6 356 752,31424 metros

Achatamiento : 1/298,257223563

## 2.4 Sistema de Coordenadas

### Sistema de Coordenadas Geográficas

Latitud ( $\varphi$ ) Paralelo de Ecuador

Longitud ( $\lambda$ ) Meridiano de Greenwich

### Sistema de coordenadas planas

X Falso Este 500 000 metros

Y Falso Norte 10 000 000 metros

## 2.5 Sistema de Proyección Cartográfica

El Sistema de Proyección Cartográfica para la República del Perú es el Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), que es un sistema cilíndrico transverso conforme, secante al globo terráqueo con las características técnicas siguientes:

Zonas de proyección del territorio nacional de 6° de longitud cada una:

Zonas 17 con Meridiano central (MC) 81° Oeste

Zonas 18 con Meridiano central (MC) 75° Oeste

Zonas 19 con Meridiano central (MC) 69° Oeste



- Unidad de medida: metro
- Falso Norte: 10 000 000 metros
- Falso Este: 500 000 metros
- Factor de escala en el Meridiano Central: 0.9996



## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA PARA GENERACIÓN DE ORTOIMÁGENES

#### 3.1 Consideraciones técnicas

- a. La ortoimagen es una imagen digital en la que se han corregido los desplazamientos de los puntos provocados por la inclinación de la toma y del relieve. Está referida a un sistema de proyección cartográfica, por lo que posee las características geográficas de cualquier producto cartográfico con la ventaja adicional de que los objetos están representados con su apariencia real. Está definida en función de una resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal.
- b. Para llevar a cabo este proceso se necesita conocer los parámetros de orientación de las imágenes y el modelo digital de elevaciones del área del proyecto.
- c. El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) se puede representar por un Modelo Digital de Superficie (MDS) o un Modelo Digital del Terreno (MDT). El modelo digital de elevaciones empleado puede consistir en un modelo digital del terreno, en cuyo caso la ortoimagen generada es aquella en la que la proyección es correcta en todos los puntos ubicados en la superficie del terreno definida por el MDT y por un MDS obteniendo una ortoimagen verdadera en la cual todos los puntos que aparecen en la imagen ocupan sus posiciones planimétricas correctas.
- d. El Modelo Digital del Terreno (MDT) será generado a partir de las medidas efectuadas mediante restitución fotogramétrica (manual o automática mediante correlación) o bien mediante sensores LiDAR aerotransportados. En caso de que se considere necesario se deberán incluir aquellos rasgos geomorfológicos necesarios para un mejor ajuste en el terreno (puntos de cota singular, vías de comunicación, hidrografía, líneas de ruptura de pendiente u otros).

#### 3.2 Consideraciones para la obtención de imágenes digitales

- a. Dependiendo de la resolución espacial de las imágenes digitales, estas pueden ser obtenidas con una cámara digital integrada con sistema GNSS/IMU, instaladas sobre plataformas aéreas (Aviones, RPA) o sensores instalados en plataformas espaciales, ambos con parámetros definidos que permita obtener una base de imágenes para las etapas de medición y reconstrucción.

- b. No se admitirán procedimientos de remuestreo que produzcan imágenes con una resolución espacial superior a la correspondiente a la banda pancromática (o banda de mayor resolución espacial). Se admitirán procedimientos de pan-sharpening que estén reconocidos por el fabricante de los sensores como procedimiento para la integración de la información de alta resolución espacial (banda pancromática) y de alta resolución espectral (bandas multiespectrales), para escalas 1:5 000 y menores.
- c. En caso de uso de cámaras métricas digitales la calibración deberá tener una antigüedad no mayor a 24 meses.
- d. Presentar visualización estereoscópica en toda la zona de trabajo, considerando un traslapo mínimo longitudinal de 80% y lateral de 30%.
- e. Para el caso de LiDAR el traslapo será  $\geq 25\%$  entre líneas.
- f. Las imágenes digitales deberán contar como mínimo con tres bandas espectrales situadas en el azul, verde y rojo, en función de las características concretas del área del proyecto se podrá considerar la incorporación de la banda infrarrojo próximo.
- g. La resolución radiométrica de las imágenes digitales, será como mínimo de 8 bits por cada banda.
- h. En lo posible no deberán presentar sombras, nubes, niebla, bruma, humo, polvo, reflejos que anulen la visibilidad de las entidades geográficas presentes en el área de interés.
- i. La resolución espacial de las imágenes digitales corresponde al tamaño mínimo de representación del terreno o GSD (Ground Sample Distance). Por lo que se requiere el cumplimiento de resolución espacial (GSD) máximo según lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1. Resolución espacial (GSD)

Escala de producto	GSD máximo (m)
1:1 000	0.1
1:2 500	0.25
1:5 000	0.5
1:10 000	1
1:25 000	2.5



### 3.3 Obtención de coordenadas de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico

- a. Los puntos de apoyo fotogramétrico (X, Y, Z) utilizados para la orientación de imágenes (aerotriangulación) deben ser puntos bien definidos y fácilmente identificables en la imagen digital.
- b. La exactitud posicional de los puntos de apoyo fotogramétrico para cada escala será lo indicado en la Tabla 2.
  - Los Puntos de control terrestre utilizados para la triangulación aérea deben tener mayor precisión que la precisión esperada de los productos derivados de acuerdo con las siguientes dos categorías:

Precisión del control terrestre diseñado para la producción de datos planimétricos (ortoimagen y / o mapa planimétrico digital) únicamente:

$RMSE_x$  o  $RMSE_y = 1/4 * RMSE_x(\text{Mapa})$  o  $RMSE_y(\text{Mapa})$ ,  $RMSE_z = 1/2 * RMSE_x(\text{Mapa})$  or  $RMSE_y(\text{Mapa})$

- Precisión del control terrestre diseñado para datos de elevación, o producción de datos planimétricos y datos de elevación:

$RMSE_x$ ,  $RMSE_y$  o  $RMSE_z = 1/4 * RMSE_x(\text{Mapa})$ ,  $RMSE_y(\text{Mapa})$  o  $RMSE_z(\text{DEM})$

$RMSE_x$  o  $RMSE_y = 1/4 * RMSE_x(\text{Mapa})$  o  $RMSE_y(\text{Mapa})$

Tabla 2. Exactitud posicional de puntos de apoyo fotogramétrico

Escala	$RMSE_{xy}$ (m)	Exactitud planimétrica confianza 95% (m)	$RMSE_z$ (m)	Exactitud vertical confianza 95% (m)
1:1 000	0.08	0.14	0.06*	0.12*
1:2 500	0.18	0.31	0.16*	0.32*
1:5 000	0.35	0.61	0.31**	0.62**
1:10 000	0.75	1.30	0.63**	1.25**
1:25 000	1.06	1.83	1.56**	3.12**

### 3.4 Orientación de Imágenes (Aerotriangulación)

- a. Verificar la orientación de las imágenes mediante puntos de chequeo, distribuidos homogéneamente en todo el bloque de trabajo, los cuales no deberán ser utilizados en el proceso de orientación.

b. La orientación de las imágenes debe cumplir con la exactitud posicional indicada en la tabla 3, como resultado del análisis de errores detectados en los puntos de chequeo.

- Los errores de triangulación aérea en z tienen un impacto menor en la horizontal estimado de errores en x e y. En tales casos, los requisitos de triangulación aérea para RMSEz se pueden relajar. Por esta razón, la norma reconoce dos criterios diferentes para la precisión de la triangulación aérea:

Precisión de triangulación aérea diseñada para planimetría digital datos (ortoimagen y / o mapa planimétrico digital) únicamente:

$RMSE_x(AT)$  o  $RMSE_y(AT) = \frac{1}{2} * RMSE_x(Mapa)$  o  $RMSE_y(Mapa)$   $RMSE_z(AT) = RMSE_x(Mapa)$  o  $RMSE_y(Mapa)$  de Ortoimagen.

$$RMSE_z = 1/2 * RMSE_x(Mapa) \text{ or } RMSE_y(Mapa)$$

Tabla 3. Exactitud posicional de orientación de las imágenes (aerotriangulación)

Escala	RMSE <sub>xy</sub> (m)	Exactitud planimétrica confianza 95% (m)	RMSE <sub>z</sub> (m)	Exactitud vertical confianza 95% (m)
1:1 000	0.15	0.26	0.13*	0.26*
1:2 500	0.36	0.62	0.32*	0.64*
1:5 000	0.71	1.22	0.63**	1.26**
1:10 000	1.50	2.60	1.25**	2.50**
1:25 000	2.12	3.67	3.13**	6.26**

### 3.5 Exactitud de posición relativa de captura y/o extracción (planimetría)

- a. Exactitud con la cual son capturados los elementos (entidades geográficas) del catálogo de objetos respecto de la fuente de datos. La verificación se realiza teniendo en cuenta la escala del producto final y los valores en la tabla 4:

Escala	RMSE <sub>r</sub> (m)	Exactitud planimétrica confianza 95% (m)
1:1 000	0.07	0.12
1:2 500	0.17	0.29
1:5 000	0.35	0.61
1:10 000	0.75	1.30
1:25 000	1.06	1.83

Tabla 4. Exactitud de posición relativa de captura y/o extracción (planimetría) la exactitud posicional está en función de la imagen ajustada

$$RMSE_x \text{ o } RMSE_y = 1/4 * RMSE_x(\text{Mapa}) \text{ o } RMSE_y(\text{Mapa})$$

- b. Verificar que los elementos (entidades geográficas) restituidos y/o extraídos se encuentren dentro del valor o medida de apuntamiento (o curtosis), conforme al bloque aerotriangulado o imagen según corresponda.
- c. Mediante observación estereoscópica para modelos fotogramétricos u observación en 2D para capturas a partir de ortoimagen, se verifica que los elementos han sido capturados con una aproximación a la identificación del objeto inferior a los valores establecidos en la Tabla 4.
- d. Si se identifica un número total de inconsistencia superior al 3% de acuerdo con los valores de tolerancia de la Tabla 4, la medida no cumple.

### 3.6 Exactitud absoluta de posición horizontal y vertical

- a. La Sociedad Americana de Fotogrametría y Percepción Remota (ASPRS – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) ha elaborado los estándares de exactitud posicional para datos geospaciales digitales, con el fin de asegurar que los resultados obtenidos mediante el uso de las nuevas tecnologías digitales sean confiables y se pueda evaluar su precisión y exactitud.
- b. Las Normas de Exactitud Posicional de la ASPRS para los Datos Geospaciales Digitales fueron desarrolladas para informar la exactitud de los datos geospaciales digitales en el nivel de confianza del 95%, en función de los valores RMSE en X, Y, Z, lo que significa que el 95% de las posiciones en el conjunto de datos tendrá un error con respecto a la posición verdadera razón de que es igual o menor que el valor de exactitud definido.
- c. Por lo tanto, se define la exactitud de posición absoluta para la Generación de Información Geoespacial del País como productos finales los siguientes:
  - ✓ **Modelos digitales del terreno (MDT)**
  - ✓ **Ortoimágenes**
  - ✓ **Base de datos cartográfica (vectorial)**

TABLA B.6 EJEMPLOS DE PRECISIÓN HORIZONTAL / CALIDAD PARA DATOS PLANIMÉTRICOS DIGITALES DE ALTA PRECISIÓN

Clase de precisión horizontal RMSE <sub>x</sub> y RMSE <sub>y</sub> (cm)	ASPRS 2014			Equivalente a la Escala del Mapa en		Equivalente a la Escala del Mapa en NMAS
	RMSE <sub>x</sub> (cm)	Precisión Horizontal al Nivel de Confianza del 95% (cm)	GSD aproximada de Imágenes de Origen (cm)	ASPRS 1990 Clase 1	ASPRS 1990 Clase 2	
0.63	0.9	1.5	0.31 to 0.63	1:25	1:12.5	1:16
1.25	1.8	3.1	0.63 to 1.25	1:50	1:25	1:32
2.5	3.5	6.1	1.25 to 2.5	1:100	1:50	1:63
5.0	7.1	12.2	2.5 to 5.0	1:200	1:100	1:127
7.5	10.6	18.4	3.8 to 7.5	1:300	1:150	1:190
10.0	14.1	24.5	5.0 to 10.0	1:400	1:200	1:253
12.5	17.7	30.6	6.3 to 12.5	1:500	1:250	1:317
15.0	21.2	36.7	7.5 to 15.0	1:600	1:300	1:380
17.5	24.7	42.8	8.8 to 17.5	1:700	1:350	1:444
20.0	28.3	49.0	10.0 to 20.0	1:800	1:400	1:507
22.5	31.8	55.1	11.3 to 22.5	1:900	1:450	1:570
25.0	35.4	61.2	12.5 to 25.0	1:1000	1:500	1:634
27.5	38.9	67.3	13.8 to 27.5	1:1100	1:550	1:697
30.0	42.4	73.4	15.0 to 30.0	1:1200	1:600	1:760
45.0	63.6	110.1	22.5 to 45.0	1:1800	1:900	1:1,141
60.0	84.9	146.9	30.0 to 60.0	1:2400	1:1200	1:1,521
75.0	106.1	183.6	37.5 to 75.0	1:3000	1:1500	1:1,901
100.0	141.4	244.8	50.0 to 100.0	1:4000	1:2000	1:2,535
150.0	212.1	367.2	75.0 to 150.0	1:6000	1:3000	1:3,802
200.0	282.8	489.5	100.0 to 200.0	1:8,000	1:4000	1:5,069

Tabla 20: Medidas básicas aplicables a las medidas de Exactitud circular con distintos niveles de significación.

Nombre de la medida de la calidad	Nivel de significación	Medidas básicas		
		Nombre	Función de medición	Ejemplo (véase NOTA al pie de la Tabla)
Exactitud circular estándar	39,4%	CE39,4	$\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	1,595
Exactitud circular probable	50%	CE50	$\frac{1,1774}{\sqrt{2}}\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	1,878
Exactitud circular al 90% del nivel de significación	90%	CE90	$\frac{2,146}{\sqrt{2}}\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	3,422
Exactitud circular al 95% del nivel de significación	95%	CE95	$\frac{2,4477}{\sqrt{2}}\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	3,904
Exactitud circular al 99,8% del nivel de significación	99,8%	CE99,8	$\frac{3,5}{\sqrt{2}}\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	5,582

**NOTA 1:** A continuación se detalla la situación de ejemplo a partir de la cual se calcularon los ejemplos de resultados de errores circulares a distintos niveles de significación (5ª columna de la Tabla 20):

A partir de las coordenadas de 3 puntos consideradas como verdaderas ( $x_i, y_i$ ) y sus correspondientes obtenidas del conjunto de datos espaciales que se desea evaluar ( $x_m, y_m$ ) presentadas en la siguiente tabla, se calculan las Exactitudes circulares a distintos niveles de

$$RMSEr = \sqrt{[(RMSEx)^2 + (RMSEy)^2]}$$

Error circular con un nivel de confianza del 95% (CE95) = 2.448 \* RMSEr / 1.4142

### Calculo Error Radial RMSEr

ASPRS Clase II	GSD (m)	RMSEx (m)	RMSEy (m)	RMSEr (m)	Exactitud 95% (m)
	0.1	0.2	0.2	0.28	0.48
	0.25	0.5	0.5	0.71	1.22
	0.5	1	1	1.41	2.44
	1	2	2	2.83	4.90
	1.5	3	3	4.24	7.33

Tabla 5. Exactitud horizontal absoluta

Exactitud de posición absoluta según escala de producto			
Escala de producto	GSD máximo (m)	RMSEr (m)	Exactitud horizontal confianza 95% (m)
1:1 000	0.1	0.3	0.52
1:2 500	0.25	0.71	1.22
1:5 000	0.5	1.41	2.44
1:10 000	1	3	5.20
1:25 000	1.5	4.24	7.33

(\*) Exactitud de EC95 iguales a  $1,96 \cdot \text{RMSEz}$  que han sido aproximados a  $2 \cdot \text{RMSEz}$  para obtener valores manejables al intervalo de curva de nivel.

Tabla 6. Exactitud posicional vertical

Exactitud posicional vertical según escala de producto		
Escala de producto	RMSEz (m)	Exactitud Vertical confianza 95% (m)
1: 1 000	0.25*	0.5*
1: 2 500	0.63*	1.3*
1: 5 000	1.25**	2.5**
1: 10 000	2.50**	5**
1: 25 000	6.25**	12.5**

\*Para garantizar la exactitud vertical en la generación de Información Geoespacial escala 1:1 000 y 1:2 500 es necesario realizar circuitos de nivelación. El propósito del control vertical consiste en determinar la altura de los puntos de apoyo fotogramétrico en relación al nivel medio del mar (Alturas Ortométricas).

\*\*Para escalas 1:5 000, 1:10 000 y 1:25 000 se empleará el modelo geopotencial EGM2008 para determinar la altura de apoyo fotogramétrico (Alturas Geoidales).

### 3.7 Tipos de representación y formatos

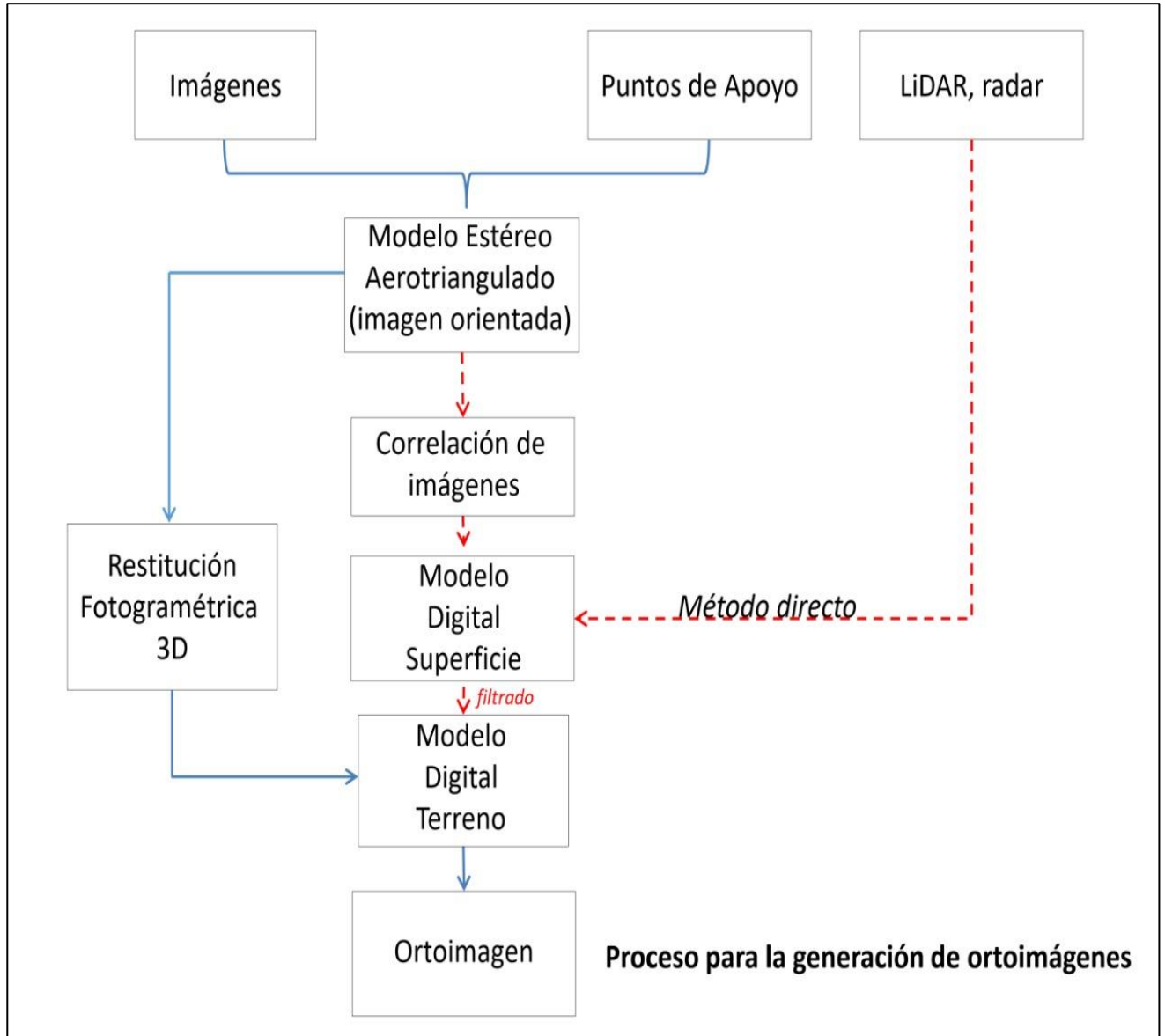
- a. El MDT/MDS será ráster, de preferencia el formato GeoTIFF float 32.
- b. El MDT/MDS empleado en la rectificación, debe tener como mínimo 5% de lado más de cobertura que la ortoimagen a generar.
- c. El MDT/MDS deberá ser detallado, completo, continuo y no tener anomalías.
- d. Los métodos básicos (Figura 1) para la obtención de un MDT/MDS, pueden dividirse en dos grupos:
  - **Métodos directos**, en los cuales las medidas se realizan directamente sobre el terreno real:
    - ✓ La toma directa de los datos por medio de levantamientos topográficos (estación total, GNSS).



- ✓ Uso de altímetros transportados radar o láser (lidar) desde plataformas aéreas.
- **Métodos indirectos**, cuando se obtienen a partir de:
  - ✓ Restitución fotogramétrica digital.
  - ✓ Correlación de imágenes estereoscópicas.
  - ✓ Interferometría radar.



Figura N° 1 Flujoograma de métodos básicos para la obtención de un MDT/MDS





- e. Dependiendo de la topografía, el MDT debe ser complementado con líneas de ruptura (break lines) que ayuden a modelar el terreno con mayor precisión.
- f. El espaciado horizontal para la grilla/malla, considerada en la generación del (MDT) serán los valores de la tabla 7.

Tabla 7. Espaciado MDT

Espaciado máximo del MDT Grilla/Malla	
Escala de producto	Espaciado máximo de Grilla/Malla (m)
1: 1 000	1
1: 2 500	2.5
1: 5 000	5
1: 10 000	10
1: 25 000	25

### 3.8 Rectificación diferencial

- a. Es el proceso que permite corregir los desplazamientos existentes en la imagen digital original, producidos por la inclinación del eje de la toma, el desplazamiento debido al relieve y los errores sistemáticos asociados a la imagen digital.
- b. El producto final es una ortoimagen cuyas características geométricas corresponden a una proyección ortogonal.
- c. Para generar una ortoimagen se debe realizar la orientación de imágenes (aerotriangulación) y contar con un Modelo Digital de Elevación (MDE).
- d. La resolución radiométrica será como mínimo de 8 bits por banda.
- e. La rectificación se podrá realizar siempre que se partan de imágenes captadas con inclinaciones muy pequeñas y considerando el terreno prácticamente horizontal o asumiendo que los desniveles existentes no superan los errores admisibles de la escala de proyección.

- f. En una ortoimagen, la base de los edificios debe estar en su posición real, por eso se utiliza el MDT, sin embargo, los tejados de los edificios estarán desplazados (ortoimagen convencional).
- g. Una ortoimagen verdadera es aquella en la que la base y el tejado del edificio se encuentren en su posición real, para lo cual se deberá disponer de un Modelo Digital de Superficie (MDS).
- h. La rectificación diferencial corrige las deformaciones de la imagen digital causadas por el desnivel del terreno y la falta de verticalidad del eje óptico del sensor en el momento de la toma, transformando geoméricamente la imagen digital original en ortoimagen.
- i. El MDE debe estar referido al mismo sistema de referencia y proyección cartográfica de la imagen digital a rectificar.
- j. La relación entre la proyección ortogonal del terreno y la proyección de la imagen se realizará de acuerdo con las ecuaciones de transformación entre el espacio imagen y el espacio objeto correspondientes, por ejemplo, colinealidad u otros modelos equivalentes
- k. Se realizará la rectificación diferencial a los píxeles de la imagen digital, utilizando el método de transformación inversa, donde un píxel de la ortoimagen tiene la misma posición espacial que la representada por el MDE.
- l. Para realizar la transformación espacial, es necesario disponer de los siguientes parámetros de orientación de imágenes (aerotriangulación):
  - ✓ Orientación interna del sensor: coordenadas del punto principal del sensor, distancia principal y distorsión de la lente.
  - ✓ Orientación externa: posición del sensor en el espacio, coordenadas de la posición del centro de proyección ( $X_0, Y_0, Z_0$ ) y los tres giros del sensor ( $\kappa, \phi, \omega$ ).
  - ✓ Tamaño del píxel de la imagen digital
  - ✓ Tamaño de la malla del modelo digital

### 3.9 Remuestreo

- a. Al realizar la transformación espacial, las posiciones de los píxeles proyectados no coincidirán con la posición de los píxeles originales, de forma que habrá puntos que no quedarán definidos por sus niveles digitales, por lo tanto, es necesario interpolar la información espectral de los píxeles vecinos, empleando las técnicas de remuestreo digital, a fin de que los píxeles de la ortoimagen resultante tenga su valor de gris correspondiente.
- b. Los métodos de remuestreo frecuentemente usados son:
  - Vecino más próximo
  - Interpolación bilineal
  - Convolución bicúbica
- c. Dependiendo de la finalidad del proceso, se podrá elegir entre el método de interpolación bilineal o convolución bicúbica.

### 3.10 Mosaico

- a. Es un producto derivado que permite cubrir áreas de manera continua uniendo dos o más ortoimágenes, cada ortoimagen tendrá un grado de recubrimiento con respecto a la ortoimagen contigua.
- b. Una vez definida el área común entre dos o más ortoimágenes, se determinará la trayectoria de corte sobre lugares que contengan mayor similitud o igualdad de contraste, así como zonas de menor diferencia de relieve o edificaciones a fin de lograr un bloque homogéneo.
- c. Los mosaicos generados pueden presentar problemas de radiometría con diferencias de calidad, variaciones temporales, condiciones atmosféricas, objetos en movimiento y otras discrepancias, las cuales, todas juntas, producen una variedad de tonalidades cromáticas, por lo que también es necesario un equilibrio radiométrico.

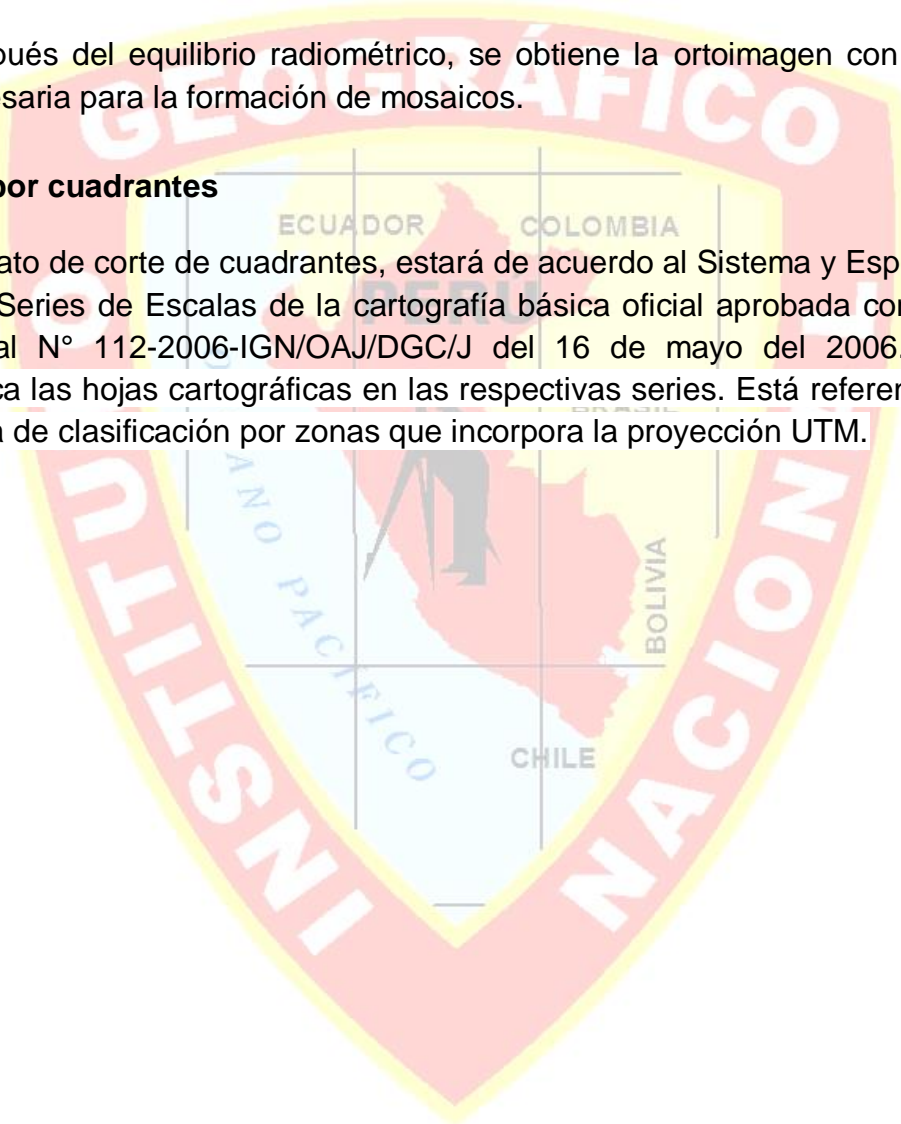
### 3.11 Equilibrio radiométrico

- a. El procesamiento radiométrico mejora la calidad de las imágenes, tiene dos objetivos:
  - Eliminar las discontinuidades de color, diferencias de brillo y contraste entre las ortoimágenes contiguas.

- Crear una representación homogénea de color y tonalidad en un área geográfica para la producción de mosaicos.
- b. Se utilizará el histograma como parámetro para la referencia radiométrica.
- c. Se debe determinar zonas comunes con cierto recubrimiento en las ortoimágenes. De acuerdo al histograma de referencia, se aplicará un sesgo y ganancia para la corrección del brillo y contraste a fin de igualar las medias y las desviaciones estándar de las ortoimágenes.
- d. Después del equilibrio radiométrico, se obtiene la ortoimagen con la cobertura necesaria para la formación de mosaicos.

### 3.12 Corte por cuadrantes

El formato de corte de cuadrantes, estará de acuerdo al Sistema y Especificaciones de las Series de Escalas de la cartografía básica oficial aprobada con Resolución Jefatural N° 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J del 16 de mayo del 2006. El sistema identifica las hojas cartográficas en las respectivas series. Está referenciado con el sistema de clasificación por zonas que incorpora la proyección UTM.



## CAPÍTULO 4

### EVALUACIÓN DE CALIDAD DE MDE Y ORTOIMÁGENES

#### 4.1 Consideraciones Generales

- a. La calidad de los MDE será función de la calidad (y densidad) de la nube de puntos 3D y de los procedimientos empleados para la modelización. La característica básica que permite la evaluación de la calidad de los modelos digitales de elevaciones será su exactitud posicional absoluta altimétrica
- b. Si el error es superior a las exactitudes posicionales requeridas deberá ser corregido.
- c. Las principales fuentes de error surgen de la obtención de los puntos de apoyo fotogramétrico, proceso de orientación de imágenes (aerotriangulación), y en la correlación de imágenes digitales que conforman el MDE.
- d. Los errores de autocorrelación, generalmente se producen debido al bajo contraste de las imágenes digitales, existencia de texturas repetitivas o a reflejos, originando una falsa detección de las entidades homólogas.
- e. Los errores pueden ser detectados por el valor del coeficiente de correlación, por lo que es necesario buscar estrategias que permitan evaluarlo y de igual modo que permitan determinar la calidad del MDE.
- f. Deberá realizarse un filtrado de la nube de puntos 3D que se empleará para la generación del MDE para eliminar aquellos puntos que perjudiquen a la calidad del modelo generado.
- g. Según la norma ISO 19157:2013 Información Geográfica – Calidad de Datos, la evaluación puede ser Cualitativo y Cuantitativo.
- h. Los puntos de comprobación serán establecidos de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 8: Número recomendado de puntos de comprobación basados en el área del proyecto

Área del Proyecto (Kilómetros Cuadrados)	Evaluación de Exactitud Horizontal de Ortoimágenes y Planimetría.	Evaluación de Exactitud Vertical de Ortoimágenes y Altimetría.
	Número total de Puntos de Control (chequeo) Estáticos claramente (Puntos definidos)	Número total de Puntos de Control (chequeo)
≤500	20	20
501-750	25	25
751-1000	30	30
1001-1250	35	35
1251-1500	40	40
1501-1750	45	45
1751-2000	50	50
2001-2250	55	55
2251-2500	60	60

#### 4.2 Para la evaluación de calidad del MDE se deben considerar los siguientes elementos:

- **Totalidad**

Este elemento evalúa el recubrimiento del área generada del Modelo Digital de Elevación (MDE) con relación al área del proyecto.

Campo de aplicación	
Alcance	Conjunto de datos
Evaluación de calidad	
Elemento	Omisión
Medida	
Identificador	7
Medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indicador que muestra que un ítem específico está ausente (omisión) en el conjunto de datos.
Tipo de valor	Real
Método de evaluación	
Tipo de método	Directo externo

Descripción del método de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar que el área total del proyecto esté cubierta por el archivo ráster.</li> <li>✓ Para tal finalidad, desplegar el archivo geográfico correspondiente al área del proyecto con el/los MDEs.</li> <li>✓ Se debe identificar el área faltante en hectáreas que fue omitida utilizando las herramientas de medición que disponen los programas SIG.</li> <li>✓ Totalizar el área omitida (AO), sumando las áreas faltantes con respecto al área del proyecto contra el total del área del proyecto (ALP) y se calcula el porcentaje de omisión de acuerdo a la siguiente formula:</li> </ul> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px 0;"> <math display="block">P = (AO / ALP) * 100</math> </div> <p>Donde:</p> <p>P: Corresponde al porcentaje de omisión</p> <p>AO: Área omitida</p> <p>ALP: Área límite del proyecto evaluado.</p>
Fuente de referencia	ISO 19157:2013 Geographic Information – Data Quality
<b>Resultado</b>	
Nivel de conformidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si el valor de “P” es mayor o igual al 3% el conjunto de datos NO ES CONFORME.</li> <li>✓ Se acepta el valor de “P”, siempre y cuando, el área afectada no impida la identificación de entidades geográficas del terreno, tales como edificaciones, hidrografía, caminos etc.</li> </ul>
Unidad de valor	Porcentaje

- **Exactitud vertical**

La exactitud vertical es la principal medida de calidad de los MDE.

<b>Campo de aplicación</b>	
Alcance	Conjunto de datos
<b>Evaluación de calidad</b>	
Elemento	Exactitud absoluta de posición vertical
<b>Medida</b>	
Identificador	39
Nombre	Error Cuadrático Medio (RMSE)
Medida básica de calidad	No Aplica
Definición de la medida básica	Determina el error entre los valores de altura medidos en el modelo digital de elevación y el

	conjunto de puntos de comprobación basados en el área (según Tabla N° 08).
Tipo de valor	Real
<b>Método de evaluación</b>	
Tipo de método	Directo externo
Descripción del método de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar la medida de exactitud vertical (Z).</li> <li>✓ Para garantizar esta medida en un nivel de confianza del 95%, se debe de considerar las tolerancias indicadas en la Tabla 6 (Exactitud vertical).</li> <li>✓ El cálculo del error medio cuadrático debe ser igual o menor al valor reportado, de acuerdo con el espacio de la grilla/malla.</li> </ul>
Fuente de referencia	ISO 19157 Geographic Information – Data Quality
<b>Resultado</b>	
Nivel de conformidad	Si el RMSEz y Exactitud Vertical de confianza al 95% es menor o igual a los valores establecidos según la Tabla 6, en el conjunto de datos: <b>ES CONFORME.</b>
Unidad de valor	Metros

- **Consistencia lógica**

Grado de adherencia a las reglas lógicas de la estructura de los datos, atributos y/o relaciones.

<b>Campo de aplicación</b>	
Alcance	Conjunto de datos
<b>Evaluación de calidad</b>	
Elemento	Consistencia de formato
<b>Medida</b>	
Identificador	19
Nombre	Conformidad del valor
Medida básica de calidad	Indicador de corrección
Definición de la medida básica	Indicador que el MDE cumple con el <b>espaciado horizontal</b> para la <b>grilla/malla</b> .



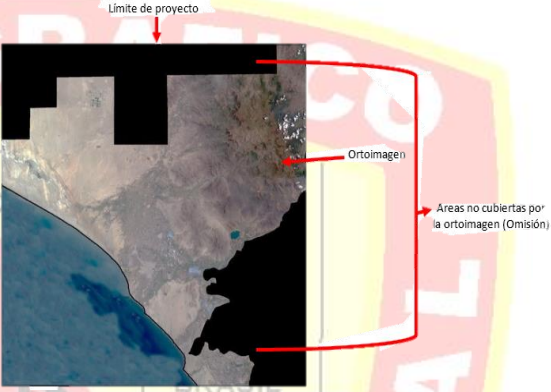
Tipo de valor	Booleano (verdadero indica que el ítem no es conforme con el valor).
<b>Método de evaluación</b>	
Tipo de método	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Mediante el uso de <b>software de procesamiento de imágenes digitales</b> revisar el <b>espaciado de grilla</b> del MDE, realizando la búsqueda de valores atípicos y nulos de acuerdo a la Tabla 7.
Fuente de referencia	Adaptado de la ISO 19157 Geographic Information – Data Quality
<b>Resultado</b>	
Nivel de conformidad	Si el valor del espaciado de la grilla del MDE contiene valores atípicos o nulos y no cumple con los parámetros establecidos en la Tabla 7, <b>NO ES CONFORME.</b>
Unidad de valor	Verdadero/Falso

#### 4.3 La ortoimagen debe cumplir como mínimo con los siguientes niveles de conformidad:

- **Totalidad**

Este elemento evalúa el recubrimiento del área por el mosaico, en función del límite del proyecto.

<b>Campos de aplicación</b>	
Alcance	Conjunto de datos
<b>Evaluación de calidad</b>	
Elemento	Omisión
<b>Medida</b>	
Identificador	7
Nombre	Ítem ausente
Medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indicador que muestra que un ítem específico está ausente en el conjunto de datos
Tipo de valor	Real
<b>Método de evaluación</b>	

Tipo de método de evaluación	Directo externo
Descripción del método de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar que el área total del proyecto este cubierta por las imágenes digitales.</li> <li>✓ Para tal fin, abrir el archivo correspondiente al área del proyecto que conforman la ortoimagen.</li> <li>✓ Si se identifica un área no cubierta del proyecto, tal como se observa en el gráfico, se deben determinar las hectáreas del área que fueron omitidas con uso de herramientas de medición que disponen los programas SIG.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p><i>Ejemplo de inconsistencia por omisión</i></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si presentan nubes y/o sombras en la ortoimagen, precisar el área afectada en hectáreas.</li> <li>✓ Totalizar el área omitida (AO), sumando las áreas faltantes con respecto al límite del área del proyecto y las áreas que presentan nubes, sombras, huecos, etc.</li> <li>✓ Luego, comparar el área omitida (AO) con el total del límite del proyecto (ALP) y calcular el porcentaje de omisión, de acuerdo a la siguiente formula:</li> </ul> <div style="text-align: center; border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">P = (AO / ALP) * 100</math> </div> <p>Donde:</p> <p style="padding-left: 40px;">P: corresponde al porcentaje de omisión</p> <p style="padding-left: 40px;">AO: Área omitida</p> <p style="padding-left: 40px;">ALP: Área límite del proyecto evaluado</p>
Fuente de referencia	ISO 19157:2013 Geographic Information – Data Quality
<b>Resultado</b>	
Nivel de conformidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si el valor de “P” es <b>mayor o igual al 3%</b> el conjunto de datos <b>NO ES CONFORME.</b></li> <li>✓ Se acepta el valor de “P”, siempre y cuando el área afectada no impida la identificación de entidades geográficas del terreno, tales como edificaciones, hidrografía, caminos etc.</li> </ul>
Unidad de valor	Porcentaje

- **Exactitud horizontal**

- ✓ Representa la diferencia entre la posición medida en la ortoimagen y la posición verdadera en el terreno.
- ✓ La exactitud absoluta se refiere a la exactitud de la posición de una entidad geográfica con respecto a un sistema de referencia externo. Ej.: La posición absoluta de un producto con respecto al Marco de Referencia Geodésico Oficial (REGPMOC).

Campo de aplicación	
Alcance	Conjunto de datos
Evaluación de calidad	
Elemento	Exactitud posicional absoluta horizontal
Medida	
Identificador	47
Nombre	Error Medio Cuadrático (RMSEr)
Medida básica de calidad	No aplica
Definición de la medida básica	Determina el error entre un conjunto de datos planimétricos medidos en la ortoimagen y contrastada con los puntos de comprobación basados en el área (según Tabla N° 08).
Tipo de valor	Real
Método de evaluación	
Tipo de método	Directo externo
Descripción del método de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se debe verificar la medida de exactitud posicional en el componente horizontal.</li> <li>Los RMSE para los componentes (x,y) son iguales, por lo que deben ser medidos por medio del Error Radial <b>RMSEr</b>:</li> <li>✓ Para un nivel de confianza del 95%, se debe cumplir las tolerancias indicadas en la Tabla 5 (Exactitud horizontal absoluta).</li> <li>✓ Se debe realizar la evaluación de calidad sobre todo el conjunto de datos (mosaico).</li> <li>✓ Dependiendo del área del proyecto a evaluar, se debe definir una cantidad de puntos de comprobación basados en el área (según Tabla N° 08).</li> <li>✓ Los puntos de comprobación seleccionados deben ser identificables en la ortoimagen.</li> <li>✓ Los puntos de comprobación deben ser ubicados en detalles de fácil identificación y en zonas invariantes.</li> </ul>
Fuente de referencia	Adaptada de la ISO 19157:2013 Geographic Information – Data

	Quality.
<b>Resultado</b>	
Nivel de conformidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si el error medio cuadrático es inferior o igual al establecido para la resolución, entonces el producto cumple con la medida de exactitud posicional externa o absoluta.</li> <li>✓ Si el estimador RMSEr y Exactitud horizontal de confianza al 95% es menor o igual a los valores establecidos según el GSD en la tabla 1, el conjunto de datos es <b>CONFORME</b>.</li> </ul>
Unidad de valor	Metros

• **Consistencia del mosaico**

El producto no debe estar afectado por una discontinuidad, distorsiones geométricas propias de los elementos, deformaciones y errores groseros.

<b>Campo de aplicación</b>			
Alcance	Conjunto de datos		
<b>Evaluación de calidad</b>			
Elemento	Consistencia del mosaico		
<b>Medida</b>			
Identificador	No aplica (NA)	No aplica(NA)	No aplica(NA)
Nombre	Existencia de entidades no empalmados	Existencia de áreas con deformaciones	Existencia de áreas sin homogeneidad radiométrica
Definición de la verificación visual	Existencia de entidades que no tienen continuidad en el mosaico	Existencia de áreas que presentan deformaciones en el mosaico.	Existencia de áreas que presentan cambios significativos de tonalidad, contraste, brillo y/o color en zonas uniformes que afecten la interpretación de las entidades presentes en el mosaico.
Tipo de valor	Booleano		
<b>Método de evaluación</b>			
Tipo de método	Directo interno	Directo interno	Directo interno
Descripción del método de evaluación visual	✓ A partir de una verificación visual del mosaico sobre el 100% del conjunto de datos.	A partir de una verificación visual del mosaico sobre el 100% del conjunto de datos,	✓ A partir de una verificación visual del mosaico sobre el 100% del conjunto de datos,



	✓ Verificar que no se presenten discontinuidades entre las entidades del mosaico en su área de cubrimiento.	verificar que las deformaciones no afecten la interpretación de las entidades presentes en el mosaico	verificar que los cambios significativos de tonalidad, contraste, brillo y/o color en zonas uniformes, no afecten la interpretación de las entidades presentes en el mosaico.
<b>Resultado</b>			
Nivel de conformidad	✓ Si el mosaico presenta entidades no continuas que afecten su interpretación, <b>NO ES CONFORME.</b>	✓ Si el mosaico presenta deformaciones que afecten su interpretación, <b>NO ES CONFORME.</b>	✓ Si el mosaico presenta cambios significativos de tonalidad, contraste, brillo y/o color en zonas uniformes que afecten su interpretación, <b>NO ES CONFORME.</b>
Unidad de valor	Verdadero/Falso		



## Referencias Bibliográficas

- ASPRS/ACSM, (1994). Glossary of Mapping Sciences. Bethesda, Maryland: USA, p. 582
- ASPRS, (2014). Estándares de Precisión Posicional para Datos Geospaciales Digitales. 1ra. edición, vol. 1
- ASPRS, (2001). *Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual*
- Especificaciones Técnicas Cartografía Básica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2016.
- IIEG Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, GLOSARIO GPS/GNSS, Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía y Catastro, 2019
- Lerma, J. (2002). *Fotogrametría Moderna: Analítica y digital*. Valencia, España: Editorial U.P.V
- Manual de procedimientos generación de ortofotomosaicos, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2008.
- McGlone, J. (2013). *Manual of Photogrammetry*. 6ta. Edición, p. 1318. Maryland: USA.
- RESOLUCIÓN N° 471, Especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la Cartografía Básica Oficial de Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2020.
- Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teledetección, (2016). *Estatutos de la ISPRS*. Recuperado de <https://www.isprs.org/documents/pdf/statutes16.pdf>