

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

## **Especificaciones Técnicas para Ortofotos Digitales (Primer Borrador)**

### **TEMARIO:**

- 1. Objetivo**
- 2. Campo de Aplicación**
- 3. Definiciones**
- 4. Siglas y/o Acrónimos**
- 5. Referencia con otras Normas**
- 6. Especificaciones Técnicas**
  - 6.1 Clasificación.**
  - 6.2 Insumos para la Generación de Ortofotos Digitales**
    - 6.2.1 Imágenes del Terreno**
    - 6.2.2 Digitalización de las Fotografías Aéreas**
    - 6.2.3 Coordenadas de Puntos de Control**
  - 6.3 Características de las Ortofotos Digitales**
    - 6.3.1 Remuestreo de los Valores de Reflectancia**
    - 6.3.2 Resolución Radiométrica**
  - 6.4 Cubrimiento Geográfico**
    - 6.4.1 Continuidad**
  - 6.5 Resolución Espacial**
  - 6.6 Exactitud Horizontal**
  - 6.7 Sistemas de Referencia**
  - 6.8 Metadatos**
  - 6.9 Estructura Digital de las Ortofotos**

## **Especificaciones Técnicas para Ortofotos Digitales<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Norma Técnica NTG-014 - 2006 Ortofotos Digitales. México



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

## (Primer Borrador)

### 1. Objetivo.

Establecer las especificaciones que deberán cumplir las Ortofotos Digitales elaboradas por el Instituto Geográfico Militar y otras Unidades Productoras de Información.

### 2. Campo de Aplicación.

Deberá aplicarse en la generación de las Ortofotos Digitales que se elaboren, ya sea por el IGM o por terceros. Se recomienda su adopción a las empresas públicas y privadas e instituciones académicas relacionadas con el área geográfica que realicen esta actividad.

- (a) Es responsabilidad del **IGM** generar la normatividad y las especificaciones que deberán ser adoptadas para la generación de las Ortofotos Digitales.
- (b) Corresponde a las empresas públicas y privadas e instituciones académicas aplicar la norma y sus especificaciones en la generación de Ortofotos Digitales.

### 3. Definiciones.

**Banda Espectral.-** Un rango de valores de longitudes de onda del espectro electromagnético con comportamientos similares.

**Escala.-** Expresión numérica o gráfica que muestra la relación que existe entre las dimensiones reales de un objeto en el terreno, y su dimensión en un mapa.

**Escaneo o Digitalización de Fotografías Aéreas.-** Transformación de fotografías aéreas a imágenes digitales en formato raster sin sacrificar la exactitud métrica.

**Espectro Electromagnético.-** Es el conjunto de ondas electromagnéticas que emite, absorbe o refleja una sustancia u objeto.

**Estructura Raster.-** 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.

**Exactitud.-** Grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero.

**Exactitud de Posicionamiento Horizontal.-** Exactitud referida a la posición horizontal de un determinado punto o conjunto de puntos en términos de sus coordenadas de latitud y longitud o de sus coordenadas rectangulares.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CÓDIGO: IGM-PC-OR-ET-00

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

REVISIÓN:01

**Fotogrametría.-** Arte, ciencia y tecnología para obtener información acerca de los objetos físicos y el medioambiente a través de procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos (de acuerdo a la **ASPRS**).

**Imagen Digital.-** Es una interpretación pictorial compatible con un equipo de cómputo en la cual la imagen está dividida en un teselado muy fino o pixeles, estructurado en renglones y columnas a los que se les asigna un valor, lo anterior corresponde a una estructura raster.

**Imagen Digital a Color.-** Imagen digital que consiste en varios arreglos de valores enteros, cada uno de ellos corresponde a la respuesta del sensor a la energía de una banda del espectro electromagnético reflejada por el objeto. Puede ser color natural o infrarrojo.

**Imagen blanco y negro Digital.-** Imagen digital que consiste de un arreglo de valores enteros que cuantifican el nivel de gris para cada elemento o pixel. El cual corresponde a la cantidad de energía electromagnética del espectro visible reflejada por el terreno y registrada por el sensor.

**Información Geográfica.-** El conjunto de datos, símbolos y representaciones organizados para conocer y estudiar las condiciones ambientales y físicas del territorio nacional, la integración de éste en infraestructura, los recursos naturales y la zona económica exclusiva.

**Informática.-** Tecnología para el tratamiento sistemático y racional de la información mediante el procesamiento electrónico de datos.

**Metadatos.-** Datos sobre los datos. Información acerca de los datos que describe detalladamente sus características en términos de contenido, calidad, proyección sistema de coordenadas y forma de distribución. Elaborados bajo la norma que para tal fin defina, establezca y difunda la autoridad competente.

**Modelo de Color RGB.-** Modelo de color basado en los colores primarios, rojo, verde y azul, los cuales corresponden a las longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético.

**Modelo Digital de Cobertura.-** Es un Modelo Digital de Elevación (MDE) en el que los datos de elevación corresponden a la superficie topográfica y en los casos donde existe vegetación densa, edificaciones o construcciones, a la superficie que conforman las partes elevadas de estos elementos.

**Modelo Digital de Elevación de Retícula Regular (MDE).-** Es un arreglo de valores numéricos que corresponden con los valores estimados de elevación de puntos en el terreno. Estos puntos están espaciados y distribuidos de forma regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una retícula cuadrículada en la que sus lados son equidistantes. La representación geométrica a partir del arreglo de valores numéricos, es un modelo simplificado de la forma del terreno.

**Modelo Digital de Superficie o del Terreno.-** Es un MDE en el que los datos de elevación corresponden a la superficie topográfica o del terreno.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CÓDIGO: IGM-PC-OR-ET-00

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

REVISIÓN:01

**Modelo Estereoscópico del Terreno.-** Percepción tridimensional del terreno obtenida a partir de un par de imágenes de la misma escena tomadas desde dos puntos diferentes.

**Ortofoto Digital.-** Es una imagen de una fotografía aérea, en la cual han sido corregidos los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara o sensor y el relieve del terreno. Está referida a una proyección cartográfica, por lo que posee las características geométricas de un mapa, además de la calidad pictórica de la fotografía.

**Ortorectificación.-** Proceso fotogramétrico que asegura que cada elemento de la imagen o pixel, esté en su posición geográfica correcta. Corresponde en esencia a transformar el sistema de proyección central de la fotografía a una proyección ortogonal.

**Referencia Geográfica de una Imagen.-** Proceso mediante el cual las filas y columnas que componen una imagen digital están alineados con el Norte y el Este de un sistema de coordenadas terrestres.

**Remuestreo.-** Interpolación de los valores de los pixeles de una imagen basado en los valores de los pixeles vecinos para obtener una nueva imagen, generalmente de menor tamaño.

**Resolución Espectral.-** Corresponde al ancho de la banda espectral y el número de ellas que registra el sensor o que contiene la imagen.

**Resolución Geométrica o Espacial.-** Para datos con estructura raster se refiere al tamaño físico de la unidad mínima de información o pixel.

**Resolución Horizontal.-** Para datos con estructura raster o reticular, la resolución horizontal corresponde a la dimensión mínima (distancia en metros, segundos de arco), de una unidad de observación, es decir la distancia mínima entre puntos de observación vecinos.

**Resolución Radiométrica.-** Corresponde a una cuantización digital de la radiación electromagnética registrada por el sensor en un número discreto de valores.

**Retícula Regular.-** Conjunto de líneas cruzadas y paralelas, equidistantes entre sí.

**Sensor.-** Un sensor es un dispositivo, ya sea eléctrico o electrónico, que detecta información de un objeto o fenómeno, sin estar en contacto físico con el mismo, transformando la magnitud que se desea medir, en otra que facilita su medida y lectura.

**Sistema Cartesiano de Coordenadas.-** Sistema de referencia, en relación con  $n$  ejes rectos mutuamente perpendiculares. En el contexto de coordenadas espaciales, el valor de  $n$  es 3, con lo que se tiene el Sistema Cartesiano Tridimensional.

**Tesela o Pixel.-** Elemento bidimensional, normalmente con forma cuadrada y que corresponde al elemento mínimo de una imagen, al que se le asocia un valor temático y una posición espacial.

**Usuario.-** Persona natural o jurídica diferente al solicitante que haga uso del servicio de Información.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CÓDIGO: IGM-PC-OR-ET-00

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

REVISIÓN:01

#### 4. Siglas y/o Acrónimos.

- ANSI:** *American National Standards Institute* (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)
- ASCII:** *American Standard Code* (Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información)
- ASPRS:** *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (Sociedad Americana de Fotogrametría y Percepción Remota)
- BIL:** *Band Interleaved by Line* (Bandas Intercaladas por Línea)
- BIP:** *Band Interleaved by Pixel* (Píxeles Intercalados)
- BSQ:** *Band Sequential* (Bandas Secuenciales)
- CEP:** Círculo de Error Probable
- FGDC:** *Federal Geographic Data Committee* (Comité Federal de Datos Geográficos)
- IGM:** Instituto Geográfico Militar Ecuador.
- INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos
- INSAR:** *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (Radar Interferométrico de Apertura Sintética)
- LASER:** *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (Amplificación de Luz Mediante Emisión Estimulada de Radiación)
- LIDAR:** *Light Detection and Ranging* (Medición de Distancias Mediante Luz Laser)
- MDE:** Modelo Digital de Elevación
- Pixel:** *Picture Element* (Elemento de la Imagen)
- RADAR:** *Radio Detection and Ranging* (Medición de Distancias mediante Ondas Radioeléctricas)
- RGB:** *Red, Green, Blue* (Rojo, Verde y Azul)
- UTM:** Universal Transversa de Mercator

#### 5. Referencia con otras Normas.

- Especificaciones Técnicas IGM-PG-N-ET-01 Especificaciones técnicas generales para la realización de cartografía topográfica a cualquier escala – 2006.
- Norma Técnicas de Estándares de Exactitud Posicional, en la que se establecen los aspectos de calidad posicional.
- Principales conceptos, normas y procedimientos - FOTOGRAFIA AEREA - V2.0
- Especificaciones Técnicas para realizar levantamientos geodésicos – control horizontal. (primer borrador).

#### 6. Especificaciones Técnicas.

##### 6.1 Clasificación.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las Ortofotos Digitales pueden clasificarse de acuerdo a sus características de procesamiento (formada a partir de una sola imagen o de un mosaico de imágenes, procesada como ortofoto verdadera *-true ortho-*, con reducción de sombras), o por los insumos empleados (fotografía blanco y negro, color o infrarrojo color), por el tipo de sensor (cámara analógica, cámara digital, LIDAR, RADAR).

No es objetivo de esta especificación establecer una clasificación de las Ortofotos Digitales, por lo mismo, en los metadatos deberán anotarse los insumos así como la tecnología y el método empleado para su creación y las características de la Ortofoto Digital generada.

## 6.2 Insumos para la Generación de Ortofotos Digitales.

La Ortofoto Digital se crea a partir de imágenes del terreno digitalizadas con un scanner fotogramétrico o tomadas con una cámara digital o algún otro tipo de sensor. Las imágenes digitales del terreno se rectifican diferencialmente a una proyección ortográfica procesando cada pixel de la imagen mediante fotogrametría analítica. Para llevar a cabo este proceso se necesitan las coordenadas de puntos de control, los parámetros de orientación del sensor y un Modelo Digital de Elevación (MDE).

### 6.2.1 Imágenes del Terreno.

Los sensores que proporcionan imágenes del terreno incluyen los foto-ópticos (cámaras analógicas), electro-ópticos (cámaras digitales), RADAR, LIDAR y microondas.

Las fotografías aéreas son las imágenes que más comúnmente se emplean en la generación de ortofotos, en su caso, éstas deberán cumplir con las especificaciones establecidas en los Principales conceptos, normas y procedimientos - FOTOGRAFIA AEREA - V2.0.

La escala de representación de la Ortofoto Digital depende de la escala de la fotografía aérea que sirve como insumo, esta especificación técnica establece como máximo una relación de ampliación 1 a 6 de acuerdo al uso destinado de la ortofoto.

Las fotografías aéreas empleadas pueden corresponder a imágenes en blanco y negro, color o infrarrojo color.

### 6.2.2 Digitalización de las Fotografías Aéreas.

La digitalización de las fotografías aéreas debe realizarse mediante el uso de un scanner fotogramétrico que asegure la exactitud geométrica y radiométrica de la imagen.

La resolución de la imagen escaneada debe estar de acuerdo con el tamaño del pixel de la ortofoto de salida y de la escala de la fotografía aérea empleada. Así, para fotografía aérea escala 1:30 000 de la cual se genera una ortofoto escala 1:5 000 con un tamaño de pixel de 0.4 metros, la resolución de la imagen escaneada deberá ser, como máximo, de 13 micras.

Se establece la siguiente relación para determinar el valor máximo del tamaño del pixel de la imagen escaneada:

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**Valor Máximo (en micras) = tamaño del pixel de la ortofoto (en metros) / denominador de la escala de la fotografía aérea.**

Se acepta que la resolución final de una imagen escaneada sea resultado de un remuestreo sólo si el tamaño del pixel original es de menores dimensiones que el tamaño del pixel final.

### 6.2.3 Coordenadas de Puntos de Control

El control empleado en la ortorectificación es producto de levantamientos geodésicos de campo, en su caso, de levantamientos con GPS aerotransportado y de procesos de triangulación aérea.

Las coordenadas de los puntos de control deben cumplir con las especificaciones establecidas en las Especificaciones Técnicas de Estándares de Exactitud Posicional y en las Especificaciones Técnicas para realizar Levantamientos Geodésicos – control horizontal. (primer borrador).

### 6.2.4 Modelo Digital de Elevación (MDE).

El MDE empleado en la ortorectificación debe tener mayor cobertura que la ortofoto a elaborar (5% más por lado).

El MDE deberá cumplir con lo establecido en las Especificaciones Técnicas para generar Modelos Digitales de Elevación<sup>2</sup>

## 6.3 Características de las Ortofotos Digitales.

### 6.3.1 Remuestreo de los Valores de Reflectancia.

El proceso de ortorectificación de una imagen considera una corrección geométrica para eliminar las deformaciones propias de la imagen, y después de ello, asigna valores de reflectancia a los pixeles mediante un proceso de remuestreo. Los métodos de interpolación empleados para ello pueden ser: vecino más cercano, interpolación bilineal y convolución cúbica.

### 6.3.2 Resolución Radiométrica.

La brillantez de una ortofoto se codifica mediante la asignación de valores discretos a cada pixel en función de la reflectancia del terreno. Los valores de brillantez de la ortofoto en blanco y negro deben ser representados como datos binarios de 8 bits y para ortofotos a color de 24 bits (3 bytes – 1 byte por banda). De esta manera los valores de brillantez de la imagen serán representados mediante 256 valores de gris (con valores de 0 a 255), y de la misma forma, para cada banda empleada en una imagen a color. El valor de 0 representa el color negro y el valor de 255 al color blanco.

<sup>2</sup> Especificaciones Técnicas próximas a publicarse.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

## 6.4 Cubrimiento Geográfico.

La Ortofoto Digital puede tener el cubrimiento geográfico que sea de interés para el productor, sin embargo, una ortofoto referida a un sistema cartográfico o serie cartográfica debe elaborarse de acuerdo a los formatos establecidos.

En este último caso, si es elaborada en un sistema de coordenadas rectangulares o de proyección, se debe asegurar el cubrimiento del formato cartográfico mediante franjas laterales de excedencia.

Las áreas de excedencia que no cubran el formato cartográfico pueden no contener imagen del terreno, en este caso deberán asignarse valores de 255 (blanco) a las áreas sin información, para archivos de impresión.

### 6.4.1 Continuidad.

Una Ortofoto Digital, como aquéllas referidas a un formato cartográfico o aquéllas que forman parte de una serie, deberá tener continuidad con otra Ortofoto Digital adyacente si las características del sistema de referencia, proyección y resolución son las mismas. Se establece una tolerancia para esta continuidad que deberá ser menor que un cuarto del valor de exactitud.

## 6.5 Resolución Espacial

La resolución espacial de una Ortofoto Digital depende de la escala de representación en la que vaya a ser empleada, de la exactitud requerida, de la escala de la imagen empleada y del tamaño del pixel de la misma.

La resolución horizontal deberá corresponder, como máximo, con valores iguales a los anotados en la tabla 1 (ver 6.6. Exactitud Horizontal), y deberá ser en unidades de metro para el caso de Ortofotos Digitales en coordenadas de proyección cartográfica (la posición de cada pixel, en E o N, deberá ser un múltiplo de la resolución empleada), o en segundos de arco para Ortofotos Digitales en coordenadas geográficas (la posición de  $\phi$  ó  $\lambda$  de cada pixel deberá ser un múltiplo de la resolución empleada).

## 6.6 Exactitud Horizontal

La exactitud horizontal de una Ortofoto Digital depende de las características de la cámara o sensor, en su caso, del escaner fotogramétrico, de la escala de la imagen fuente y de la exactitud de los puntos de control. Por lo mismo en los metadatos deberán indicarse las características de los insumos y de los procesos y equipos empleados.

Para describir la exactitud horizontal de las Ortofotos Digitales se acude a un análisis estadístico en los términos establecidos en los Estándares de Exactitud Posicional. En este documento se establece el Círculo de Error probable (CEP) en el intervalo de confianza del

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

CÓDIGO: IGM-PC-OR-ET-00

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

REVISIÓN:01

95%, CEP<sub>95</sub>, como el estadístico a emplear.

La exactitud de la Ortofoto Digital refleja todas las incertidumbres del proceso de ortorectificación, incluyendo aquellas introducidas por la exactitud de los insumos.

En la Tabla 1. se establecen los valores mínimos de exactitud que deberán garantizar las Ortofotos Digitales.

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de Ortofotos Digitales

ESCALA DE LA FOTOGRAFÍA	TAMAÑO DEL PIXEL (EN METROS)	ESCALA DE ORTOFOTOS	TAMAÑO DEL PIXEL (EN METROS)	PRECISIÓN HORIZONTAL (EN METROS)	PRECISIÓN VERTICAL (EN METROS)
1:5 000	0.07	1:1 000	0.10	0.30	0.25
1:10 000	0.14	1:2 000	0.20	0.60	0.50
1:20 000	0.28	1:2 500	0.25	0.80	0.60
1:30 000	0.42	1:5 000	0.50	1.50	1.25
1:60 000	0.84	1:10 000	1.00	3.00	2.50
1:60 000	0.84	1:20 000	1.00	6.00	2.50
1:60 000	0.84	1:25 000	1.00	7.50	5.00
1:60 000	0.84	1:50 000	2.00	15.00	10.00

## 6.7 Sistemas de Referencia

Las Ortofotos Digitales deben observar las especificaciones del Sistema de Referencia Geodésico vigente en el IGM, por lo que sus coordenadas estarán referenciadas a este marco de referencia y el elipsoide asociado.

## 6.8 Metadatos

Las Ortofotos Digitales deberán estar documentadas invariablemente con metadatos de acuerdo con la norma vigente en el momento de su generación.

Las unidades generadoras de los datos deberán adaptar las especificaciones de acuerdo a sus requerimientos, sin embargo, deberán considerar como obligatorios los puntos anotados en la siguiente relación:

- La clave de la ortofoto referida a la nomenclatura IGM, cuando la ortofoto forme parte de una serie cartográfica.
- El nombre del lugar más relevante contenido en el área geográfica de cubrimiento.
- La escala de representación para la que fue creada la ortofoto.
- Las coordenadas geográficas de las esquinas de la ortofoto en grados, minutos y segundos.
- La resolución radiométrica de la ortofoto, así como el número y tipo de bandas espectrales empleadas.
- El número de bits por pixel.
- El orden de los datos, de izquierda a derecha y de abajo a arriba o de arriba a abajo.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

CÓDIGO: IGM-PC-OR-ET-00

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

REVISIÓN:01

- El número de filas y columnas.
- La resolución horizontal de la ortofoto en metros o segundos de arco.
- Los sistemas de referencia tanto vertical como horizontal.
- El sistema de coordenadas de proyección y los parámetros empleados.
- Las coordenadas de proyección de las esquinas de la ortofoto.
- Las especificaciones de las imágenes del terreno empleadas como insumo y el proceso seguido para su obtención.
- Las especificaciones de los puntos de control empleados para la generación de las ortofotos.
- Las especificaciones del MDE empleado en la ortorectificación.
- El método de interpolación empleado para la generación de la ortofoto.
- El software empleado en la elaboración de la ortofoto.
- La Institución o Dependencia que genera la ortofoto.
- La exactitud horizontal de la ortofoto en metros, como CEP<sub>95</sub>.
- Las características de los datos de prueba empleados en la definición de la exactitud.
- Fecha en que se genera la ortofoto.
- La Versión y Fecha de la Norma Técnica de Ortofoto Digital y de Metadatos empleadas.
- En general cualquier observación que se considere de utilidad para los usuarios de las ortofotos.

## 6.9 Estructura Digital de las Ortofotos

Las Ortofotos Digitales deberán tener tres partes:

- (a) Un archivo en formato texto, que corresponde al encabezado de la ortofoto. Contiene datos auxiliares para identificar y caracterizar a la ortofoto y proporciona datos necesarios para su despliegue o tratamiento.
- (b) Un archivo en formato binario, que contiene los valores de reflectancia como datos crudos, de 8 bits para imágenes en blanco y negro y 24 bits para imágenes a color, en este caso podrá estar almacenada en uno de los tres formatos: BIL, BIP, BSQ. También se acepta el formato GeoTIFF, TIFF, IMG, JPG, BMP, MRSEED, PNG, entre otros, acompañados del archivo de coordenadas correspondiente.
- (c) Un archivo en formato texto correspondiente a los metadatos de la Ortofoto Digital en los términos planteados en el punto 6.8.