Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con Fines de Generación de Información Geográfica

Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de febrero de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA

NORMA Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con Fines de Generación de Información Geográfica.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- Junta de Gobierno.

Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 26 Apartado B de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 17 fracción III, 26, 27, 55 fracciones I y II, 58 y 77 fracción VIII de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, y 5 fracción VIII del Reglamento Interior del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, y

CONSIDERANDO

Que el Apartado B del artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos determina que el Estado contará con un Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), cuyos datos serán considerados oficiales y de uso obligatorio para la Federación, las entidades federativas, los municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, en los términos que establezca la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Instituto), en su carácter de organismo público con autonomía técnica y de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, tiene por objeto entre otros, regular el SNIEG, cuya finalidad es suministrar a la sociedad y al Estado información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo nacional.

Que el Instituto tiene entre sus funciones, las de normar y coordinar el SNIEG, así como las Actividades Estadísticas y Geográficas que lleven a cabo las Unidades del Estado, tomando en cuenta los estándares nacionales e internacionales, así como las mejores prácticas en la materia.

Que la Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Digital con fines de Generación de Información Geográfica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de julio de 2016, establece en su artículo Tercero Transitorio que su actualización se realizará en periodos de tres a cinco años, en atención al seguimiento de los avances tecnológicos que se presenten en materia de Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Digital.

Que el proceso de revisión de contenido de esta Norma se inició en el año 2021, identificando que era necesario proponer cambios relevantes, los cuales fueron sometidos al proceso de aprobación señalado en las Reglas para establecer la Normativa del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (Reglas) durante el año 2022.

Que el campo de aplicación de la percepción remota se incrementa como consecuencia de los avances en las nuevas tecnologías diseñadas para la colecta y registro de datos geoespaciales, por lo que la variabilidad y complejidad de los productos que se generan a partir del uso de dichas tecnologías requiere de la conformación de una base técnica actualizada que sea el marco para formular especificaciones más detalladas y precisas, acorde con los diferentes proyectos que se desarrollan en el territorio nacional.

Que las técnicas de obtención de imágenes ópticas del territorio incluyen el uso de diferentes plataformas y la selección más apropiada dependerá de los objetivos que se persigan, de los recursos que se dispongan y de la extensión territorial de interés, por lo que para la conformación de la base técnica señalada es necesario acotar que la actualización de la presente Norma está enfocada en la realización de los levantamientos aerofotográficos mediante cámaras métricas digitales para la toma y registro de fotografías aéreas verticales, las cuales son el insumo para la generación de nube de puntos, modelos digitales de elevación, ortoimágenes y curvas de nivel, entre otros productos.

Que el proceso de generación de productos cartográficos requiere en todas sus etapas, incluyendo la de toma de imágenes, cumplir con un conjunto de especificaciones vigentes que permitan la integración de los datos e información general para la actualización del Subsistema Nacional de Información Geográfica, Medio Ambiente, Ordenamiento Territorial y Urbano (SNIGMAOTU), en su componente geográfico.

Que la presente Norma permitirá a los usuarios de datos e información geográfica acceder al acervo puesto a su disposición por los productores o Unidades del Estado, e integrarlo en sus procesos de producción cartográfica y en los de toma de decisiones; así mismo, tiene como objetivo que las Unidades del Estado, al generar e intercambiar datos e información geográfica, muestren consistencia, compatibilidad y facilidad de comparación en sus procesos, como resultado de la estandarización en la comunicación dentro del SNIEG.

Que para la elaboración de la Norma fueron consideradas las aportaciones del Instituto, así como los comentarios recibidos de los generadores y usuarios de esa información, recibidos en la consulta pública del proyecto de Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con Fines de Generación de Información Geográfica, realizada durante el periodo que transcurrió del 30 de agosto al 27 de septiembre de 2022.

Que durante la Tercera sesión ordinaria del Comité Ejecutivo del SNIGMAOTU, celebrada el 07 de diciembre de 2022, mediante el Acuerdo CESNIGMAOTU/3.1/2022, se validó el proyecto de "Norma Técnica para levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con fines de generación de Información Geográfica" para que continúe el procedimiento previsto en las Reglas hasta su conclusión.

Por lo anterior, Junta de Gobierno ha tenido a bien emitir la siguiente:

NORMA TÉCNICA PARA LEVANTAMIENTOS AEROFOTOGRÁFICOS CON CÁMARA MÉTRICA DIGITAL CON FINES DE GENERACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Capítulo I,

Disposiciones Generales

Artículo 1.- La presente Norma tiene por objeto establecer las disposiciones básicas para realizar los levantamientos aerofotográficos mediante cámaras métricas digitales para la toma de fotografías aéreas verticales que contribuyan para la generación de Información Geográfica de Interés Nacional o información susceptible de serla, así como para el fortalecimiento del SNIEG y en general para los proyectos de interés público que requieran su aplicación.

Artículo 2.- Esta Norma es de observancia obligatoria para las Unidades del Estado que realicen por sí mismas o contraten la ejecución de levantamientos aerofotográficos, mediante el uso de cámaras métricas digitales y será obligatoria también para los terceros que realicen dichos levantamientos por encargo de las Unidades.

Artículo 3.- Para efectos de la presente Norma Técnica se entenderá por:

I. **Actitud del sensor:** la orientación o referencia angular de los ejes longitudinal y transversal del sensor (cámara métrica digital) con respecto al plano horizontal en el momento de la toma de la fotografía;

II. **Aeronave:** toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones de esta contra la superficie de la tierra;

III. **Altura:** la distancia de un punto, entre una superficie de referencia, medida a lo largo de la dirección perpendicular a dicha superficie y el punto;

IV. **Altura geodésica (h) o altura elipsoidal:** la distancia entre un punto y el elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del elipsoide hasta el punto. Tal distancia siempre será positiva hacia arriba del elipsoide;

V. **Altura ortométrica (H):** la distancia de un punto, desde la superficie del geoide, a lo largo de la dirección del vector de gravedad, hasta el punto;

VI. **Archivo:** el conjunto organizado de unidades de información (bits) almacenados en un dispositivo electrónico; se le identifica mediante un nombre, un punto y una extensión (p. ej. Centros.TXT). La extensión es una propiedad que también permite identificar el tipo de archivo y la aplicación informática mediante la cual puede ser manejado;

VII. **Banda espectral:** la región del espectro electromagnético definido en términos de longitud de onda;

VIII. **Bit:** el dígito binario que corresponde a la unidad más pequeña de información en los datos digitales. Su valor es 1 o 0;

IX. **Calibración geométrica:** el procedimiento realizado para obtener los valores de distancia focal calibrada, parámetros de distorsión de la lente, ubicación del punto principal, tamaño del píxel del dispositivo y el tamaño de la imagen en referencia al número de filas y columnas. Dichos valores y parámetros permiten recrear en forma precisa las condiciones geométricas de formación de la fotografía aérea;

X. **Cámara de barrido o lineal:** el dispositivo fotográfico conformado por un arreglo de sensores en forma de línea (matrices de dos o más líneas) dispuestos perpendicularmente a la dirección de vuelo; la formación de la imagen requiere del barrido continuo sobre el terreno en forma simultánea al movimiento de avance de la aeronave;

XI. **Cámara métrica digital:** el dispositivo fotográfico matricial o de línea que permite la colecta 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 en un certificado de calibración;

XII. **Cámara matricial:** el dispositivo fotográfico cuyas imágenes en formato rectangular se obtienen a partir de uno o varios sensores modulares matriciales;

XIII. **Certificado de calibración:** el documento que contiene el procedimiento y los valores de los parámetros obtenidos para la calibración geométrica de la cámara;

XIV. **Coordenadas:** el conjunto de n números que designan la posición de un punto en un espacio n-dimensional;

XV. **Coordenadas geodésicas:** las coordenadas definidas en un sistema de referencia geodésico;

XVI. **Cubrimiento estereoscópico:** el cubrimiento aerofotográfico continuo de un área de interés mediante modelos estereoscópicos;

XVII. **Deriva:** el ángulo de desviación formado entre el eje longitudinal de la aeronave y la ruta preestablecida en el plan de vuelo;

XVIII. **Distancia focal:** la distancia entre el plano de la imagen y el centro de la lente; se mide sobre el eje principal de la cámara;

XIX. **Eje principal de la cámara:** la línea imaginaria que une el punto principal del plano de la imagen y el centro del objetivo de la cámara. También se le denomina eje óptico de la cámara;

XX. **Equipo GNSS:** el equipo geodésico que utiliza un Sistema Global de Navegación por Satélite para la obtención de coordenadas de puntos ubicados sobre la superficie terrestre;

XXI. **Espectro visible:** la franja del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir; también se le denomina luz visible y está compuesta por radiaciones de longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nanómetros;

XXII. **Estaciones base de control:** los equipos de posicionamiento satelital ubicados de manera fija en sitios de coordenadas geodésicas conocidas con el objeto de determinar la posición de otros puntos mediante equipos GNSS móviles que trabajan de manera simultánea durante un levantamiento de apoyo al vuelo aerofotográfico;

XXIII. **Formato vectorial:** la representación de rasgos geográficos a través de componentes geométricos (puntos, líneas o áreas), y un componente descriptivo que corresponde a los atributos del rasgo;

XXIV. **Fotografía aérea digital:** la imagen digital de la superficie terrestre obtenida en forma vertical u oblicua, mediante una cámara fotográfica instalada en una aeronave; consiste en un formato ráster, conformado por una matriz de miles de pixeles, cada uno posee un valor digital único;

XXV. **Fotografía aérea oblicua:** la imagen obtenida en condiciones de una inclinación determinada del eje principal de la cámara fotográfica con respecto a línea que señala la dirección de la gravedad terrestre;

XXVI. **Fotografía aérea vertical:** la imagen obtenida en condiciones de verticalidad entre el punto principal, centro de perspectiva y el eje principal de la cámara;

XXVII. **GNSS:** *Global Navigation Satellite System* (Sistema Global de Navegación por Satélite);

XXVIII. **GSD:** *Ground Sample Distance* (Tamaño de píxel en el terreno);

XXIX. **Huella de fotografía aérea:** el polígono con referencia geográfica que representa el cubrimiento espacial de la fotografía aérea;

XXX. **Imagen óptica:** la imagen obtenida por un sensor óptico como una cámara o un escáner multiespectral; las imágenes ópticas utilizan principalmente el espectro visible y el infrarrojo. Las fotografías aéreas digitales están comprendidas en el ámbito de las imágenes ópticas;

XXXI. **IMU:** *Inertial Measurement Unit* (Unidad de Medición Inercial);

XXXII. **Instituto o INEGI:** al Instituto Nacional de Estadística y Geografía;

XXXIII. **ITRF:** *International Terrestrial Reference Frame* (Marco de Referencia Terrestre Internacional);

XXXIV. **JPEG:** *Joint Photographic Experts Group* (Grupo Mixto de Expertos Fotográficos);

XXXV. **Levantamiento aerofotográfico con cámara métrica digital:** el conjunto de procedimientos tendientes a obtener fotografías aéreas, en formato digital, de la superficie terrestre mediante una cámara fotográfica con calidad métrica operada desde una aeronave;

XXXVI. **Levantamiento geodésico:** el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete, destinados a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno considerando la curvatura de la Tierra, elegidos y demarcados con respecto al Sistema de Referencia en uso;

XXXVII. **Metadatos:** datos estructurados que describen las características del contenido, captura, procesamiento, calidad, condición, acceso y distribución de la información estadística o geográfica;

XXXVIII. **Modelo estereoscópico:** la sucesión de fotografías de una escena, colectadas desde diferentes puntos de vista con el fin de obtener una percepción tridimensional del paisaje observado;

XXXIX. **Modelo geoidal:** la superficie equipotencial que mejor coincide en el sentido de mínimos cuadrados con el nivel medio del mar;

XL. **Norma:** la Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con Fines de Generación de Información Geográfica;

XLI. **NIR:** *Near Infra Red* (Se refiere a la banda espectral del Infra Rojo Cercano);

XLII. **NITF:** *National Imagery Transmission Format* (Formato Nacional de Transmisión de Imágenes);

XLIII. **Orientación externa:** el conjunto de procedimientos realizados para determinar los parámetros de posición y orientación de la cámara en el instante en que se realizó la toma fotográfica;

XLIV. **PDF:** *Portable Document Format* (Formato de Documento Portátil), es un formato de almacenamiento de documentos digitales;

XLV. **Píxel:** el elemento bidimensional con forma cuadrada o rectangular que corresponde al elemento mínimo de una imagen digital en una estructura de datos ráster, al que se le asocia un atributo o valor temático y una posición espacial;

XLVI. **Proyecto de vuelo:** la planeación precisa de la logística para la realización de un vuelo fotogramétrico con el fin de garantizar que la cobertura espacial y las características de los productos a obtener cumplan en tiempo y forma con el conjunto de especificaciones técnicas solicitadas;

XLVII. **Resolución espacial:** al objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen, está determinada por el tamaño de píxel medido en metros sobre el terreno, esto depende de la altura del sensor con respecto a la Tierra, el ángulo de visión, velocidad de barrido y las características de poder de definición del mismo, también se le conoce como distancia de muestreo en el terreno;

XLVIII. **Resolución espectral:** el intervalo específico de longitudes de onda dentro del espectro electromagnético;

XLIX. **Resolución radiométrica:** la cuantificación digital de la energía electromagnética registrada por el sensor en un número discreto de valores expresado en bits. En el caso de una resolución de 8

bits, 10 bits, 12 bits, 14 bits y 16 bits, se cuenta con 256, 1 024, 4 096, 16 384 o 65 536 valores, respectivamente;

L. **Restitución fotogramétrica:** el método indirecto empleado en la reconstrucción del relieve y/o de los elementos presentes de la superficie terrestre a partir de modelos estereoscópicos, formados por fotografías aéreas analógicas, digitales o imágenes de satélite;

LI. **RGB:** *Red Green Blue* (Se refiere a las bandas espectrales del Rojo, Verde y Azul);

LII. **Sensor:** el 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;

LIII. **SNIEG:** Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica;

LIV. **Sistema de cámaras de fotografía oblicua:** el conjunto de cámaras digitales de matriz (o conjunto de lentes), montadas en forma integral para mantener fijos los ángulos entre sus ejes ópticos. Los obturadores están sincronizados, para obtener exposiciones en el mismo instante y permitir la colecta simultánea de fotografía vertical y de fotografía oblicua en diferentes direcciones;

LV. **Sistema de navegación inercial:** el sistema de posicionamiento y orientación basado en el uso de equipos GNSS de doble frecuencia e IMU. El sistema permite la determinación del balanceo, cabeceo y rumbo del sensor durante el vuelo a fin de obtener la ubicación precisa de los centros y la determinación de los parámetros de orientación exterior de las fotografías durante un levantamiento fotogramétrico;

LVI. **Tercero:** la persona física o moral, ya sea nacional o extranjera, que realice levantamientos aerofotográficos con cámara métrica digital por encargo de las Unidades del Estado;

LVII. **TIFF:** *Tagged Image File Format* (Formato de Archivo de Imágenes con Etiquetas), se utiliza para el almacenamiento de imágenes;

LVIII. **Unidades del Estado o Unidades:** a las áreas administrativas que cuenten con atribuciones para desarrollar Actividades Estadísticas y Geográficas o que cuenten con registros administrativos que permitan obtener Información de Interés Nacional de:

a. Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, incluyendo a las de la Presidencia de la República.

b. Los poderes Legislativo y Judicial de la Federación;

c. Las entidades federativas, los municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México;

d. Los organismos constitucionales autónomos, y

e. Los tribunales administrativos federales.

Cuando el Instituto genere información se considerará como Unidad para efectos de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica;

LIX. **Usuario:** las personas físicas o morales que por sus actividades requieren datos, productos o soluciones a la medida e información geográfica para el desarrollo de sus actividades, la planificación de sus proyectos y toma de decisiones basadas en el conocimiento que pueden generar a partir de los datos e información geográfica, y

LX. **UTM:** *Universal Transversa de Mercator* (Se refiere a la proyección cartográfica denominada Universal Transversa de Mercator).

Artículo 4.- El conjunto de fotografías aéreas, producto de un levantamiento aerofotográfico con cámara métrica digital, deberá estar documentado conforme a la Norma Técnica para la Elaboración de Metadatos Geográficos vigente.

Los metadatos deberán hacerse públicos por parte de las Unidades del Estado para que los usuarios internos y externos conozcan su existencia y puedan consultarlos.

Capítulo II,

De los levantamientos aerofotográficos con cámara métrica digital

Artículo 5.- La obtención del registro y las licencias de las aeronaves a utilizar para realizar las tomas aerofotográficas, así como los procedimientos de operación en tierra y aire, deberán apegarse a lo establecido en la Ley de Aviación Civil y en sus reglamentos aplicables vigentes.

Artículo 6.- Las Unidades del Estado deberán verificar que los terceros que hayan sido contratados para realizar los levantamientos fotogramétricos cuenten para cada proyecto con la autorización que expide el INEGI de acuerdo con los artículos 60 y 61 de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Artículo 7.- Los levantamientos aerofotográficos con cámara métrica digital que realicen o contraten las Unidades del Estado deberán contar con un proyecto de vuelo, a fin de documentar el conjunto de especificaciones técnicas que se aplicarán para la obtención de las fotografías y la generación de los productos solicitados. Cuando dicho levantamiento se realice por un tercero, el proyecto de vuelo deberá ser presentado para su revisión y aprobación de la Unidad del Estado contratante previo al inicio de la toma de fotografías aéreas. Las Unidades del Estado que realicen el levantamiento aerofotográfico por sí mismas, deberán elaborar su proyecto de vuelo.

El proyecto de vuelo se generará en formato PDF y se integrará mínimo con la siguiente información:

I. Nombre del proyecto;

II. Nombre de la empresa que realiza el vuelo;

III. Delimitación del área a fotografiar sobre una base cartográfica vectorial o ráster, y a la escala más conveniente de representación gráfica. Se incluirá el diseño geométrico de vuelo con la posición de líneas y su dirección, así como en su caso, los centros y/o huellas de fotografías.

Las líneas de vuelo se determinarán tomando en consideración la morfología del relieve, la dirección de los elementos estructurales predominantes y la forma del polígono a cubrir, siguiendo una dirección que permita reducir al mínimo las variaciones de GSD en las fajas consecutivas de fotografías. Como parte del diseño geométrico de vuelo, se proporcionarán en Formato Vectorial las capas de polígono, líneas de vuelo, centros o huellas de fotografía y resultado de la planeación;

IV. Listado de productos a generar. Se incluirán las fotografías aéreas y sus características y, en su caso, las de los productos complementarios que se soliciten;

V. Alturas de vuelo sobre el nivel medio del terreno a las que se ejecutará el levantamiento;

VI. GSD requerido en el proyecto;

VII. Porcentaje de superposición lateral;

VIII. Porcentaje de superposición longitudinal;

IX. Datos de la cámara métrica digital: marca, modelo, características técnicas, equipamiento asociado, en apego a lo señalado en los artículos 8 y 9 de la siguiente sección. Se incluirán los parámetros de configuración a utilizar para la operación de la cámara durante la colecta de datos, así como, la información técnica adicional pertinente a la operación del equipamiento asociado que determinará el cumplimiento de las especificaciones solicitadas;

X. Copia del certificado de calibración de la cámara, en el que se indique la marca, modelo y número de serie; deberá ser emitido por el fabricante o, por una entidad autorizada por este, anexando la documentación que avale dicha autorización. Para las cámaras matriciales el certificado incluirá como mínimo para cada lente que conforme la cámara: valores de calibración de la distancia focal del sistema de lentes; punto principal de auto colimación; punto principal de simetría; tamaño de la imagen en columnas y renglones (tamaño del sensor); tamaño del píxel de la matriz en micrones; el método de presentación de la distorsión de las lentes debe ser polinomial; distorsión radial (en micrones) referida al eje de menor simetría (la distorsión residual deberá estar dentro de los límites establecidos por el fabricante), y valores de la distorsión tangencial (en micrones). Para las imágenes resultantes (normalizadas) de las cámaras métricas digitales que

integran los sistemas con múltiples lentes, también se proporcionarán dichos parámetros. La fecha del certificado de calibración tendrá una antigüedad menor o igual a dos años;

XI. Descripción de los procedimientos metodológicos a realizar para la toma de las fotografías y los utilizados para el control de calidad durante la generación de productos, señalando su alineación con estándares y especificaciones nacionales e internacionales en la materia, y

XII. Cronograma con fechas para la ejecución del proyecto. En este apartado, deberán proporcionarse los datos de la(s) aeronave(s) a utilizar referentes a marca, modelo y matrícula; también, se proporcionarán los datos de velocidad de operación media de la aeronave y tiempo máximo de vuelo al día.

El proyecto de vuelo aprobado por la Unidad del Estado se integrará a los productos señalados en la sección III de la presente Norma, en los términos establecidos en el artículo 26.

Sección I,

De la instalación, características y operación de las cámaras métricas digitales y su equipamiento asociado

Artículo 8.- Cuando la aeronave disponga de una ventana para realizar tomas aerofotográficas, se vigilará que ésta proporcione un campo de visión sin obstrucciones y que cuente con protección contra los fluidos propios de la aeronave y el medio ambiente. En el caso de utilizar cristal, este deberá ser de calidad óptica sin presentar rayones; su presencia no deberá degradar la resolución, ni introducir distorsiones en la fotografía. Asimismo, deberá cumplir con las recomendaciones del fabricante de la cámara en cuanto a material de composición, espesor y acabado, cuando estas hayan sido emitidas.

Artículo 9.- Para la realización de los levantamientos aerofotográficos se utilizarán cámaras métricas digitales que deberán cumplir con los siguientes requisitos:

I. Contar con un sistema estabilizador o de compensación de imagen que reduzca los efectos del movimiento de avance de la aeronave;

II. Operar en sincronización con un sistema de navegación basado en GNSS que permita la configuración de la frecuencia del registro de datos de posición, la obtención de la referencia geográfica de centros de fotografía, el control automático de disparos, y el registro de eventos durante la toma de cada fotografía;

III. Contar con un sistema de compensación automática de los giros de los ejes de la cámara en el instante de la toma de cada fotografía, de tal manera que se garantice la obtención de los valores establecidos en los artículos 13 y 14 de esta Norma;

IV. Tener una resolución radiométrica de al menos 12 bits para cada sensor espectral utilizado, en consideración de que las cámaras disponibles actualmente pueden funcionar con uno o más sensores;

V. Disponer de un sistema de control automático de exposición que permita la determinación automática de la velocidad de obturación e intervalo de diafragma, de acuerdo con las condiciones disponibles de iluminación, y

VI. En el caso de utilizar una cámara de barrido, obligatoriamente se deberá contar con un sistema de navegación inercial a fin de realizar la corrección de las tomas fotográficas por posición y actitud del sensor; para las cámaras de matriz el uso de este sistema será opcional.

Todos los componentes enlistados deberán operar en condiciones óptimas que cumplan con las especificaciones de funcionamiento definidas por el fabricante.

Sección II,

De la toma de fotografías aéreas

Artículo 10.- Durante la toma de las fotografías aéreas se aplicarán las siguientes consideraciones:

I. El vuelo fotogramétrico deberá garantizar un cubrimiento estereoscópico de la totalidad del polígono o polígonos del proyecto;

II. Las líneas de vuelo deberán presentar un cubrimiento fotográfico continúo sobre trayectorias paralelas. En el caso de interrupciones, se realizará la toma de las fotografías necesarias para completar el cubrimiento en apego a las características técnicas requeridas originalmente. Para las cámaras de formato matricial, deberá establecerse una liga de al menos 4 fotografías antes y después del tramo a cubrir; para cámaras de barrido lineal, deberá establecerse un traslape de por lo menos la distancia equivalente al ancho del cubrimiento de la línea de vuelo para todos los ángulos de la escena: frontal, trasera y nadir;

III. En caso de la ocurrencia de áreas faltantes de cubrimiento fotográfico en el proyecto, ya sea por fallas técnicas o por estar fuera de especificaciones, las fotografías complementarias deberán ser tomadas con la misma cámara, orientadas en la misma dirección, y en similares condiciones de luminosidad, época del año y hora de colecta. Solamente por causas de fuerza mayor, para los levantamientos realizados por un tercero, y mediante la justificación correspondiente aprobada por la Unidad del Estado contratante, será posible utilizar otra cámara con características técnicas similares y debidamente calibrada. Los cambios derivados de esta situación se deberán documentar adicionando la información de la cámara y su certificado de calibración, en el reporte al que se refiere el artículo 25 de la presente Norma;

IV. Para cualquier tipo de relieve, las tomas se realizarán en las condiciones operativas que permitan obtener el GSD medio solicitado en apego a la tolerancia definida por la Unidad del Estado;

V. Durante la toma de fotografías aéreas, la elevación del sol sobre el horizonte deberá ser mayor que 30 grados, con el objeto de reducir las sombras del terreno en la fotografía; paralelamente, se extremarán los cuidados para evitar los efectos originados por el reflejo de la luz solar en terrenos de suelo calizo, arenoso, pantanoso, o sobre cuerpos de agua;

VI. La toma de las fotografías aéreas se realizará en días claros con el fin de lograr una calidad acorde con su procesamiento fotogramétrico. Con base en ello, se evitará la toma ante la presencia de nubosidad, humo, bruma o polvo. Asimismo, se considerará que la velocidad del viento y la turbulencia, a la altura del vuelo sean mínimas durante el levantamiento, y

VII. Las fotografías estarán libres de errores que demeriten la calidad de la escena, contengan datos corrompidos, áreas sin información, o los que se deriven de defectos de la lente.

Artículo 11.- En el caso de que las fotografías se colecten en condiciones de nubosidad, su aceptación se determinará de acuerdo con lo siguiente:

I. Para las cámaras matriciales, el área total de una fotografía no deberá estar cubierta en más de 7% por nubes o sombras de nubes y ninguna nube individual deberá cubrir más de 3% del área fotográfica. Las áreas de alto interés que se definan dentro del conjunto de especificaciones del proyecto no deberán estar cubiertas por nubes, bruma, polvo o sombras, y

II. Para las cámaras de barrido, se utilizarán los porcentajes y criterios señalados en el párrafo anterior, con la consideración de que el porcentaje de nubes se determinará sobre superficies cuadriculares continuas, conformadas a partir del inicio de la línea y hasta su final. Los cuadrados tendrán una longitud equivalente al ancho promedio del cubrimiento fotográfico de la línea de vuelo.

Artículo 12.- La trayectoria de la aeronave durante la toma de fotografías podrá presentar una desviación máxima de 50 metros respecto de la trayectoria planificada.

Artículo 13.- La toma de las fotografías se realizará en condiciones de máxima verticalidad del eje principal de la cámara, sin rebasar los 4 grados en cada fotografía. Asimismo, se obtendrá con una mínima inclinación relativa entre fotografías consecutivas, sin exceder los 4 grados, para garantizar su aplicación en procesos fotogramétricos.

Artículo 14.- El giro por deriva de la aeronave no compensado deberá mantenerse como máximo en un ángulo de 3 grados, a fin de conservar los porcentajes de superposición solicitados y obtener una configuración regular del borde lateral conformado por el conjunto de las fotografías de la línea de vuelo.

Artículo 15.- La superposición de las fotografías para generar modelos estereoscópicos, deberá cumplir con lo siguiente:

I. Para las cámaras matriciales, la superposición deberá ser suficiente para conformar un cubrimiento estereoscópico completo en toda el área del proyecto independientemente del tipo de terreno, por lo que será del 60% (con una tolerancia de ± 5%) en el sentido longitudinal y mayor o igual al 30% en el sentido lateral;

II. Para las cámaras de barrido, la superposición longitudinal será del 100% sobre el área del proyecto, mediante tomas realizadas simultáneamente, hacia adelante, al nadir y hacia atrás; por su parte, la superposición lateral será determinada de modo tal que no existan huecos en el área del proyecto, y

III. En caso de que la configuración del relieve sea irregular y con pendientes pronunciadas que impidan el logro de los porcentajes de superposición lateral indicados, se podrán obtener fotografías sobre líneas de vuelo auxiliares a las líneas principales a fin de asegurar la completitud del cubrimiento estereoscópico.

Artículo 16.- Cuando en el proyecto se utilice equipo GNSS para el establecimiento de estaciones base de control en tierra como apoyo geodésico simultáneo al levantamiento para la determinación precisa de la trayectoria de vuelo y/o para la obtención de los parámetros de orientación exterior a partir de un sistema de navegación inercial, sus coordenadas geodésicas deberán estar referidas al marco de referencia oficial para levantamientos geodésicos en su vertiente horizontal, en el sistema ITRF para el año y época definidos en la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional vigente. Por su parte, la coordenada vertical, denominada altura ortométrica, se obtendrá a partir de la transformación de la altura geodésica o elipsoidal mediante el uso del modelo geoidal denominado Geoide Gravimétrico Mexicano vigente del INEGI, como también se establece en dicha norma.

Sección III,

De los productos de los levantamientos aerofotográficos

Artículo 17.- Las fotografías aéreas se generarán en el formato que el usuario determine con base en sus necesidades técnicas, como puede ser TIFF, JPEG o NITF. No se aceptarán, en sustitución de estos, los formatos propietarios exclusivos del fabricante de la cámara o formatos crudos, que en esencia requieren de procesamiento especial para poder utilizarse. Las fotografías deberán generarse sin compresión y con al menos 12 bits de resolución radiométrica. La resolución espacial de las fotografías debe ser la que resulta de la toma directa y acorde con la planeación del vuelo realizada para obtener el GSD solicitado, por lo que no deberán aplicarse técnicas de remuestreo para modificar la resolución espacial original.

Artículo 18.- Como producto básico se generarán fotografías en RGB, coloquialmente denominadas como imágenes en color natural.

En caso de que la naturaleza del proyecto así lo requiera, podrán adecuarse los requerimientos en consideración de lo especificado en la sección IV de la presente Norma.

Artículo 19.- Las fotografías en su conjunto deberán entregarse libres de variaciones radiométricas extremas al interior del polígono y sin la aplicación de procesos técnicos de realce, ajuste de nitidez (brillo y contraste) o de remuestreo.

Artículo 20.- Las fotografías que se generen a partir de cámaras matriciales deberán presentar una proyección central, que en el caso de las cámaras conformadas por cabezales modulares corresponden a la imagen integrada de perspectiva central, denominada imagen virtual o normalizada.

Las fotografías que se generen mediante cámaras de barrido deberán contar con datos de referencia geográfica y estar corregidas por posición y actitud del sensor mediante el uso de la información proporcionada por el sistema de navegación inercial.

En ambos casos, se deberá disponer del grupo de tomas que permitan realizar la visualización estereoscópica y su procesamiento en cualquier software fotogramétrico profesional o especializado y no únicamente en soluciones propias o nativas de este tipo de cámaras.

Artículo 21.- Cuando en el levantamiento se utilice una cámara métrica digital que requiera el uso de datos o parámetros para el procesamiento de cada fotografía en una estación fotogramétrica, los archivos auxiliares de estos se entregarán en complemento a las fotografías colectadas.

Artículo 22.- Para conformar el cubrimiento espacial del proyecto, se generarán los siguientes índices en Formato Vectorial. Sus tablas de atributos contendrán como mínimo los campos que se enlistan a continuación:

I. Polígono(s) de cubrimiento. Tipo de geometría: polígono.

Campo	Descripción	Tipo	Longitud /Formato
Proyecto	Nombre del proyecto	Alfanumérico	Hasta 60 caracteres
Empresa	Nombre de la empresa, institución o Unidad del Estado que realizó el vuelo	Alfanumérico	Hasta 60 caracteres
ID_polig	Identificador de nombre o clave asignado al polígono	Alfanumérico	Hasta 30 caracteres
Area_lev	Superficie de cobertura del polígono, en kilómetros cuadrados	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 3 tres cifras

II. Líneas de vuelo. Tipo de geometría: Línea.

Campo	Descripción	Tipo	Longitud /Formato
Proyecto	Nombre del proyecto	Alfanumérico	Hasta 60 caracteres
Empresa	Nombre de la empresa, institución o Unidad del Estado que realizó el vuelo	Alfanumérico	Hasta 60 caracteres
L_vuelo	Clave o número consecutivo de línea de vuelo	Alfanumérico	Hasta 30 caracteres

III. Huellas o de centros de fotografías. Tipo de geometría: polígono para huellas, punto para centros.

Campo	Descripción	Tipo	Longitud /Formato
Proyecto	Nombre del proyecto	Alfanumérico	Hasta 60 caracteres
Empresa	Nombre de la empresa, institución o Unidad del Estado que realizó el vuelo	Alfanumérico	Hasta 60 caracteres
ID_fot	Identificador de nombre o clave asignado al archivo JPEG/TIFF/NITF de la fotografía. El Id se integrará por la clave del polígono, línea de vuelo y número de fotografía que corresponda por línea de vuelo. (nombredelpolígono_#líneadevuelo_#fotografía)	Alfanumérico	Hasta 65 caracteres
Mar_cam	Marca de la cámara utilizada	Alfanumérico	Hasta 20 caracteres
Mod_cam	Modelo de la cámara utilizada	Alfanumérico	Hasta 20 caracteres
N_serie	Número de serie de la cámara utilizada	Alfanumérico	Hasta 20 caracteres
L_vuelo	Clave o número consecutivo de línea de vuelo en la que se encuentra la fotografía	Alfanumérico	Hasta 30 caracteres

Campo	Descripción	Tipo	Longitud /Formato
T_pixel	Tamaño del píxel en micrones (µm)	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 2 cifras
ID_lente	Identificador o número de serie de la lente utilizada. Se aplica para los sistemas de colecta de fotografía vertical y oblicua	Alfanumérico	Hasta 20 caracteres
D_focal	Distancia focal en milímetros	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 3 cifras
X_pixel	Dimensión del ancho del formato en píxeles	Numérico	Entero
Y_pixel	Dimensión del largo del formato en píxeles	Numérico	Entero
Acimut	Acimut de la fotografía en grados sexagesimales	Numérico	Entero
F_colecta	Fecha de colecta en el formato DD/MM/AA	Alfanumérico	8 caracteres
H_colecta	Hora de colecta en el formato HH/MM/SS	Alfanumérico	8 caracteres
GSD_med	GSD medio en metros por pixel	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 2 cifras
Altura	Altura media de vuelo sobre el terreno en metros	Numérico	Entero
X_cen	Coordenada X del centro de la fotografía en metros, si se aplica	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 3 cifras
Y_cen	Coordenada Y del centro de la fotografía en metros, si se aplica	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 3 cifras
Z_cen	Coordenada Z del centro de la fotografía en metros, si se aplica	Numérico	Flotante con valores fraccionales a 3 cifras
ZonaUTM	Número de Zona UTM a la que están referidas las coordenadas X_cen y Y_cen	Numérico	Entero
Omega	Ángulo de rotación en el eje X, en grados sexagesimales, si se aplica	Numérico	Flotante
Phi	Ángulo de rotación en el eje Y, en grados sexagesimales, si se aplica	Numérico	Flotante
Kappa	Ángulo de rotación en el eje Z, en grados sexagesimales, si se aplica	Numérico	Flotante

Los índices del levantamiento anteriores deberán estar referidos al marco de referencia oficial para levantamientos geodésicos en su vertiente horizontal, en el sistema ITRF, para el año y época definidos en la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional vigente. La referencia espacial de estas capas corresponderá al sistema de coordenadas geográficas o al sistema de coordenadas rectangulares de la proyección cartográfica UTM, según lo solicite la Unidad del Estado.

Artículo 23.- Cuando se haga uso de una cámara matricial que utilice un sistema de navegación inercial para determinación de su posición, los parámetros de orientación externa de las fotografías correspondientes a las coordenadas X, Y y Z del centro de proyección, así como los ángulos de giro del sensor (Omega, Phi y Kappa), se adicionarán a la tabla de atributos del índice de huellas o centros de fotografía como se indica en la tabla anterior. En su caso, si la Unidad del Estado así lo requiere, dichos parámetros se proporcionarán en

un archivo de texto que incluya en forma de listado: el identificador de la fotografía (conformado según la siguiente estructura nombredelpolígono_#líneadevuelo_#fotografía), fecha, hora de colecta, X_cen, Y_cen, Z_cen, Omega, Phi, Kappa.

Artículo 24.- Por cada una de las fotografías señaladas en el artículo 17 se generará y entregará una fotografía para visualización rápida de la cobertura utilizando el mismo identificador de la fotografía original y en formato TIFF. Cada fotografía de visualización rápida deberá contar con su archivo auxiliar que contenga los parámetros relativos al tamaño de píxel, orientación y ubicación geográfica, correspondientes al momento de la toma y que son necesarios para su despliegue en un sistema de información geográfica. La resolución radiométrica de las fotografías para visualización rápida será de 8 bits, mientras que, su GSD será diez veces mayor al establecido por la Unidad del Estado para la fotografía original o, en la magnitud que a su conveniencia determine la misma.

Artículo 25.- En el caso de la ocurrencia de problemas durante el levantamiento aerofotográfico se realizará un reporte de incidencias en formato PDF. El reporte deberá describir los incidentes ocurridos, ya sean los derivados de cambios en la planeación, afectaciones por el estado del tiempo meteorológico, fallas en la operación o funcionamiento de los equipos o, los que ocurrieran durante el procesamiento de los datos. En todos los casos, se deberán explicar las acciones que se implementaron para corregir o minimizar los efectos de cada problemática reportada.

Cuando los levantamientos se realicen sin incidencias y en apego a la planeación, en el reporte se indicará que el levantamiento se ejecutó sin incidentes.

En el caso del uso de estaciones base de control de acuerdo con lo señalado en el artículo 16, se anexará como evidencia la documentación técnica en la que se describa el procedimiento de liga al marco de referencia oficial para levantamientos geodésicos en su vertiente horizontal ITRF y el procedimiento de obtención de alturas ortométricas mediante el uso del Geoide Gravimétrico Mexicano.

Artículo 26.- El proyecto de vuelo señalado en el artículo 7 de la presente Norma se entregará en complemento a los productos señalados en esta sección. Se utilizará como marco comparativo para la revisión del apego entre las especificaciones solicitadas y los resultados obtenidos, por lo que será un elemento para la evaluación y aceptación de los productos.

Sección IV,

De las consideraciones para la solicitud de productos adicionales

Artículo 27.- Cuando por solicitud de la Unidad del Estado se realice un levantamiento mediante un sistema de cámaras de fotografía oblicua para la toma de fotografías oblicuas y verticales, la colecta de las oblicuas se realizará en un ángulo comprendido entre los 30 y los 50 grados sexagesimales a partir del eje principal de la cámara orientada verticalmente.

Los valores de los ángulos configurados para la toma de fotografía oblicua, así como de los porcentajes de superposición obtenidos en las fotografías resultantes deberán documentarse en el apartado del proyecto a que se refieren las fracciones VII a la IX del artículo 7, de la presente Norma.

Artículo 28.- Para requerimientos de bandas espectrales adicionales a las bandas RGB, el usuario debe tener presente que los costos y tiempos de realización del levantamiento aerofotográfico dependen del tipo de cámara o lentes a utilizar, así como del nivel de procesamiento que se aplica para generar las fotografías. Por lo anterior, deberá considerar lo siguiente:

I. Fotografía en cuatro bandas espectrales: las fotografías se recopilan en cuatro bandas: RGB+NIR;

II. Fotografía infrarroja a color: se genera una fotografía compuesta en falso color mediante la combinación de imágenes en las longitudes de onda verde, rojo y NIR, lo cual es de utilidad, por ejemplo, para dar a la vegetación un color rojo distintivo, permitiendo que el ojo humano la distinga más fácilmente de su entorno, y

III. Fotografía pancromática: contiene un solo canal sensible a la radiación dentro de un amplio intervalo de longitud de onda que coincide con el de la luz visible. La escena contenida se asemeja a una fotografía en blanco y negro.

Una característica de la mayoría de las cámaras métricas de gran formato es que cuentan con una resolución espectral que les permite colectar fotografías en las bandas espectrales RGB, NIR y pancromática. Usualmente, esta última puede utilizarse en el proceso de fusión utilizado para mejorar la resolución espacial de las imágenes a color utilizando como referencia la imagen pancromática colectada a una mayor resolución. De tal modo, la fusión con las bandas RGB de menor resolución espacial permite generar una nueva imagen multibanda a color a la resolución espacial de la imagen pancromática. Por lo anterior, y dependiendo de las necesidades o del nivel de procesamiento que se requiera, el usuario evaluará la opción de solicitar las fotografías pancromáticas adicionalmente a las imágenes en tres bandas o cuatro bandas espectrales (RGB o RGB+NIR, respectivamente).

Capítulo III,

Instancias de seguimiento, vigilancia e interpretación

Artículo 29.- Las Unidades del Estado deberán establecer los mecanismos que consideren pertinentes con el fin de que los terceros que sean contratados para ejecutar los levantamientos aerofotográficos con cámara métrica digital cumplan con lo estipulado en la presente Norma.

Artículo 30.- El seguimiento a la aplicación de la presente Norma, así como la vigilancia en su cumplimiento y su interpretación para efectos administrativos y técnicos, corresponderá a la persona Titular de la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del INEGI, quien resolverá los casos no previstos por la misma y promoverá su actualización ante las instancias competentes.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- La presente Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con Fines de Generación de Información Geográfica entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Se abroga la Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Digital con fines de Generación de Información Geográfica, aprobada mediante Acuerdo 6ª/XII/2016, en la Sexta sesión de la Junta de Gobierno del Instituto, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de julio de 2016.

TERCERO.- La actualización de la presente Norma se deberá realizar cuando los avances tecnológicos que se presenten en materia de levantamientos aerofotográficos con cámara métrica digital, así lo demanden.

La Norma Técnica para Levantamientos Aerofotográficos con Cámara Métrica Digital con Fines de Generación de Información Geográfica, se aprobó en términos del Acuerdo **No. 3ª/III/2023**, aprobado en la Tercera sesión 2023, de la Junta de Gobierno del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, celebrada el 13 de febrero de 2023.- Presidenta: **Graciela Márquez Colín**.- Vicepresidentes: **Paloma Merodio Gómez**, **Adrián Franco Barrios** y **Mauricio Márquez Corona**.

Aguascalientes, Aguascalientes, a 14 de febrero de 2023.- Hace constar lo anterior el Coordinador General de Asuntos Jurídicos, **Jorge Ventura Nevares**, en ejercicio de la atribución que le confiere lo dispuesto por la fracción IV, del artículo 46 del Reglamento Interior del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- Rúbrica.

(R.- 532589)