

INSTITUTO DE INFORMACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO DE JALISCO



La presente norma tiene por objeto homologar los criterios en el uso de los métodos fotogramétricos para la producción de cartografía digital urbana, modelos digitales de elevación y ortofotos, productos fundamentales para el Sistema de Información Territorial del Estado de Jalisco. Por lo antes expuesto se expide la siguiente:

“Norma técnica para la producción de cartografía digital urbana por métodos fotogramétricos”

CONTENIDO

CONSIDERACIONES GENERALES	3
CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS	4
CAPÍTULO I “DISPOSICIONES GENERALES”	5
CAPÍTULO II “LA PLANEACIÓN DEL VUELO FOTOGRAMÉTRICO”	5
CAPÍTULO III “LA EJECUCIÓN DEL VUELO FOTOGRAMÉTRICO”	9
CAPÍTULO IV “EL PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES”	12
CAPÍTULO V “LA REFERENCIA DE LAS IMÁGENES AL TERRITORIO”	15
CAPÍTULO VI “PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS”	22
CAPÍTULO VII “MATERIAL A ENTREGAR”	25
TRANSITORIOS	26
REFERENCIAS	27
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	29

CONSIDERACIONES GENERALES

La Ley del Sistema de Información Territorial, en su artículo 6º fracciones IX y X establece que dentro de los objetivos del Sistema de Información Territorial, y para el cumplimiento de los fines del Instituto de Información Territorial, éste emitirá normas e instructivos técnicos referentes a la generación, conservación y consulta de información territorial, así como supervisará que la normatividad técnica establecida sea debidamente aplicada por las instituciones participantes del propio sistema.

Bajo ese tenor, el artículo 7º del citado ordenamiento jurídico señala que para que las normas e instructivos técnicos emitidos por el Instituto sean de carácter obligatorio, se requiere la aprobación del Consejo Directivo y cumplimentar los requisitos que establezca la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo. Si bien, la ley que regula el ejercicio de las facultades y obligaciones que competen al Poder Ejecutivo no señala de manera precisa el procedimiento que se ha de cumplir para la emisión de normas de carácter técnico, el espíritu de la Ley del Sistema es precisamente que dichas normatividades sean de naturaleza obligatoria, por tanto es menester que las mismas sean publicadas, y habida cuenta de que el Periódico Oficial “El Estado de Jalisco” es el medio de difusión del Gobierno del Estado, de carácter permanente, en el que se publican los actos y resoluciones que las leyes o acuerdos ordenen. Es por ello que la presente Norma Técnica para efectos de ser obligatoria, deberá ser publicada en el Periódico Oficial “El Estado de Jalisco”.

Por otra parte, la necesidad de establecer criterios que permitan homologar la calidad de datos geográficos urbanos que se integran al Sistema de Información Territorial del Estado de Jalisco llevó a la adopción de la “NORMA TÉCNICA PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS URBANOS DIGITALES EN ESCALAS DE 1:5,000 A 1:500”. Esta norma define las características que la cartografía digital urbana debe cumplir, no importando cual fuere su técnica de producción. La norma técnica de “cartografía digital urbana” proporciona los estándares de exactitud posicional (horizontal y vertical) que la cartografía digital urbana debe respetar en función de la escala de la compilación.

Definir los criterios a seguir, en función de la técnica de producción, resulta indispensable en aras de contribuir al aseguramiento de la calidad de la cartografía digital urbana. Considerando que la fotogrametría es la técnica más utilizada en la producción de cartografía digital urbana, se emite la siguiente: “**Norma técnica para la producción de cartografía digital urbana por métodos fotogramétricos**”, la cual una vez publicada será de observancia obligatoria.

La presente norma fija los requerimientos para algunas de las etapas críticas del proceso de producción de cartografía por métodos fotogramétricos (factor de ampliación, factor C, apoyo terrestre, aerotriangulación, etc.) a efecto de cumplir con las exigencias de la norma de cartografía digital urbana. Asimismo se presentan las características que deben tener los modelos digitales de elevación y las ortofotos.

CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS

En la actualidad es posible encontrar en el mercado cámaras fotogramétricas analógicas y digitales. En el año 2000 arrancó una competencia entre diversas compañías para la comercialización de la cámara digital fotogramétrica. De ese año a la fecha han ocurrido grandes avances en particular en las tecnologías para almacenar la enorme cantidad de datos que produce una cámara digital. El incremento en ventas a nivel mundial de cámaras fotogramétricas digitales es considerable. En el año 2002 existían 6 cámaras fotogramétricas digitales en operación, 16 en 2003, 50 en 2004 y 77 a mediados del 2005 (Leberl et al. 2005). Tales progresos y las capacidades multiespectrales de las cámaras digitales, hacen que hoy en día resulte complejo fijar una línea divisoria entre la fotogrametría y la teledetección (Fricker 1999).

Si bien parece no existir duda en que ocurrirá una migración de las cámaras analógicas a las digitales, existen razones para creer que será de manera paulatina. No obstante el crecimiento considerable en las ventas de cámaras digitales a nivel mundial, la gran mayoría de las compañías fotogramétricas nacionales cuentan hoy en día únicamente con cámaras analógicas. Además, aunque el costo de una imagen producida por una cámara digital sea menor (evita el revelado y la digitalización), el costo de adquisición de la cámara es aún considerable.

Asimismo, puede resultar poco atractivo para una empresa realizar inversiones considerables para remplazar en el corto plazo su cámara analógica, escáner y equipo de laboratorio por una cámara digital que le permita generar un producto final con características semejantes. Por otro lado, no se puede descartar el futuro que tendrán las cámaras analógicas ya que los avances tecnológicos en las películas fotogramétricas permitirán que surjan nuevas aplicaciones, en especial cuando se requiera de una muy alta gran resolución espacial (resolución y velocidad de la película) (Brandes 2003). Este periodo de transición tecnológica se caracteriza también por la escasez de referencias normativas a las cuales referirse para el uso de cámaras fotogramétricas digitales.

Por las razones antes expuestas, esta norma técnica se elaboró en función de la tecnología que ofrecen las cámaras métricas analógicas con distancia focal nominal de 153 mm. (6 pulgadas) y con dimensiones de fotograma de 23 x 23 cm. (9 x 9 pulgadas). No obstante, esta norma no restringe el uso de las cámaras métricas digitales en proyectos de fotogrametría para el estado de Jalisco.

CAPÍTULO I “DISPOSICIONES GENERALES”

Artículo 1º. La presente Norma Técnica es de orden público e interés general y tiene por objeto, homologar los criterios en el uso de los métodos fotogramétricos para la producción de cartografía digital urbana, modelos digitales de elevación y ortofotos. Su contenido comprende los aspectos relacionados con la planeación y ejecución del vuelo fotogramétrico, el procesamiento de las imágenes, la referencia de éstas al territorio, los productos fotogramétricos y el material a entregar.

CAPÍTULO II “LA PLANEACIÓN DEL VUELO FOTOGAMÉTRICO”

Artículo 2º. De la aeronave. La aeronave deberá contar con instrumentos de navegación basados en un sistema de navegación satelital, la operación de la aeronave se sujetará a lo establecido por la Ley de Aviación Civil y su propio Reglamento.

La ventana para tomas aerofotográficas debe proporcionar un campo de visión sin obstrucciones, preferentemente debe contar con deflectores que protejan la cámara de los efectos de la turbulencia. El diseño de la ventana debe considerar la protección del campo de visión de los flujos de escapes o derrames de aceite. Se recomienda no utilizar un cristal en la ventana del avión. En caso de utilizarlo, éste debe estar libre de rayones y su presencia no deberá degradar la resolución ni introducir distorsiones a las imágenes.

Artículo 3º. De la cámara fotogramétrica y el equipo asociado.- Esta norma considera únicamente cámaras métricas analógicas con distancia focal nominal de 153 mm. (6 pulgadas) y con dimensiones de fotograma de 23 x 23 cm. (9 x 9 pulgadas), deberán contener las siguientes características:

- I. Ser calibradas y certificadas por el fabricante de la cámara, por un centro de calibración internacionalmente reconocido o por un centro aprobado por el fabricante de la cámara. El certificado de calibración tendrá validez de 2 años, al momento de la toma de las fotografías. Sin embargo la cámara se deberá recalibrar si existe alguna razón para creer que se produjeron cambios en los parámetros de calibración provocados por algún golpe o vibraciones inusuales sufridas por la cámara. El último mantenimiento preventivo de la cámara métrica y de su sistema de montaje no deberá superar 2 años de antigüedad, al momento de la toma de las fotografías. A su vez, la calibración de la cámara deberá realizarse con los filtros que ésta utilice;
- II. La cámara métrica contará con las siguientes especificaciones:
 - a) Un cuerpo de cámara indeformable, fabricado en duraluminio o aleación similar;
 - b) Un objetivo dentro de los parámetros de calibración;
 - c) Sistema de vacío para fijar la película a la platina;
 - d) Obturador alojado al interior del objetivo, dotado de velocidad variable;

- e) Un mínimo de 8 marcas fiduciales, mismas que deben contar con un punto central o alguna configuración de intersección de líneas;
- f) Un filtro antivibrado de cristal con recubrimiento metálico, producido por el mismo fabricante del objetivo;
- g) En caso de utilizar películas pancromáticas, se deberá utilizar un filtro de bruma (filtro color amarillo);
- h) Sistema de registro de nivel (verticalidad) de la toma fotográfica;
- i) Sistema para marcar la hora de la toma de cada fotografía;
- j) Mira de navegación;
- k) Montura giro-estabilizada;
- l) Sistema automático de compensación al movimiento frontal.

III. El objetivo debe encontrarse corregido para el rango espectral de la película que se pretenda utilizar;

IV. Los parámetros de calibración de la cámara deben satisfacer las siguientes condiciones:

- a) De las propiedades ópticas del objetivo:
 1. La distancia focal calibrada debe encontrarse dentro del intervalo de 153 mm. +/- 3 mm.;
 3. La distorsión radial no debe exceder +/- 10 μm en la máxima apertura del diafragma;
 4. El descentrado deberá ser menor o igual a 8 μm . en la máxima apertura del diafragma;
 5. El Punto Principal de Simetría (PPS) debe situarse a una distancia menor o igual a 0.015mm del Punto Principal de Autocolimación;
 6. La resolución espacial debe ser mayor o igual a 80 pares de líneas por milímetro (pl/mm.) al centro del objetivo;
 7. La desviación del plano de los modelos estereoscópicos, medida como el rango entre el valor positivo máximo y el valor negativo mínimo, no debe exceder 19 μm ;
- b) El Centro Fiducial debe encontrarse a una distancia menor o igual a 0.030 mm. del Punto Principal de Autocolimación;
- c) Las líneas que unen a pares de marcas fiduciales opuestas deberán formar ángulos de 90° sexagesimales con una tolerancia de 1'. Asimismo, las marcas fiduciales de las esquinas deben formar un cuadrilátero cuyos lados no deben diferir entre sí por más de 0.50 mm. Por su parte, las marcas fiduciales ubicadas entre las esquinas deben ser equidistantes a las esquinas adyacentes con una tolerancia de 0.50 mm.;
- d) La platina que soporta a la película no debe desviarse del plano focal verdadero más allá de 0.013mm y debe ser completamente normal al eje óptico del objetivo;

- e) El filtro no debe afectar de manera indeseable la resolución de la imagen, ni las características ópticas del objetivo. De igual forma, sus dos superficies deben ser paralelas con una tolerancia de 10 segundos sexagesimales;
- f) El obturador debe tener una eficiencia superior al 70% a una velocidad de 1/200 de segundo, medida con el diafragma abierto a su máxima apertura.

Artículo 4º. Es altamente recomendable más no obligatorio que la cámara cuente con lo siguiente:

- a) Sistema de control automático de la exposición, preferentemente mediante sistema de navegación satelital, con la flexibilidad para acceder al modo manual;
- b) Sistema de referencia interna para control de la deriva;

Artículo 5º.-De la escala de las fotografías. Para determinar la escala de la fotografía aérea, es necesario conocer previamente la escala de cartografía que se pretende obtener y el intervalo deseado entre curvas de nivel. La escala de la fotografía será determinada por el parámetro que resulte más restrictivo de entre el Factor de ampliación y el Factor C.

El factor de ampliación es utilizado para determinar la escala de la fotografía y por consiguiente la altura de vuelo adecuada que permita obtener una exactitud posicional aceptable en su componente horizontal. La selección de un factor de ampliación depende en gran medida del equipo fotogramétrico disponible y la experiencia del personal. Para la producción de cartografía digital el máximo factor de ampliación permitido será 7. Sin embargo, el factor de ampliación de las fotografías se limitará a un máximo de 6 para la producción de ortofotos.

Escala de la cartografía	Escala mínima de la fotografía según el factor de ampliación		
1:500	1:2,500	1:3,000	1:3,500
1:1,000	1:5,000	1:6,000	1:7,000
1:2,000	1:10,000	1:12,000	1:14,000
1:5,000	1:25,000	1:30,000	1:35,000
Factor de ampliación	5	6	7

El factor C (factor de curva de nivel) es un valor empírico que se utiliza para determinar la altura de vuelo adecuada que permita obtener una exactitud posicional aceptable en su componente vertical. La selección de un Factor C depende en gran medida de la resolución de la película, el proceso de laboratorio, la definición de las imágenes, la calidad de los puntos de control, su distribución geométrica, la aerotriangulación y la experiencia del personal. El máximo factor C permitido será de 2000.

Factor-C = Altura de vuelo promedio sobre del terreno / Intervalo entre curvas de nivel

Los intervalos máximos entre curvas de nivel se presentan en la tabla siguiente.

Escala de la cartografía	Intervalo entre curvas (m)
1:500	0.5
1:1 000	1.0
1:2 000	2.0
1:5 000	5

Artículo 6º. De las líneas de vuelo. Las líneas de vuelo deben ser rectas, paralelas entre sí y orientarse con respecto al lado más largo del perímetro del proyecto. Un planteamiento diferente de las líneas de vuelo es permisible en aquellos casos donde la geometría del proyecto o las condiciones del relieve lo requieran, a efecto de cumplir con los requerimientos previstos en el artículo 11 de esta Norma.

Artículo 7º. Las películas fotográficas deberán tener las características enlistadas a continuación:

- I. Ser de grano fino, y contar con una base de plástico (poliéster) que le ofrezca estabilidad dimensional y encontrarse dentro del período de vigencia al momento de la toma de la fotografía;
- II. Los tipos de emulsión aceptada son la pancromática (blanco y negro), color natural e infrarrojo (falso color y b/n). Las emulsiones de color y las pancromáticas deben ser sensibles a la parte visible del espectro electromagnético (0.4 a 0.7 μm) y contar con una mayor velocidad de exposición (sensibilidad extendida) para el color rojo. En tanto que en las emulsiones de infrarrojo el rango de sensibilidad debe extenderse hasta 0.9 μm ; y,
- III. Contar con una resolución espacial en pares de líneas por milímetro superior a la ofrecida por el objetivo y en ningún caso deberá ser menor a 80 pl/mm.

Artículo 8º. Del plan de vuelo fotogramétrico. La realización de un vuelo fotogramétrico requiere previamente de la elaboración de un plan de vuelo, mismo que debe contar con los siguientes elementos:

- I. Plan de vuelo plasmado en un mapa topográfico digital, mostrando los siguientes elementos:
 - a) La geometría del área del proyecto.
 - b) Ejes planeados para las líneas de vuelo, la dirección de las mismas y los centros de las fotografías. Lo anterior con referencia geográfica al territorio en coordenadas UTM y en el sistema geodésico vigente; y,
- II. Calendario estimado de la ejecución del vuelo fotogramétrico.
- III. Aeronave a utilizar, especificando su tipo, marca y matrícula;
- IV. Escala de las fotografías;
- V. Tipo de cámara;
- VI. Copia del certificado de calibración;
- VII. Copia del certificado del último mantenimiento preventivo efectuado a la cámara;
- VIII. Tipo de película;

IX. Filtros a utilizar;

CAPÍTULO III “LA EJECUCIÓN DEL VUELO FOTOGRAMÉTRICO”

Artículo 9º. Previo a la ejecución del vuelo fotogramétrico se requiere contar con lo siguiente:

- a) Oficio de autorización del Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco para la realización del vuelo fotogramétrico;
- b) Oficio de autorización del INEGI en conformidad con lo previsto en el artículo 12 de la Ley de Información Estadística y Geográfica;
- c) Certificado de aeronavegabilidad vigente, emitido por la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Este certificado deberá ser renovado después de cualquier modificación al fuselaje;
- d) Certificado de calibración de la cámara dentro de su periodo de vigencia; y,
- e) Aprobación del proyecto de vuelo fotogramétrico por parte de quien contrata.

Artículo 10. Del almacenamiento y manejo de la película previo a su exposición. El almacenamiento y manejo de la película debe realizarse con apego a las disposiciones específicas del fabricante¹. Además deberá observarse lo siguiente:

- a) La película debe conservarse dentro de su envase original hasta el momento de montarse en el magazín para evitar variaciones e intercambios de humedad con el exterior; y,
- b) El rollo de la película no debe quedar apretado al enrollarse, ni ser estirado, tallado o marcado. Asimismo, debe estar libre de huellas digitales, polvo e imperfecciones de cualquier tipo.

Artículo 11. Para la toma de fotografías deberán observarse las siguientes condiciones:

- I. Verificar que el horario de toma de fotografías asegure que el ángulo de elevación solar sea mayor o igual a 30º sexagesimales;
- II. Evitar condiciones atmosféricas extremas que impidan cumplir con los parámetros geométricos exigidos para el vuelo fotogramétrico. En condiciones de turbulencia,

¹ De manera general los fabricantes recomiendan:

- Mantener las películas en un refrigerador a una temperatura inferior a 13° C o en un congelador entre -18° C y -23° C.
- Las películas de color que serán almacenadas durante varios meses deberán conservarse en un congelador a una temperatura entre -18° C y -23° C.
- Las películas de infrarrojo deberán conservarse en un congelador entre -18° C y -23° C.
- Con el fin de evitar la condensación en las películas, se debe esperar 2 horas antes de abrir los envases para montar en el magazín; si la película estaba en refrigerador y 8 horas si estaba en congelador. Una vez en campo, se debe cuidar que la temperatura de la película infrarrojo no aumente más allá de 4° C previo a su uso.

las imágenes pueden llegar a tener desviaciones excesivas de la vertical y efectos de sierra fuera de tolerancia;

- III. Obtener fotografías libres de nubes, neblina, humos y sombras de los mismos;
- IV. Verificar que la cámara se encuentre debidamente montada, en particular la fuente de vacío de la cámara debe funcionar correctamente. El magazín debe encontrarse limpio, con su carga de película y debidamente ensamblado a la cámara. El objetivo y los filtros deberán estar limpios, sin ralladuras ni huellas visibles de golpes y libres de agentes extraños;
- V. Asegurar una cobertura estereoscópica completa de toda el área del proyecto cumpliendo con las siguientes condiciones:
 - a) Que el promedio del traslape longitudinal de las fotografías de una misma línea de vuelo no sea menor al 57%, ni mayor al 62% con respecto a la elevación media del terreno. Ningún traslape individual deberá ser menor al 55% ni mayor al 68% excepto en áreas de desnivel pronunciado (variaciones mayores al 10% de la altura de vuelo) donde sea necesario exceder el 68% a efecto de alcanzar el mínimo de 55% en el traslape siguiente;
 - b) Que el traslape transversal en fotografías de líneas de vuelo adyacentes no sea mayor al 40%, ni menor al 20% con respecto a la elevación media del terreno, excepto en áreas de desnivel pronunciado (variaciones mayores al 10% de la altura de vuelo) donde se permitirá un traslape transversal no menor al 10 % ni mayor al 50%; y
 - c) Que en caso de que el relieve sea demasiado extremo para imposibilitar que los traslapes del punto anterior sean alcanzados, se deberán volar líneas auxiliares entre las líneas principales y paralelas a las mismas para lograr el cubrimiento requerido.
 - d) Que el área cubierta por la primer y último negativo de una línea de vuelo se encontrarse fuera del polígono del proyecto.
 - e) Que las líneas de vuelo perimetrales cubran más allá de la frontera del proyecto, una franja de al menos 15% del ancho en el terreno de la línea de vuelo.

Será posible incrementar los traslapes longitudinales y transversales en los casos en que se considere necesario a efecto de aumentar la exactitud posicional en ortofotos, en la aerotriangulación y/o el GPS aerotransportado.

- VI. Revisar para las líneas de vuelo que crucen las fronteras del proyecto que el área presente en el primer y último negativo se encuentre fuera de las fronteras del proyecto. Asegurar que las líneas de vuelo ubicadas a lo largo de alguna de las fronteras del proyecto cubran más allá de la frontera, una franja de al menos 15% del ancho en el terreno de la línea de vuelo;
- VII. Verificar que la altura de vuelo no fluctúe más allá de 2% hacia abajo y 5% hacia arriba con respecto al nivel del terreno;
- VIII. Asegurar que el avión no desvíe su curso más de 3° sexagesimales entre fotografías sucesivas de una línea de vuelo;
- IX. Compensar manual o automáticamente el ángulo en torno al eje de la cámara (deriva) durante la toma de fotografías con el fin de que este ángulo no exceda 3° sexagesimales;
- X. Verificar que el ángulo de desviación del eje de la cámara con respecto a la vertical (verticalidad) no exceda de 4° sexagesimales. La diferencia entre los

ángulos de desviación de la vertical de dos tomas consecutivas no debe ser mayor a 4° sexagesimales;

- XI. Procurar que no existan interrupciones en las líneas de vuelo, en caso contrario, deberá realizarse un traslape de al menos cuatro tomas para asegurar la existencia de un modelo estereoscópico de ajuste o amarre, realizando la toma de la totalidad de las fotografías de una línea de vuelo con la misma cámara y el sentido de la línea de vuelo.

Artículo 12. Para la exposición de la película se deberá atender lo siguiente:

- I. Que la exposición de la película respete las recomendaciones del fabricante, poniendo especial cuidado en lograr las densidades, previstas en el capítulo denominado “El procesamiento de las imágenes”;
- II. Que se extremen los cuidados en cuanto al control de la exposición de la película (velocidad del obturador y apertura del diafragma) a efecto de reducir el viñetado que ocasiona la exposición diferencial. La exposición diferencial deberá ser menor a la exposición que ocasionaría el incremento de un tercio de paso en la apertura del diafragma;
- III. Que un rollo de película sólo contenga imágenes provenientes de la misma cámara (cuerpo- objetivo- magazín);
- IV. Que a efecto de manipular la película, se deje un mínimo de 90 cm de película sin exponer en ambos extremos del rollo. De no ser posible, se deberán realizar empalmes o añadidos de película de un mínimo de 90 cm en el extremo o los extremos necesarios; y
- V. Que no se efectúen recortes ni empates al rollo o rollos de un proyecto.

Artículo 13. De la sustitución de fotografías. Las fotografías que requieran tomarse para sustituir las originales por ser rechazadas o encontrarse dañadas, así como aquellas necesarias para complementar o corregir la cobertura del vuelo, deberán cumplir con los elementos de esta Norma. Estas fotografías se obtendrán con la misma cámara procurando tener las mismas condiciones de iluminación que las originales.

Artículo 14. De la bitácora del vuelo fotogramétrico. La bitácora del vuelo fotogramétrico necesariamente reunirá los siguientes datos:

1. La fecha, nombre del proyecto, aeronave utilizada, nombres y roles de los tripulantes;
2. La altura de vuelo, número de serie de la cámara, apertura del diafragma, velocidad del obturador, hora de inicio y fin de la toma de fotografía, número de serie de la o las películas utilizadas y otros comentarios relativos a las condiciones de vuelo. Si estos no fueran constantes para la totalidad de las líneas de vuelo, se deberán reportar por línea de vuelo.

CAPÍTULO IV “EL PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES”

Artículo 15. Para el procesamiento de la película se deberá atender el siguiente procedimiento:

- I. La película expuesta debe conservarse en un ambiente fresco y seco, procurando procesarla lo más pronto posible para evitar cambios indeseables en la imagen latente. En caso de que se requiera esperar más de dos días para procesar la película, se deberá refrigerar (debidamente sellada en su empaque original) a una temperatura inferior a 4° C. Después de retirar la película de refrigeración, deberán respetarse los tiempos indicados por el fabricante, antes de manipular el negativo;
- II. El procesamiento de la película (revelado, fijado, lavado y secado) deberá realizarse conforme a las recomendaciones del fabricante de la película. De igual manera, los químicos a utilizar en el proceso de la película deben ser los recomendados por el fabricante de la película;
- III. Antes de procesar la película, se debe exponer una rampa de 21 intervalos en un extremo del rollo de la película, utilizando incrementos de densidad de 0.15. Se efectuarán mediciones de densidad utilizando un densitómetro de transmisión en cada uno de los intervalos de la rampa a efecto de graficar la curva característica de la película (Logaritmo de la exposición vs. densidad);
- IV. Esta curva será utilizada para determinar el balance en las películas de color e infrarrojo y el contraste en las películas pancromáticas. La rampa quedará alojada permanentemente en el rollo de la película;
- V. La película debe ser completamente fijada y lavada para asegurar una calidad de archivo;
- VI. El procesamiento y secado de las películas no debe afectar la calidad métrica y en ningún momento deberá someterse a cambios drásticos de temperatura y/o humedad;
- VII. Una vez terminado el procesamiento, la película deberá estar libre de químicos, manchas, rasgaduras, marcas, huellas digitales, velo solar, polvo o alguna otra imperfección que interfiera con el propósito de la fotografía;
- VIII. Para las películas pancromáticas, la densidad en las áreas útiles de la película procesada no debe ser mayor a D 1.6 ni menor a D .3. Estos parámetros de densidad deben medirse a partir de la densidad mínima². Las superficies especulares (p. e. cuerpos de agua) ni anomalías no serán utilizados para determinar si la película procesada se encuentra dentro de los parámetros requeridos de densidad;
- IX. Las mediciones de densidad se harán con un densitómetro de transmisión y se descartará para la toma de mediciones, la porción de la imagen ubicada a una distancia menor o igual a 38 mm. (1 ½”) de los bordes. Así mismo, se deben excluir las superficies de reflexión especular para la determinación de la densidad máxima;
- X. La película procesada no debe tener cambios en sus dimensiones que superen 10 µm.

² La densidad mínima se conforma de la densidad de la base más la llamada densidad de neblina. La densidad mínima se determina efectuando mediciones en los extremos de la imagen (partes transparentes del negativo).

Artículo 16. De las fotografías de contacto.- La emulsión fotográfica del papel de contacto debe ser de grano fino y contar con un rango de sensibilidad que proporcione un contraste suficiente para discernir los mismos detalles apreciables en el negativo.

El procesamiento (exposición, revelado, fijado, lavado y secado) debe dar como resultado fotografías de contacto cuyo contraste permita discernir los mismos detalles apreciables en el negativo. Cuando las fotografías de contacto presenten una apariencia anormal en las tonalidades o contraste, éstas deberán ser rechazadas cuando la causa pueda atribuirse a un proceso de laboratorio deficiente.

Las fotos de contacto deben estar libres de químicos, manchas, rasgaduras, marcas, huellas digitales, velo solar, polvo, pliegues o alguna otra imperfección que interfiera con el propósito de la fotografía de contacto.

Al recortarse las fotografías de contacto debe cuidarse que cada una de ellas cuente con sus marcas fiduciales y los datos registrados al borde de las fotografías. La calidad de las fotografías de contacto debe dar como resultado marcas fiduciales claras y bien definidas.

Artículo 17. De la digitalización de los negativos.- Para esta digitalización únicamente será permitido utilizar escáner fotogramétrico, el cual deberá contar con certificado vigente de calibración y estar equipado para manipular rollos de película formato 23 x 23 cm. con un mecanismo de rebobinado.

- I. Deberá recibir el mantenimiento y los controles de calibración en los tiempos señalados por el fabricante;
- II. Tendrá que alojarse dentro de una sala especialmente acondicionada que permita la operación del escáner conforme a las recomendaciones del fabricante; y
- III. El escáner fotogramétrico que se utilice deberá ser capaz de ofrecer estabilidad geométrica, resolución geométrica y espectral adecuados a la digitalización de fotografía aérea a gran escala, atendiendo los siguiente requerimientos:
 1. Se debe respetar la resolución espacial mínima del escáner que se indica en la tabla siguiente.

Escala de la cartografía	Escala de la fotografía	Resolución mínima del escáner (μm)
1:500	1:2,500	20
	1:3,000	17
	1:3,500	14
1:1,000	1:5,000	20
	1:6,000	17
	1:7,000	14
1:2,000	1:10,000	20
	1:12,000	17
	1:14,000	14
1:5,000	1:25,000	20
	1:30,000	17
	1:35,000	14

2. Resolución radiométrica mayor o igual a 8 bits (3 x 8 bits para las imágenes a color).
3. Precisión geométrica superior o igual a 4 μm (EMC).
4. Precisión radiométrica mayor o igual a 2 valores de gris (EMC).
5. Cubrir un rango dinámico de densidad de 0.2 a 1.6D para la digitalización pancromática.

IV. El proceso de digitalización debe asegurar que:

1. Las marcas fiduciales deben ser totalmente visibles.
2. El campo de barrido debe incluir los instrumentos de la cámara.
3. La homogeneidad radiométrica en las imágenes que conforman el proyecto.
4. Que en las imágenes no exista una saturación mayor al 5% del contenido de la imagen en los extremos del histograma.

V. Una vez efectuada la digitalización, no se permite aumentar artificialmente la resolución geométrica o radiométrica de las imágenes a través de algún programa para tratamiento de imágenes.

VI. No se deben almacenar las imágenes en formatos comprimidos que impliquen una pérdida irreversible de información.

VII. La colección de imágenes debe acompañarse de sus metadatos, empleando el estándar nacional vigente.

CAPÍTULO V “LA REFERENCIA DE LAS IMÁGENES AL TERRITORIO”

Artículo 18. Del marco de referencia geodésico. Las imágenes deben referirse al territorio a través del Sistema Geodésico Nacional en vigor³.

Artículo 19. De los puntos de control. El apoyo terrestre para control fotogramétrico se compone de puntos de control básico y puntos de control fotográfico. Los puntos de control básico constituyen la referencia a partir de la cual se propagan las coordenadas a los puntos de control fotográfico. El control fotográfico son puntos identificables en la fotografía que sirven de control para las operaciones de fotogrametría.

Las coordenadas de los puntos de apoyo terrestre deben obtenerse en coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura elipsoidal) con su altura ortométrica asociada. Estas coordenadas deberán ser proyectadas a UTM utilizando un software capaz de asegurar que no existan pérdidas significativas de precisión.

A efecto de referir las imágenes al territorio, en los casos en que el área de cobertura de un proyecto se encuentra en 2 husos UTM, se deberán utilizar los parámetros de proyección del huso en el que se ubique la mayor parte del área del proyecto.

Artículo 20. De los puntos de control básico. El control básico se conforma de líneas azimutales, vértices geodésicos y bancos de nivel ubicados dentro y fuera del área del proyecto. Estos puntos permiten la propagación de coordenadas a los puntos de control fotográfico. Sin embargo, estos puntos tienen aplicaciones múltiples que van más allá de la fotogrametría. En efecto constituyen un apoyo fundamental para proyectos de construcción de infraestructura, de delimitación de propiedades, de catastro, entre otros. Por consiguiente, el control básico puede considerarse como parte integral de la infraestructura del Estado de Jalisco. La cantidad y distribución de los puntos de control básico en el Estado representa un compromiso entre los costos y sus múltiples beneficios.

Los puntos de control básico pueden ser de dos tipos:

- a) *El control básico horizontal:* se constituye de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), de los vértices geodésicos de la Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP), ambos administrados por INEGI y del Marco de Referencia Geodésico del Estado de Jalisco (MaReGeo) administrado por el IITEJ; y
- b) *El control básico vertical:* formado por los Bancos de Nivel de Precisión administrados por el INEGI.

³ Al momento de la elaboración de este documento, el Sistema Geodésico Nacional definido en las Normas técnicas para levantamientos geodésicos (Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 1985 y con reformas publicadas en el mismo diario el 27 de abril de 1998) contempla al ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional) 1992 época 1988 como el marco de referencia geodésico horizontal y al Nivel Medio del Mar Local como marco geodésico vertical. No obstante, se encuentra próxima la migración hacia el ITRF2000 época 1988 como marco de referencia geodésico horizontal y NAVD 1988 (Datum Vertical Norteamericano de 1988) como marco geodésico vertical, con la entrada en vigor de la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional (Al momento de la elaboración de esta norma se encontraba en proceso de publicación en el Diario Oficial de la Federación.)

Para el control básico, debe obtenerse el máximo provecho de los vértices y bancos de nivel existentes, poniendo especial cuidado en averiguar sus características de exactitud posicional y estado de conservación. Se considera como parte del control básico del proyecto fotogramétrico todos los bancos de nivel y vértices geodésicos ubicados dentro del área del proyecto y a una distancia de hasta 5 Km. alrededor del perímetro del proyecto.

Artículo 21. Dentro del área del proyecto, la cantidad y distribución de puntos de control básico deberá ser tal que ningún punto de control fotográfico se encuentre a más de 7 Km. del punto de control básico más cercano. A efecto de tener una geometría adecuada del control básico alrededor del área del proyecto se requiere lo siguiente:

- a) Al menos 3 vértices geodésicos ubicados a las afueras del proyecto, en tres cuadrantes distintos y a una distancia no mayor a 7 Km. del perímetro del proyecto.
- b) Deben existir al menos 4 BNP (Bancos de Nivel de Precisión) en las afueras del área del proyecto a una distancia no mayor a 10 Km. del perímetro del proyecto. Además, los BNP deben estar bien distribuidos en los cuatro cuadrantes del área del proyecto.

Si se contempla el uso de equipo topográfico para el levantamiento de los puntos de control fotográfico, se deberá contar con líneas azimutales en el área del proyecto a intervalos no mayores a 3 Km., procurando que los puntos del par no se ubiquen a más de 300m de distancia.

En los casos en que el control básico no cuente con una cantidad o distribución satisfactoria de puntos, se procederá a levantar los puntos de control básico necesarios e incorporarlos al MaReGeo.

Artículo 22. Los puntos de control básico adicionales (líneas azimutales, vértices geodésicos y bancos de nivel) que requieran levantarse, serán monumentados o emplacados y sus coordenadas calculadas conforme a los lineamientos establecidos en el *“Manual de Procedimientos Técnicos para la Creación de la Red Geodésica Estatal, Especificaciones Relativas para Usar Técnicas de Posicionamiento con DGPS”*⁴ de la *“Norma Técnica y Manuales de Procedimientos para la Delimitación y Demarcación Territorial de los Municipios del Estado de Jalisco”*.

⁴ Esta norma establece una de precisión C de primer orden (CEP_{95%} de 2 decímetros) para los vértices geodésicos del MaReGeo. Sin embargo, la propuesta de Norma Técnica “Estándares de Exactitud Posicional” elaborada por el INEGI (en proceso de publicación en el Diario Oficial de la Federación, al momento de la elaboración de esta norma) establece un orden de precisión B (CEP_{95%} de 1 decímetro) para los vértices geodésicos de la RGNP (Red Geodésica Nacional Pasiva). Se recomienda en la medida de lo posible cumplir con el orden de precisión B a efecto de asegurar la integración de estos vértices a la RGNP y el MaReGeo.

Los puntos de control básico horizontal adicionales deben ser de un orden de precisión mayor o igual a la C de primer orden⁵.

En tanto que los puntos de control básico vertical adicionales deben ser de segundo orden clase 2 (Bancos de Nivel de Precisión). En función de la técnica de levantamiento, se consideran los siguientes requerimientos de exactitud posicional⁶:

- a) Para técnicas de nivelación diferencial, se debe tener un error de cierre inferior a:

$$8mm\sqrt{K} \quad \text{donde "K" es la distancia en Km.}$$

- b) Para técnicas de nivelación trigonométrica y GPS, el EPV⁷ debe ser menor o igual a:

$$1.96 * 15 * (d + .2) \text{ milímetros, donde "d" es la distancia a una estación en Km.}$$

Artículo 23. De los puntos de control fotográfico. Los puntos de control fotográfico deben situarse en el área del proyecto y ligarse a los puntos de control básico por medio de técnicas topográficas o sistemas de posicionamiento satelital.

Se recomienda que los puntos de control fotográfico sean levantados después de la toma de fotografías. En la selección de los puntos de control se debe tomar en cuenta el método de levantamiento (topográfico o sistemas de posicionamiento satelital) así como las siguientes consideraciones:

- I. Se debe llevar a campo un estereoscopio de bolsillo para examinar los puntos de control en las fotografías de contacto. Una vez que el punto de control ha sido identificado se deberá picar con una aguja la fotografía en la posición del punto de control. Al reverso de la fotografía es necesario anotar una breve descripción del punto de control, croquis y su código de identificación;
- II. Los puntos de control deben elegirse de manera tal que durante los procesos fotogramétricos sea posible apuntar a ellos de manera precisa en las fotografías. Asimismo, los puntos de control deben elegirse dentro del área central de cada fotografía a fin de evitar la distorsión geométrica y disminución de resolución que ocurre en la periferia de cada fotografía. Se descartarán los puntos de control ubicados a menos de 5 cm. del borde de la fotografía;
- III. Se debe de cuidar que los puntos de control no caigan en zonas de la imagen oscurecidas por sombras;
- IV. Se debe cuidar que los puntos de control horizontal tengan en las fotografías una buena definición y contraste en el plano horizontal; y,
- V. En virtud de que las mediciones verticales se realizan en su mayoría en estereoscopia, los puntos de control deben contar con características que faciliten colocar la marca flotante en la elevación correcta. Resulta conveniente colocarlos

⁵CEP_{95%} de 2 decímetros, según la tabla de conversión de orden de exactitud a precisión de la propuesta de Norma Técnica "Estándares de Exactitud Posicional" elaborada por el INEGI (en proceso de publicación en el Diario Oficial de la Federación, al momento de la elaboración de esta norma)

⁶ Tomado de la propuesta de Norma Técnica "Estándares de Exactitud Posicional" elaborada por el INEGI.

⁷ Error de Posicionamiento Vertical con un nivel de confianza de 95%.

en lugares planos con algunos rasgos naturales en su entorno cercano que faciliten la percepción de profundidad en estereoscopia y nunca en grandes pendientes.

Los puntos de control fotográfico horizontal deben ser de un orden de precisión mejor o igual a la C de segundo orden, clase dos⁸. En tanto que los puntos de control fotográfico vertical adicionales deben ser de segundo orden clase 2 (Bancos de Nivel de Precisión). En función de la técnica de levantamiento, se consideran los siguientes requerimientos de exactitud posicional⁹:

3. Para técnicas de nivelación diferencial, se debe tener un error de cierre inferior a:

$$8mm\sqrt{K} \quad \text{donde "K" es la distancia en Km.}$$

4. Para técnicas de nivelación trigonométrica y GPS, el EPV¹⁰ debe ser menor o igual a:

$$1.96 * 15 * (d + .2) \text{ milímetros, donde "d" es la distancia a una estación en Km.}$$

Artículo 24. De la cantidad y disposición geométrica de los puntos de control fotográfico. La cantidad y disposición geométrica de los puntos de control fotográfico depende de la técnica utilizada.

I. Para el levantamiento de los puntos de control fotográfico donde no se contemple el uso de la aerotriangulación, se deberá utilizar al menos 3 puntos de control horizontal y 4 puntos de control vertical para cada modelo estereoscópico.

II. Para el levantamiento de los puntos de control fotográfico donde se contemple el uso de la aerotriangulación, se deberán respetar las siguientes condiciones:

- a) Para una línea de vuelo:

1. Se deben colocar pares de puntos de control vertical y horizontal al inicio y final de la línea de vuelo. Estos puntos deben ubicarse dentro del área de los modelos estereoscópicos de cada extremo. Los puntos del par deben colocarse a cada lado del eje de la línea de vuelo, procurando en la medida de lo posible la alineación del par de puntos;
2. Al interior de la línea de vuelo deben colocarse pares de puntos de control espaciados a una distancia no mayor a:
 - 4 modelos estereoscópicos para puntos de control horizontal; y,
 - 3 modelos estereoscópicos para puntos de control vertical.

⁸CEP95% de 1 metro, según la tabla de conversión de ordenes de exactitud y precisión de la propuesta de Norma Técnica "Estándares de Exactitud Posicional" elaborada por el INEGI (en proceso de publicación en el Diario Oficial de la Federación, al momento de la elaboración de esta norma)

⁹ Tomado de la propuesta de Norma Técnica "Estándares de Exactitud Posicional" elaborada por el INEGI (en proceso de publicación en el Diario Oficial de la Federación, al momento de la elaboración de esta norma)

¹⁰ Error de Posicionamiento Vertical con un nivel de confianza de 95%.

3. Los puntos de control horizontal y vertical no deben alejarse del eje de la línea de vuelo más de $1/3$ del ancho de la cobertura territorial de la fotografía;

b) Para un bloque de líneas de vuelo:

1. Se deben colocar pares de puntos de control vertical y horizontal al inicio y final de cada línea de vuelo. Estos puntos deben ubicarse dentro del área de los modelos estereoscópicos de cada extremo. Los puntos del par deben colocarse a cada lado del eje de la línea de vuelo a una distancia no mayor a $1/3$ del ancho de la cobertura de la fotografía., procurando en la medida de lo posible la alineación del par de puntos;

2. A lo largo de las líneas de vuelo perimetrales, deben colocarse puntos de control a una distancia no mayor a:

- 4 modelos estereoscópicos para puntos de control horizontal; y,
- 3 modelos estereoscópicos para puntos de control vertical.

Los puntos de control perimetrales deberán situarse fuera del área de estudio;

3. Para las líneas de vuelo situadas al interior del bloque deben incluirse puntos de control adicionales a lo largo de las mismas, respetando los siguientes criterios:

- Puntos de control horizontal con espaciamiento no mayor a 8 modelos, alternando entre líneas de vuelo adyacentes; y,
- Puntos de control vertical con espaciamiento no mayor a 6 modelos, alternando entre líneas de vuelo adyacentes.

4. Debe existir al menos un punto de control horizontal y dos puntos de control vertical al centro del bloque.

III. Para el levantamiento de puntos de control fotográfico mediante GPS aerotransportado (Airborne GPS) donde se contemple emplear la aerotriangulación, se deben considerar los siguientes requerimientos:

- a) Las estaciones GPS base se establecerán sobre puntos pertenecientes al control básico del proyecto;
- b) Se utilizarán las estaciones base que sean necesarias a efecto que la distancia entre el receptor aerotransportado y la estación GPS base no sea mayor a 30 Km. Asimismo, se establecerá una estación base a una distancia no mayor a 1 Km. del aeropuerto a efecto de realizar la inicialización estática del equipo GPS aerotransportado;
- c) El receptor base y el aerotransportado deben ser geodésicos de doble frecuencia;

- d) El receptor aerotransportado debe permitir el registro de eventos y la resolución de ambigüedades de fase mediante la técnica OTF¹¹;
- e) Se deberá realizar la planeación de las observaciones GPS para asegurar que exista una cobertura de al menos 5 satélites con un PDOP menor o igual a 4 para todo el periodo de observaciones;
- f) Los intervalos de registro de las observaciones del receptor móvil y la base deben ser iguales entre sí y menores o iguales a 2 segundos;
- g) Previo al uso del GPS aerotransportado se requiere verificar :
 - 1. El funcionamiento de los receptores GPS;
 - 2. La distancia entre la cámara (punto nodal externo) y la antena;
 - 3. Que la activación del obturador de la cámara genere un evento en el registro del receptor GPS;
- h) Se deberán destinar al menos 20 minutos previo al despegue de la aeronave a efecto de inicializar estáticamente el receptor;
- i) Deberán existir puntos de control fotográfico vertical espaciados a una distancia no mayor a 2 Km. dentro del área del proyecto. El número mínimo de puntos de control fotográfico vertical será de 4 y deberán estar distribuidos uniformemente en el área del proyecto¹²;

IV. Del reporte de apoyo terrestre:

- a) Mapa topográfico digital con referencia geográfica al territorio en coordenadas UTM y en el sistema geodésico vigente, mostrando los siguientes elementos:
 - 1. La geometría del área del proyecto.
 - 2. Posición del eje de las líneas de vuelo.
 - 3. Ubicación de los puntos de control básico (vértices geodésicos y bancos de nivel).
 - 4. Ubicación de los puntos de control fotográfico.
 - 5. Ubicación de los centros de foto.
- b) Descripción del procedimiento de levantamiento utilizado.
- c) Archivo digital de coordenadas geodésicas y UTM de los puntos de control básico, fotográfico y centros de foto.
- d) Para los puntos de control básico adicionales
 - 1. Expediente de acuerdo al artículo II.12 de la *“Norma Técnica y Manuales de Procedimientos para la Delimitación y Demarcación Territorial de los Municipios del Estado de Jalisco”*.
- e) Para los puntos de control fotográfico
 - 1. Un conjunto de fotografías de contacto terciadas para la totalidad de la cobertura del proyecto, mostrando mediante una picadura con aguja, la ubicación de los puntos de control con croquis al reverso para cada punto picado.
 - 2. Ficha para cada punto de control fotográfico de acuerdo al formato del anexo 7 o anexo 8 de la *“Norma Técnica y Manuales de*

¹¹ On the Fly

¹² A pesar de que teóricamente no se requiere de puntos de control fotográfico adicionales a los centros de foto que proporciona la técnica de GPS aerotransportado, es conveniente levantar algunos puntos de control fotográfico con el fin de ligarse debidamente al marco de referencia geodésico además de contar con una mayor confiabilidad contra los errores. (Mikhail y Bethel)

Procedimientos para la Delimitación y Demarcación Territorial de los Municipios del Estado de Jalisco”, en función de la técnica de levantamiento.

3. Expediente con:

- Archivos crudos o de transferencia en formato RINEX, si el método de levantamiento es GPS.
 - Archivos crudos o de transferencia en formato DXF, si el método de levantamiento es topográfico.
 - Archivos de proceso o de solución de vectores y/o puntos.
- f) Los puntos de apoyo terrestre deben acompañarse de sus metadatos, mismos que serán recabados y documentados en conformidad con el estándar nacional vigente.

V. De la Aerotriangulación:

- a) La aerotriangulación debe efectuarse con la ayuda de un software que implemente el método de ajuste simultáneo de haces de rayos (*bundle adjustment*). Se recomienda que el software cuente de preferencia con la funcionalidad de correlación de imágenes;
- b) Para la orientación interior de los modelos se deben utilizar las 8 marcas fiduciales. El máximo residual resultante de cada modelo no debe exceder 0.020 mm.;
- c) La medición de las coordenadas fotográficas de los puntos de paso debe realizarse con una resolución espacial mayor o igual 0.001mm;
- d) La selección de los puntos de paso debe apegarse a las siguientes consideraciones:
 - Debe elegirse un mínimo de tres puntos de paso ubicados en el área de triple traslape longitudinal. Uno de ellos debe elegirse cercano al eje formado por los centros de las fotografías. En tanto que los dos puntos restantes deben elegirse a cada lado del primer punto, dentro del área de traslape transversal con otras líneas de vuelo.
 - Asimismo, es conveniente ubicarlos en lugares planos con algunos rasgos naturales en su entorno cercano que faciliten la percepción de profundidad en estereoscopia y por ende la colocación de la marca flotante. Los puntos de paso no deben elegirse en zonas de la imagen oscurecidas por sombras.
- e) La orientación relativa de los modelos deberá efectuarse con al menos 6 puntos. El residual del paralaje en Y debe proporcionar un RMSE menor o igual a 0.002mm y el mayor de los residuales debe ser menor o igual a 0.015mm;
- f) La solución de la aerotriangulación no debe excederse más allá del área cubierta por los puntos de control;
- g) El ajuste simultáneo de haces de rayos debe proporcionar un RMSE inferior a 0.004 mm. en coordenadas fotográficas;
- h) Los puntos de paso resultantes del proceso de aerotriangulación deben tener un RMSE menor o igual a $h/10000$ en su componente horizontal y un RMSE menor o igual a $h/9000$ en su componente vertical, donde “h” representa la altura promedio de vuelo con respecto a la superficie del terreno.

VI. Del reporte de aerotriangulación:

- a) Descripción del procedimiento empleado en la aerotriangulación, incluyendo el nombre del software utilizado y sus funcionalidades principales;
- b) Los listados generados por el software para los residuales, ajustes y orientaciones;
- c) Archivo digital con las coordenadas UTM de los puntos de paso generados por aerotriangulación;
- d) Error medio cuadrático resultante del ajuste.

CAPÍTULO VI “PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS”

Artículo 25. De la restitución digital. La cartografía digital generada por restitución fotogramétrica debe ajustarse a los lineamientos establecidos en la “NORMA TÉCNICA PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS URBANOS DIGITALES EN ESCALAS DE 1:5,000 A 1:500”.

La exactitud posicional en su componente horizontal debe ser menor o igual a los siguientes valores:

Escala de la cartografía	RMSE _r (m)	CEP ¹³ _{95%} (m)
1:500	0.125	.21
1:1 000	0.25	.43
1:2 000	0.50	.86
1:5 000	1.25	2.16

Artículo 26. La restitución deberá realizarse mediante software de restitución digital, mismo que deberá permitir:

- a) La orientación interna, relativa y absoluta.
- b) La visión en modo estereoscópico.
- c) La digitalización vectorial de objetos geográficos, así como puntos y líneas de quiebre para la representación del terreno (curvas de nivel, modelos digitales de elevación, redes irregulares de triángulos).
- d) La superposición de los datos vectoriales digitalizados a las imágenes en estereoscopia.

Artículo 27. Los elementos de planimetría no podrán digitalizarse más allá de las fronteras del modelo estereoscópico. Debe garantizarse que exista un espacio de traslape entre los modelos digitales para asegurar la continuidad de los objetos geográficos y la prevención de posibles huecos.

¹³ Si $RMSE_x = RMSE_y$, $CEP_{95\%} = 1.7308 RMSE_r$
Si $RMSE_x \neq RMSE_y$, $CEP_{95\%} = 1.2238 (RMSE_x + RMSE_y)$
 $RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$

Artículo 28. Para la representación de la superficie del terreno se deberán construir curvas de nivel, y un Modelo Digital de Elevación (MDE). El MDE debe generarse a partir del muestreo masivo de puntos y líneas de quiebre tomando en cuenta que:

- a) Los puntos deberán ubicarse a nivel del suelo¹⁴ (no sobre la vegetación ni sobre edificios) y contar con una densidad suficiente para capturar las características del mismo a la escala de representación deseada.
- b) Se utilizarán las líneas de quiebre en los puntos donde exista un cambio abrupto en la elevación del terreno o para delimitar superficies de elevación constante.
- c) Se debe consignar en los metadatos la técnica de interpolación utilizada para la generación del MDE y de las curvas de nivel.

Artículo 29. La resolución horizontal y exactitud posicional vertical del MDE deberán ajustarse a los siguientes requerimientos:

Escala de la cartografía	Resolución Horizontal del MDE (m)	EPV (m)
1:500	0.5	0.16
1:1 000	1.0	0.32
1:2 000	2.0	0.64
1:5 000	5	1.6

La exactitud posicional en su componente vertical de las curvas de nivel debe ser menor o igual al EPV que señala la tabla siguiente:

Escala de la cartografía	Equidistancia (m)	RMSE¹⁵ (m)	EPV (m)
1:500	.5	.16	.32
1:1 000	1	.33	.65
1:2 000	2	.66	1.29
1:5 000	5	1.66	3.25

¹⁴ El uso de software especializado en generación de MDE basado en la correlación de imágenes puede ser problemático para obtener una exactitud posicional aceptable, ya que estos toman en consideración puntos que no están a nivel del suelo como son los edificios o la vegetación. La corrección de un MDE así producido puede introducir efectos no deseados que impidan cumplir con los requerimientos (EPV) de esta norma.

¹⁵ El RMSE debe ser menor a 1/3 de la distancia entre curvas de nivel

Para puntos acotados, la exactitud posicional en su componente vertical debe ser:

Escala de la cartografía	RMSE ¹⁶ (m)	EPV (m)
1:500	.08	.16
1:1 000	.16	.32
1:2 000	.33	.65
1:5 000	.66	1.29

Artículo 30. De los trabajos de campo complementarios. Se deberán levantar por método directo aquellos objetos geográficos cuya digitalización no fue posible debido a que en la fotografía se encontraban ocultos por sombras o vegetación, o cuya delimitación fue inferida.

Artículo 31. De las Ortofotos. Las ortofotos deben realizarse mediante un software de rectificación diferencial. La resolución horizontal de las ortofotos y su exactitud posicional deben ser las siguientes:

Escala de la ortofoto a generar	Resolución horizontal (m)	RMSE _r (m)	CEP _{95%} (m)
1:500	.05	0.125	.21
1:1,000	.1	0.25	.43
1:2,000	.2	0.50	.86
1:5,000	.5	1.25	2.16

Artículo 32. Para el remuestreo de los valores de los píxeles se deberá utilizar la técnica de convolución cúbica. No se deberán emplear las técnicas del vecino más cercano ni la bilineal.

Artículo 33. La generación de mosaicos de ortofotos deberá emplear técnicas de balance de colores y de ajuste de histogramas en las zonas de traslape.

Artículo 34. Las ortofotos y mosaicos deben acompañarse de sus metadatos, mismos que serán recabados y documentados en conformidad con el estándar nacional vigente.

¹⁶ El RMSE debe ser menor a 1/6 de la distancia entre curvas de nivel

CAPÍTULO VII “MATERIAL A ENTREGAR”

Artículo 35. Las instituciones públicas que ejecuten o contraten vuelos fotogramétricos, solicitarán al Instituto de Información Territorial la revisión, en su caso validación, de los productos cartográficos que se obtengan, así como la verificación de que los mismos cumplimentan los aspectos técnicos contenidos en la presente Norma. Para lo cual deberán entregar el siguiente material:

- I. Plan del vuelo fotogramétrico, así como original y copia de los siguientes documentos:
 - a) Certificado vigente de aeronavegabilidad emitido por la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;
 - b) Oficio de autorización del Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco para la realización del vuelo fotogramétrico;
 - c) Oficio de autorización del INEGI en conformidad con lo previsto en el artículo 12 de la Ley de Información Estadística y Geográfica; y
 - d) Permiso de vuelo de la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- III. Bitácora del vuelo fotogramétrico, con los requisitos previstos en el artículo 14 de esta Norma;
- IV. Rollos negativos originales de vuelo con carrete, envase y empaque originales (ambos con las características del fabricante). No deben efectuarse recortes. Este requerimiento podrá obviarse por acuerdo previo de ambas partes.

Los envases deben etiquetarse con los siguientes datos:

1. Nombre del proyecto
 2. Número de rollo dentro del proyecto
 3. Lista de líneas de vuelo y lista de los números de fotografía
 4. Escala aproximada del negativo
 5. Fecha de toma
 6. Tipo de cámara
 7. Datos del contratista (nombre, domicilio, teléfono de contacto)
- V. Índice de vuelo digital sobre un mapa topográfico mostrando la localización de todos y cada uno de los puntos centrales de las fotografías tomadas. El índice debe ir acompañado de:
 - a) La escala promedio de cada una de las líneas.
 - b) El número de rollo donde se encuentra cada línea de vuelo.
 - c) La fecha de toma de la fotografía.
 - d) Los datos de la película utilizada.
 - e) El nombre del contratista.
 - f) El nombre del propietario.
 - g) Cubrimiento de cada una de las fotografías.

Asimismo deberá entregarse en un archivo digital en formato “.txt”, las coordenadas de los puntos de disparo de cada una de las fotografías del vuelo. Uno de estos índices se entregará al INEGI por conducto del IITEJ.

- VI. Un fotoíndice impreso y su correspondiente archivo digital;
- VII. En archivo digital y evitando emplear formatos de compresión que impliquen pérdidas irreversibles de datos, se entregaran:
 - a) Conjunto de fotografías digitales
 - b) MDE
 - c) Ortofotos
- VIII. Reporte de apoyo terrestre impreso y digital.
- IX. Reporte de aerotriangulación impreso y digital.
- X. Cartografía digital.

TRANSITORIOS

Artículo Primero.- La presente Norma Técnica, entrarán en vigor al día siguiente de su publicación en el Periódico Oficial “El Estado de Jalisco”.

Artículo Segundo.- La presente Norma, será obligatoria para todas las instituciones públicas, el Glosario será considerado como guía de consulta terminológica; y, para efectos de mantenerlos actualizados deberán ser revisados por el Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco (IITEJ) y sus Consejos Consultivo y Técnico por lo menos cada dos años.

Artículo Tercero.- Los integrantes y/o participantes de los Consejos Consultivo y Técnico del IITEJ, así como cualquier usuario de esta Norma, estarán facultados para revisar y proponer actualizaciones a la misma, enviando al correo electrónico del IITEJ o por escrito sus propuestas, las cuales serán analizadas y en caso que procedan se pondrán a consideración de los Consejos Consultivo y Técnico, para su dictaminación y posterior validación.

REFERENCIAS

1. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, "Accuracy Standards for Large-Scale Maps", 1989.
2. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, "DRAFT Standards for Aerial Photography", 1995.
3. Ariza, F. J., "Calidad en la Producción Cartográfica", Ra-Ma, 2002.
4. Baltsavias, E. P., "On the performance of photogrammetric scanners", Photogrammetrische Woche 1999, Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, 1999.
5. Brandes, J. "Further Developments of Film Emulsions", Photogrammetrische Woche 2003, Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, 2003.
6. California Department of Transportation, "Photogrammetry Surveys", 2004.
7. Federal Geographic Data Committee, "Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy", 1998.
8. Federal Geographic Data Committee, "Content Standard for Digital Geospatial Metadata", 1998.
9. Federal Geographic Data Committee, "Content Standards for Digital Orthoimagery", 1999.
10. Federal Geographic Data Committee, "Positional Accuracy Handbook: Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality", 1999.
11. Fricker, P. et al., "Digital Aerial Sensors: Possibilities and Problems", OEEPE Workshop on Automation in Digital Photogrammetric Production, École Nationale des Sciences Géographiques, 1999.
12. Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, "Manual de Procedimientos Técnicos para la Creación de la Red Geodésica Estatal, Especificaciones Relativas para Usar Técnicas de Posicionamiento con DGPS" de la "Norma Técnica y Manuales de Procedimientos para la Delimitación y Demarcación Territorial de los Municipios del Estado de Jalisco", 2001.
13. Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, Norma Técnica para Productos Cartográficos Urbanos Digitales en Escalas de 1:5,000 A 1:500, 2006.
14. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Diccionario de datos geodésicos", 1997.
15. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos", 1998.
16. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Norma técnica NTG001_2005: Sistema Geodésico Nacional", 2005. (Definitiva, en proceso de publicación)
17. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Norma técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional", 2005. (Definitiva, en proceso de publicación)
18. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Norma técnica NTG003_2005: Levantamientos Aerofotográficos", 2005. (Definitiva, en proceso de publicación)
19. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Lineamientos técnicos LTG001_2005: Para la fase de Levantamientos Catastrales", 2005.

20. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, “Norma técnica NTG005_2005: Modelos Digitales de Elevación”, 2005.
21. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, “Norma técnica NTG013_2006 Edición de Cartografía Topográfica”, 2006.
22. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, “Norma técnica NTG014_2006 Ortofotos Digitales”, 2006.
23. Leberl, F. “ULTRACAM-D: Understanding some Noteworthy Capabilities”, Photogrammetrische Woche 2005, Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, 2005.
24. Ley del Sistema de Información Territorial del Estado de Jalisco.
25. Ley de Aviación Civil.
26. Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., “Remote Sensing and Image Interpretation”, Wiley, 2000.
27. Mikhail, E. M. et al., “Introduction to Modern Photogrammetry”, 2001.
28. New York State Department of Transportation, “Land Surveying Standards and Procedures Manual”, 2005.
29. Reglamento de la Ley de Aviación Civil.
30. United States Geological Survey, Optical Science Laboratory, “USGS Aerial Camera Specifications”, 2003.
31. US corps of Engineers, “Engineering and Design Photogrammetric Mapping”, 2002

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Aberración: Se define genéricamente en fotografía como el fenómeno de dispersión de la luz, que degrada la calidad de la imagen óptica proyectada sobre un plano. Existen cinco tipos de aberraciones: cromática, astigmatismo y curvatura de campo, esférica, coma y, por último, distorsión.

Actualización cartográfica: Proceso de revisión y modificación de la información geométrica y temática, con el fin de que la cartografía recoja los cambios habidos en el tiempo en el territorio que representa.

Aeronavegabilidad: Facultad de realizar vuelos correctos y seguros en un aeronave; se aplica al permiso que extiende la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal, autorizando a volar un determinado aparato.

Aerotriangulación: es una técnica de interpolación que tiene por propósito extender fotogramétricamente el control horizontal y vertical (apoyo terrestre) proporcionado por un número reducido de puntos de control, a todos los modelos estereoscópicos. En efecto, la aerotriangulación consiste en la triangulación e intersección espacial simultánea de los haces de rayos registrados en las imágenes. Los haces de rayos conjugados, proyectados a partir de dos o más imágenes que se traslapan, se intersectan en los puntos de control fotográfico comunes para definir coordenadas tridimensionales de cada punto. La totalidad de los haces de rayos se ajusta matemáticamente a los puntos de control fotográfico conocidos. Lo anterior permite conocer las coordenadas del terreno de puntos desconocidos a partir de la intersección de los haces de rayos ajustados. Los puntos así obtenidos se conocen como puntos de paso y permiten realizar la orientación exterior de los modelos estereoscópicos.

Altitud: Es la altura medida con respecto al nivel medio del mar.

Altura: Distancia entre un punto y una superficie de referencia, medida en dirección perpendicular a dicha superficie. Al momento de la realización de esta norma, la superficie de referencia es el nivel medio del mar local en razón de la Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos (1998). Sin embargo, se migrará al NADV 88 con la próxima entrada en vigor de la norma técnica para el Sistema Geodésico Nacional.

Altura geodésica o elipsoidal (h): 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. (Norma Técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Altura Geoidal (N): Distancia vertical entre el geoide y el elipsoide.

Altura ortométrica (H): Distancia de un punto, desde la superficie del geoide, a lo largo de la dirección del vector de gravedad, hasta el punto. (Norma Técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Apoyo terrestre: Son puntos de control horizontal y vertical a través de los cuales es posible referir las imágenes al territorio. El apoyo terrestre para control fotogramétrico se compone de puntos de control básico y puntos de control fotográfico. Los puntos de control básico constituyen la referencia a partir de la cual se propagan las coordenadas a los puntos de control fotográfico (vértices geodésicos y bancos de nivel). El control fotográfico son puntos identificables en la fotografía que sirven de control para las operaciones de fotogrametría.

B

Banco de nivel: Punto de control vertical debidamente monumentado cuya altura (ver definición) ha sido medida con un determinado nivel de precisión.

Banco de nivel de precisión: Banco establecido a lo largo de líneas de nivelación que fueron medidas con instrumentos y métodos correspondientes a levantamientos con errores de cierre menores o iguales a $8\text{mm} \sqrt{k}$ (longitud del tramo en km.) (Diccionario de datos geodésicos, INEGI)

Banco de nivel topográfico: Banco establecido a lo largo de líneas de nivelación que fueron medidas con instrumentos y métodos correspondientes a levantamientos con errores de cierre menores o iguales a $12\text{mm} \sqrt{k}$ (longitud del tramo en km.) (Diccionario de datos geodésicos, INEGI)

Bloque: Es el conjunto formado por dos o más líneas de vuelo

C

CAD: Dibujo Asistido por Computadora.

Calibración: Término utilizado para describir los procedimientos necesarios para determinar con alta precisión los valores de ciertos parámetros y características de las cámaras métricas. Entre estos parámetros se encuentran aquellos relacionados con el objetivo (p.e. la distancia focal, la ubicación de los puntos principales de autocolimación y de simetría, la resolución del objetivo, la distorsión radial, el descentrado y las coordenadas de las marcas fiduciales y del centro fiducial), con el magazín (perpendicularidad de la platina con respecto al eje óptico y la desviación del plano de los modelos estereoscópicos), con la eficiencia del obturador, entre otros.

Cámara fotográfica: Aparato que sirve para hacer fotografías y que consta de un medio óptico (objetivo) y de un medio mecánico (obturador).

Cámara métrica: Cámara fotográfica que tiene un bastidor (cuerpo) indeformable, dispone de objetivos con aberraciones ópticas mínimas, cuenta con marcas fiduciales

claramente visibles y con base en éstas, se puede establecer con certeza el centro óptico de cada fotograma.

Carta: Representaciones sobre un plano de una extensión de la superficie terrestre.

Cartografía: Representación en cartas de la información geográfica (INEGI). La disciplina que estudia las técnicas para la elaboración de mapas.

Cenit: Es la línea ortogonal al geoide con sentido opuesto al de la fuerza de gravedad.

Centro fiducial: Punto virtual en el que coinciden y se cruzan líneas que se trazan entre las marcas fiduciales opuestas.

CEP (Círculo de Error Probable): Es el radio del círculo que define la región de confianza dentro de la cual existe un 50% de probabilidad de que se encuentre el valor verdadero. (Norma Técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional, INEGI)

CEP 95: Es el radio del círculo que define la región de confianza dentro de la cual existe un 95% de probabilidad de que se encuentre el valor verdadero. (Norma Técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional, INEGI)

Certificado de calibración: Documento expedido por un organismo considerado autoridad, en el cual se declaran los resultados obtenidos en pruebas muy rigurosas a equipos fotogramétricos respecto a la precisión de sus parámetros declarados. Se pide principalmente para la cámara métrica y los aparatos de restitución análogos.

Cliché: Tira de película fotográfica ya revelada, con imágenes negativas. Anteriormente usado para original fotográfico.

Contraste: En el contexto analógico, corresponde a la diferencia de densidad que existe entre las áreas más claras y las más oscuras de un negativo.

Coordenadas: Un conjunto de “n” números que designan la posición de un punto en un espacio n-dimensional. (Norma Técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Coordenadas geodésicas: Coordenadas definidas con respecto a un elipsoide de referencia. Se emplean como coordenadas la longitud (α), latitud (λ) y altura elipsoidal (h).

Copia de contacto: Copia de un original fotográfico obtenida mediante el estrecho contacto entre las emulsiones del negativo fotográfico y el material donde se efectuará la reproducción (papel fotográfico o película) (Norma Técnica NTG003 - 2004 Levantamientos Aerofotográficos, INEGI)

Croquis: Representación gráfica de cualquier objeto sin considerar escala. (Boceto)

Cuadrícula: Sistema de coordenadas cartesianas rectangulares que se superponen con precisión y de manera consistente en los mapas, cartas y otras representaciones semejantes de la superficie de la tierra que permite la identificación de la posición del terreno con respecto a otros sitios y el cálculo de la dirección y distancia a otros puntos. (Norma Técnica NTG013 - 2006 Edición de Cartografía Topográfica, INEGI)

Curva de nivel: Línea curva en la cartografía y que representa igual cota de elevación del terreno. (Norma Técnica, NTG013 - 2006 Edición de Cartografía Topográfica, INEGI)

D

Densidad (Densidad óptica): $-\log_{10} T$, donde T representa la proporción de luz transmitida con respecto a la luz incidente en la película procesada.

Descentrado: Distorsión que se genera por fallas en el alineamiento de los componentes del objetivo (cono de lentes), ocasionando una desviación con respecto al eje óptico teórico.

Desviación estándar: Es una medida clásica de la dispersión de los datos con respecto a su media. Se trata de la raíz cuadrada del promedio del cuadrado de la distancia de todas las mediciones a la media.

Digitalización o escaneo de fotografías aéreas: Transformación de fotografías aéreas a imágenes digitales en formato ráster sin sacrificar la exactitud métrica. (Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

Distancia focal.- Distancia existente entre el punto nodal trasero del objetivo con respecto al plano en que convergen los rayos luminosos para formar la imagen.

Distorsión radial: Distorsión ocasionada por un cambio de dirección de los rayos luminosos al pasar por el objetivo.

E

E: Símbolo universalmente aceptado que designa el Este.

Edición gráfica: Preparación de un documento gráfico mapa, plano u otro, disponiendo sus elementos visuales de manera armónica, agradable, práctica y fácilmente legible.

EPV (Exactitud del posicionamiento vertical): El estadístico empleado para representar la Exactitud del Posicionamiento Vertical de una altura en el intervalo de confianza del 95%, se obtiene multiplicando la desviación estándar de la altura geodésica u ortométrica por un factor de expansión de 1.96. (Norma Técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional, INEGI)

Error de medición: Diferencia entre el valor medido de una cantidad y su valor verdadero.

Escala: Es la relación numérica que existe entre la dimensión de un objeto en la realidad y la dimensión del mismo en una representación analógica (mapa, foto, etc.).

Escala cartográfica: Es la relación numérica que existe entre la realidad y el mapa o plano. $\text{Escala} = \text{medida del terreno} / \text{medida del plano o mapa}$. Un producto a mayor escala presenta los objetos geográficos con mayor detalle, por el contrario un producto a menor escala los presenta con menor detalle. Así, los productos a menor escala cubren una parte mayor del territorio, mientras que los productos a gran escala, cubren una porción menor del terreno.

Escala de vuelo: Es la Relación numérica que existe entre la altura vertical de la cámara fotogramétrica sobre el terreno y la distancia focal de la misma, por lo cual se clasifica la escala de los vuelos en altos, medios y bajos.

Escala de la fotografía: Relación numérica que existe entre la realidad y lo fotografiado, medido directamente en el negativo o en fotos de contacto.

Escáner fotogramétrico: Escáner especialmente concebido para la digitalización de negativos de fotografía aérea de 23 x 23 cm. Para asegurar la calidad de la digitalización, está dotado de alta resolución espacial y una gran estabilidad y precisión geométrica y radiométrica. A su vez esta equipado para manipular rollos de película mediante un mecanismo de rebobinado.

Espectro electromagnético: es el conjunto de todas las longitudes de onda de la radiación electromagnética.

Estereoscopía: Técnica que permite la visión en 3D, aprovechando la visión binocular.

Estereoscopio: Aparato óptico en el que mirando con ambos ojos, se ven dos imágenes de un objeto que al fundirse en una, producen una sensación de relieve por estar tomadas con un ángulo diferente para cada ojo.

Exactitud: Grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero. (Norma Técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional, INEGI)

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. (Norma Técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional, INEGI)

Exactitud de Posicionamiento Vertical: Exactitud referida a la posición vertical o altura de un determinado punto o conjunto de puntos en términos de su distancia a un cierto plano o nivel de referencia. (Norma Técnica NTG002_2005: Estándares de Exactitud Posicional, INEGI)

E

Factor-C: Este factor se utiliza en la fase de planeación para determinar una altura de vuelo que permita obtener un mapa con la exactitud posicional vertical requerida según la distancia deseada entre curvas de nivel. $\text{Factor-C} = \text{Altura de vuelo promedio sobre del terreno} / \text{Intervalo entre curvas de nivel}$.

Factor de ampliación (enlargement ratio): En el contexto analógico corresponde al número de veces que se amplía una fotografía de cierta escala a efecto de llegar a un mapa de una escala mayor. En un sentido más amplio, este factor se utiliza en la fase de planeación para determinar una altura de vuelo que permita obtener un mapa u ortofoto con la exactitud posicional horizontal que su escala requiere.

Fijado: Acción y efecto de tornar permanente por reacción química una fotografía o un dibujo. Logra que la imagen fotográfica impresionada en una emulsión fotosensible quede inalterable a la acción de la luz.

Filtro: Dispositivo óptico que se coloca delante del objetivo de una cámara con el propósito de modificar de alguna manera los rayos luminosos que inciden.

Filtro antiviejado: Filtro óptico que evita la desigual exposición del centro del fotograma con respecto a sus márgenes.

Foto: Abreviatura familiar de fotografía; Imagen obtenida fotográficamente.

Foto de contacto: Fotografía impresionada estando el papel fotosensible en contacto directo con la película original del vuelo fotogramétrico, con el fin de conservar al máximo la escala y definición de la imagen original.

Fotografía: Arte de fijar y reproducir por medio de reacciones químicas, en superficies convenientemente preparadas, las imágenes recogidas en el fondo de una cámara oscura.

Fotografía aérea: Instantánea de la superficie terrestre tomada verticalmente o con un ángulo determinado, desde un avión, globo o planeador.

Fotografía aérea oblicua: Aquella en que la dirección del eje óptico no es vertical. Para fines de reconocimiento militar o de publicidad comercial.

Fotografía aérea vertical: Aquella en que la dirección del eje óptico es vertical o muy aproximado a la vertical, Para fines fotogramétricos.

Fotograma: Imagen captada por una cámara métrica, se les llama comúnmente fotografías o fotos, pero pueden ser también imágenes en formato digital.

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 pero extraída de la Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

Fotogrametría analítica: Se diferencia de la Fotogrametría analógica en que el modelo espacial se reconstruye mediante programas informáticos que simulan dicha geometría.

Fotogrametría analógica: Determinación precisa de un objeto en el espacio, a partir de la utilización de fotografías aéreas formando modelos estereoscópicos, reconstruyendo el modelo espacial con sistemas ópticos y mecánicos.

Fotogrametría digital: Que aprovecha como datos de entrada fotografías aéreas previamente transformadas a formato digital o directamente captadas en digital, reconstruyendo el modelo espacial de forma numérica y digital

Fotoíndice: Imagen que combina las fotografías de un vuelo fotogramétrico incluyendo sus márgenes, con el objeto de permitir la ubicación de puntos de interés en las imágenes individuales, también permite observar el cubrimiento del vuelo.

Fotointerpretación: Procedimiento que consiste en identificar los rasgos que aparecen en la fotografía e interpretar su significado, con apoyo en la visión estereoscópica (3D).

Fotomapa: Mapa realizado mediante la adición de información marginal, datos descriptivos y un sistema de referencia a una fotografía o conjunto de fotografías.

Fotomosaico: Imagen rectificadas que combina las fotografías de un vuelo fotogramétrico, de manera que simula ser una sola foto de la totalidad del área.

G

Geodesia: Es la disciplina que se ocupa de la medición y representación de la tierra, incluyendo su campo de gravedad, en un espacio tridimensional que varía en el tiempo. (Vanícek and Krakiwsky, 1986, Geodesy: the concepts, 2nd edition. North Holland, Amsterdam)

GPS (Global Positioning System): Sistema de Posicionamiento Global. Es un sistema pasivo diseñado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos con el propósito de obtener la posición tridimensional y la velocidad en tiempo real a través de señales emitidas por satélites.

GPS aerotransportado: Se refiere al uso de la técnica de posicionamiento satelital para proporcionar las coordenadas del centro de cada fotograma. Esta técnica permite reducir la cantidad de puntos de control convencionales.

H

I

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 píxeles, estructurado en renglones y columnas a los que se les asigna un valor, lo anterior corresponde a una estructura ráster. (Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

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 terreno. Puede ser color natural (RGB), infrarrojo, color. (Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

Impresionar: Exponer una superficie convenientemente preparada (fotoquímica o digitalmente) a la acción de vibraciones luminosas, de manera que queden fijadas en ella y puedan ser reproducidas.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Información Geográfica: Conjunto de datos, símbolos y representaciones organizados para conocer las condiciones ambientales y físicas del territorio, la integración de este en infraestructura, los recursos naturales y la zona económica exclusiva. (Norma técnica NTG001-2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Intervalo: Espacio o distancia que hay de un tiempo a otro o de un lugar a otro; Espacio o distancia entre tomas fotográficas de una línea de vuelo.

Intervalo entre curvas de nivel: Diferencia de altura entre dos curvas de nivel adyacentes.

Intervalómetro: Dispositivo electromecánico que permite realizar disparos automáticos y uniformes de la cámara métrica, programable según las características del vuelo.

IITEJ: Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco

J

K

L

Latitud geodésica: El ángulo entre la normal al elipsoide que pasa por el punto en cuestión y el Ecuador. (Norma técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Línea de quiebre: Línea que indica cambios abruptos en la elevación del terreno.

Longitud geodésica: Definida por el ángulo diedro formado por el plano del meridiano de Greenwich y el plano del meridiano que contiene al punto. (Norma técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

M

Magazín: Término utilizado para nombrar la parte desprendible de la cámara en la que se coloca el rollo de película a impresionar.

Mapa (geográfico): Representación abstracta, plana y a escala de la superficie de la tierra o parte de ella.

Marcas fiduciales: Señales claramente visibles grabadas en la cámara métrica, las cuales pasan directamente al negativo original de vuelo y de ahí por contacto directo durante la exposición, a las fotos de contacto y a las diapositivas o bien a las imágenes mediante el escaneo. La intersección de estas marcas permite encontrar el centro fiducial a partir del cual es posible encontrar el Punto Principal de Autocolimación y el Punto Principal de Simetría. La distancia del centro fiducial al Punto Principal de Autocolimación y la distancia de las marcas fiduciales al Punto Principal de Autocolimación se determinan durante la calibración.

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. (Norma técnica NTG005-2005 Modelos Digitales de Elevación, INEGI)

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. (Norma técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Método fotogramétrico: Método de producción de datos geográficos mediante la fotogrametría (ver definición de fotogrametría)

Método de mínimos cuadrados: Método de cálculo ideado por Gauss que consiste en imponer la condición de mínimo a la suma de los cuadrados de las diferencias de una medición sin sesgo.

Micra: Millonésima parte de un metro.

Modelo estereoscópico: Modelo en 3 dimensiones que puede utilizarse para generar cartografía digital ortogonal. El modelo se genera en la zona de traslape de dos fotografías aéreas consecutivas y mediante una estación de restitución se posibilita la

visión binocular. A través de los parámetros de orientación es posible pasar de imágenes con un proyección perspectiva central a el modelo tridimensional.

N

Nadir: Es la línea ortogonal al geode con sentido opuesto al de la fuerza de gravedad.

N: Símbolo universalmente aceptado que designa el Norte.

Ñ

O

Obturador: Dispositivo electromecánico o sólo mecánico, que realiza la apertura y cierre del lente de la cámara permitiendo la incidencia de la luz en la emulsión fotosensible de la película durante el tiempo necesario para su exposición.

Ondulación del geode (N): Diferencia entre la altura geoidal y la altura elipsoidal.

Orientación: Permite generar un modelo 3D a partir de imágenes con proyección perspectiva central.

Orientación interior: A partir del haz de los rayos definidos por el plano de la imagen y el centro de perspectiva del conjunto óptico, reconstituye el rayo incidente a la cámara al momento de la toma de las fotografías. Los parámetros de orientación interior se obtienen del proceso de calibración de la cámara.

Orientación relativa: Involucra la reconstrucción en el restituidor o software de restitución digital, de la relación angular relativa existente entre las orientaciones espaciales de la cámara al momento de la captación de fotografías sucesivas. Esto es un proceso iterativo que debe resultar en un modelo estereoscópico fácil de observar en todas sus partes tras eliminar el paralaje en Y (la separación de ambas imágenes que impide que se fusionen en un modelo estereoscópico). Al completar este paso, resulta posible la medición de coordenadas 3D para cualquier punto del modelo con respecto a un sistema de referencia arbitrario, por lo que el modelo resultante no se encuentra aún en la escala deseada ni correctamente nivelado (por ejemplo, las superficies de los cuerpos de agua se encontrarán inclinados).

Orientación absoluta: Utiliza las coordenadas conocidas en el terreno para puntos que se puedan identificar en el modelo estereoscópico, con el fin de escalar y nivelar el modelo. Una vez que se ha completado este paso, podrán medirse y/o graficarse en un mapa cualquiera de las coordenadas de terreno "X", "Y" y "Z".

Ortofoto Digital: Es una imagen de una fotografía aérea, en la cual han sido removidos 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. (Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

P

Paralaje: Es el cambio aparente en la posición de los objetos ocasionado por un cambio en la posición del observador.

Parámetro: Variable matemática que, en una familia de elementos sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico. Variable independiente que determina los valores de las coordenadas de los puntos de una línea o superficie.

Película: Emulsión¹⁷ colocada sobre una base de poliéster transparente. Dicha emulsión contiene cristales de sales de plata fotosensibles suspendidos en un gel transparente. Dentro de las películas fotogramétricas existen la pancromática, color e infrarrojo, las cuales tienen un ancho de 24 centímetros por longitud variable, acomodando un formato de 23 por 23 centímetros aprovechable por cada fotograma.

Píxel (Picture element): Unidad mínima espacial que almacena información en una imagen de teledetección. En el caso de un sensor de teledetección se registra la radiación incidente del área del campo de visión instantánea (IFOV).

Plano: Representación gráfica a escala de una pequeña parte de la superficie terrestre de objetos existentes o abstractos, y que puede ser tan detallado como sea necesario.

Planimetría: Proyección de los rasgos del terreno sobre un plano horizontal.

Posicionamiento: Acción por la cual se determinan las coordenadas de un punto con respecto a un sistema de referencia.

Precisión: Medida de la uniformidad o reproducibilidad de una medición u observación (dispersión de los resultados). Únicamente toma en cuenta la componente aleatoria de los errores dejando de lado los sistemáticos y groseros (no toma en cuenta el valor real).

Proceso: Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

Producto: Cosa producida; resultado; mercancía con valor agregado.

Proyección UTM: (Universal Transversa de Mercator) Sistema de representación de la superficie de la Tierra sobre un plano basado en una superficie cilíndrica que es secante y en una dirección perpendicular al eje de rotación terrestre. Divide a la tierra en 60 zonas de 6 grados de ancho cada una. (Norma técnica NTG008 - 2005 División y Nomenclatura de los Conjuntos de Datos Espaciales por Escala, INEGI)

¹⁷ En la práctica se habla de una emulsión fotosensible, lo cual no es completamente correcto ya que la emulsión es un líquido suspendido en otro.

Puntos de apoyo/control fotogramétrico: Puntos visibles en las fotografías que sirven de base para realizar la orientación absoluta durante la restitución fotogramétrica.

Punto de control horizontal: Punto con la exactitud suficiente en sus coordenadas “X” y “Y” para servir como apoyo/control en la propagación de coordenadas.

Punto de control vertical: Punto con la exactitud suficiente en su coordenada “Z” para servir como apoyo/control en la propagación de coordenadas.

Puntos de paso: Son puntos identificables en imágenes sucesivas, cuyas coordenadas se obtienen al realizar el proceso de aerotriangulación (sin necesidad de levantarlos directamente en campo).

Punto Principal de Autocolimación: La intersección entre el eje óptico de la cámara y el plano de la imagen

Punto Principal de Simetría: Punto de mejor simetría de las distorsiones del objetivo.

Q

R

Rectificación: Procedimiento para remover los efectos de la proyección perspectiva en las imágenes. En efecto, los objetos presentes en las imágenes con proyección perspectiva se encuentran desplazados de sus posiciones verdaderas debido al relieve del terreno y la desviación de la vertical del sensor o cámara.

Rectificación simple (polinomial): Procedimiento de un solo paso en el cual rectifica una imagen de mediante varios puntos de control utilizando la técnica de mínimos cuadrados para obtener los parámetros de una transformación polinomial. Se utiliza principalmente para remover el efecto de la desviación del sensor con respecto a la vertical al momento de la toma de una fotografía o captación de una imagen. Su uso en fotogrametría debe restringirse a terrenos relativamente planos.

Rectificación diferencial (ortorectificación): Procedimiento escalonado que utiliza un MDE, los parámetros de orientación interior de la cámara y de orientación exterior de la imagen para producir una ortofoto. Se utiliza principalmente para remover los efectos ocasionados por el relieve y la desviación del sensor con respecto a la vertical al momento de la toma de una fotografía o captación de una imagen. A diferencia de la rectificación simple, la rectificación diferencial considera el modelo geométrico de la toma (ecuación de colinealidad).

Red Geodésica Nacional: Conjunto de puntos situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante monumentos o marcas físicas, sobre los cuales se hayan hecho medidas directas y de apoyo de parámetros físicos, que permiten su interconexión y la determinación conjunta o por separado de su

Posición Geodésica, Altura o del campo de gravedad asociado, con relación a los sistemas de referencia considerados. (Norma técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Refracción atmosférica: Cambio en la dirección de un rayo luminoso ocasionado por su cruce por la atmósfera. En efecto el rayo luminoso desvía su dirección al cruzar por capas de la atmósfera con diferente densidad. La refracción atmosférica introduce un cambio en la posición de un punto en la imagen con respecto a su ubicación real en el territorio.

Remuestreo: Interpolación de los valores de los píxeles de una imagen basado en los valores de los píxeles vecinos para obtener una nueva imagen, generalmente de menor tamaño. (Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

Representación raster: Es la manera de representar a los Objetos Espaciales mediante arreglos bidimensionales regulares de valor (matriz de datos) de algún tema. (Norma técnica NTG016 - 2006 Modelo de Datos, INEGI)

Representación vectorial: Es la manera de representar a los Objetos Espaciales utilizando vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico. (Norma técnica NTG016 - 2006 Modelo de Datos, INEGI)

Resolución (del conjunto óptico): Medida de la nitidez con la que la lente de una cámara puede captar los elementos de la realidad, se mide en líneas por milímetro. (Norma Técnica NTG003 - 2004 Levantamientos Aerofotográficos, INEGI)

Resolución Geométrica o Espacial: Para datos con estructura raster se refiere al tamaño físico de la unidad mínima de información o pixel. (Norma técnica NTG014 - 2006 Ortofotos Digitales, INEGI)

Resolución promedio ponderada por área (del conjunto óptico): Estimación de la resolución a través de patrones sinusoidales de frecuencias (pares de líneas por mm) variables, dispuestos radial y tangencialmente en varias zonas anulares concéntricas al Punto Principal de Autocolimación. La resolución se obtiene mediante el promedio de las estimaciones ponderado por las áreas de los anillos a los que pertenecen.

Restitución fotogramétrica: Procedimiento para generar un modelo 3D del terreno a partir de un par estereoscópico, con el propósito digitalizar los objetos geográficos y las características del relieve (curvas de nivel o modelo digital de elevación).

Revelar: Hacer visible la imagen impresa en la placa o película fotográfica.

Revisar: Someter una cosa a nuevo examen para corregirla, enmendarla o repararla.

RMSE (Root Mean Square Error) : Error medio cuadrático

S

Sistema de coordenadas: Conjunto de reglas matemáticas, para especificar cómo deben definirse las Coordenadas de puntos. (Norma técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Sistema de Posicionamiento Global: Ver GPS.

Supervisar: Ejercer la inspección superior en trabajos realizados por otros.

I

TIN: Red de triángulos irregulares.

U

UTM: Ver proyección UTM.

V

Verificar: Comprobar o examinar la verdad de una cosa. Probar que una cosa de la que se dudaba es verdadera.

Vertical: Línea perpendicular al geoide en cualquier punto. Es la dirección de la gravedad en ese punto.

Vértice geodésico: Cualquier ubicación para la cual se han determinado o se determinarán sus Coordenadas. (Norma técnica NTG001_2005 Sistema Geodésico Nacional, INEGI)

Vuelo: Acción de volar; Trayecto que recorre un avión haciendo o no escalas, entre el punto de origen y el de destino.

Vuelo fotogramétrico: Vuelo efectuado para la toma de fotografía aérea con el fin de producir cartografía por medio de la fotogrametría, o para la interpretación de la imagen de una parte del territorio.

W

W: Símbolo universalmente aceptado que designa el Oeste.

X, Y, Z

INTEGRANTES DEL CONSEJO CONSULTIVO QUE PARTICIPO EN EL ESTUDIO Y
ANÁLISIS DE LA PRESENTE NORMA

El C. Presidente del Consejo Consultivo
ARQ. ALFONSO GONZÁLEZ VELASCO
Director General de Instituto de Información Territorial

ING. VALDEMAR HINOJOSA CHAVOLLA
Secretario Ejecutivo Técnico del Instituto de Información Territorial

LIC. MÓNICA MUÑOZ BASULTO
Coordinador Jurídico del Instituto de Información Territorial

MAESTRA. MARGARITA ANAYA CORONA
Jefa del Laboratorio de Nuevas Tecnologías
Universidad De Guadalajara

GEOG. LIC. EUGENIA DEL CARMEN NIEVES RAMÍREZ
Gerente de Proyectos Geomática y Profesor de Ingeniería
Universidad Autónoma De Guadalajara

ING. FRANCISCO DE LA MORA GÁLVEZ
Profesor de Ingeniería Civil
Universidad Panamericana

ING. CARLOS AGUIRRE PACZKA
Jefe de Departamento de Hábitat y Desarrollo Urbano
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

DR. CONSTANTINO ÁLVAREZ FUSTER
Rector
Universidad Tecnológica de México

INTEGRANTES DEL CONSEJO TÉCNICO QUE PARTICIPO EN EL ESTUDIO Y
ANÁLISIS DE LA PRESENTE NORMA

El C. Presidente del Consejo Técnico
ARQ. ALFONSO GONZÁLEZ VELASCO
Director General de Instituto de Información Territorial

ING. VALDEMAR HINOJOSA CHAVOLLA
Secretario Ejecutivo Técnico del Instituto de Información Territorial

ING. GABRIELA OCHOA COVARRUBIAS
Directora de Geomática del Instituto de Información Territorial

LIC. MÓNICA MUÑOZ BASULTO
Coordinador Jurídico del Instituto de Información Territorial

ARQ. HÉCTOR PÉREZ CAMARENA
Director General de Planeación y Urbanización
Secretaría de Desarrollo Urbano

ING. JESÚS OLVERA RAMÍREZ
Director de Infraestructura de Datos Espaciales
INEGI

GEOG. SAÚL GARCÍA MORA
Director Regional De Geografía
INEGI

GEOG. FERNANDO ISMAEL TORRES OCHOA
Director de Proyectos
GEOMAPA, S.A. DE C.V.

ING. ÁLVARO ORENDAIN ORENDAIN
Director General
Prometric De Occidente, S.A. De C.V.

ING. HENRY AUDIRAC LASS
Director General
CARTODATA, S.A DE C.V.

ING. GENARO RAMÍREZ ZEPEDA
Director General
Merrick Advaced Photogrammetry
Of The Americas, S. de R.L. de C.V.