



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE LA EXACTITUD POSICIONAL EN CARTOGRAFÍA Y ORTOFOTO

VERSIÓN 1.

2020

**GESTIÓN CARTOGRÁFICA
GESTIÓN DE NORMALIZACIÓN**





Contenido

INTRODUCCION	4
1.1 Alcance y Aplicabilidad	5
1.2 Limitaciones:	5
1.3 Estructura y Formato.....	6
1.4 Términos y definiciones	6
1.5 Símbolos, términos abreviados y anotaciones.....	9
1.6 REQUISITOS ESPECÍFICOS	10
1.7 Evaluación estadística de las precisiones horizontales y verticales.....	11
2.1 Datum Horizontal	11
2.2 Datum Vertical	11
2.3 Proyección Cartográfica	12
2.4 Exactitud posicional de los productos cartográficos.....	12
2.4.1 Planimetría.	12
2.4.2 Altimetría.....	12
2.5 Formatos, estándares.....	12
2.5.1 Fotografía aérea	12
2.5.2 Cartografía.....	14
2.5.3 Modelos digitales	14
2.5.4 Ortofotos	14
2.5.5 Nube de puntos con clasificación básica.....	14
2.6 Planteamiento metodológico.....	14
2.6.1 Red Geodésica y puntos de apoyo	14
2.7 Toma de fotografía y datos LIDAR.....	17
2.7.1 Diseño y Aprobación del Plan de vuelo	17
2.7.2 Pre Vuelo	18
2.7.3 Vuelo, toma de fotografía y datos LIDAR	18
2.7.4 Post Vuelo	21
2.7.5 Procesamiento post vuelo.....	21
2.7.6 Evaluación de la Fotografía	21
2.7.7 Evaluación de la nube de puntos	21
2.8 Procesamiento Fotografía aérea	22
2.8.1 Descarga y Procesamiento de imágenes.....	22



2.8.2 Ajuste de trayectorias y obtención de centros de exposición	22
2.9 Procesamiento UAV	22
2.10. Procesamiento LIDAR.....	23
2.10.1 Ajuste de trayectorias y obtención de nubes de puntos	23
2.10.2 Clasificación de puntos.....	23
2.11 fotogrametría	24
2.11.1 Aero triangulación	24
2.11.2 Determinación de los puntos de enlace.....	24
2.11.3 Medición de los puntos de apoyo.	24
2.11.4 Cálculo y ajuste del bloque.....	25
2.11.5 Resultados finales.....	25
2.12 Obtención de modelos digitales de superficie	25
2.13 Obtención de modelos digitales del terreno	26
2.14 Ortofotos	26
3.1. Vuelo Fotogramétrico	26
3.2. Condiciones generales	28
3.2.1. Gráfico de líneas de vuelo	29
3.2.2. Líneas de Vuelo	29
3.3. Cobertura	30
3.3.1. Traslapo o recubrimiento longitudinal.....	30
3.3.2. Traslapo o recubrimiento lateral.....	30
3.4. Determinación de la Escala de Vuelo	31
3.5. Vuelo fotogramétrico con cámara digital métrica	31
3.5.1. Condiciones de Vuelo y Recubrimiento Fotográfico	31
3.5.2. Avión y equipo.....	31
3.5.3. Misión fotogramétrica.....	33
3.6. Cámaras fotogramétricas digitales.....	35
3.6.1. Cámara y equipo asociado	35
3.7. Productos derivados.....	36
3.7.1. Ficheros digitales del vuelo	36
3.7.2. Memoria del vuelo	37
3.7.3. Planeamiento y Gráficos de Vuelo	37
3.7.4. Ficheros GPS e IMU del vuelo	37
3.7.5. Base de datos del vuelo.....	38
3.7.6. Imágenes digitales.....	38
4.1. Preparación del Proyecto	39



4.2. Distribución de puntos de Control para Aerotriangulación	40
4.3. Condiciones Generales de la Red	40
4.4. Establecimiento de Redes Geodésicas Locales	41
4.5. Obtención de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico	41
4.6. Cálculo	41
4.7. Reconocimiento y Fotoidentificación.....	41
4.8. Precisiones	42
5.1. Orientación interior de la imagen digital.	43
5.2. Orientación exterior de la imagen digital.....	43
5.3. Cálculo y ajuste del bloque	43
5.4. Memoria de ejecución del Proceso.....	44
6.1 Información a Restituir.....	45
6.2. Codificación y estructura.....	45
6.3. Estructura de la Información Geoespacial	46
6.4 Precisiones finales en la Planimetría y Altimetría.	46
7.1. Clasificación de Campo.....	47
7.1.1. Caminos y afines.....	48
7.1.2. Edificios	48
7.1.3 Accidentes culturales misceláneos.....	49
7.1.4. Accidentes hidrográficos	49
7.1.5. Vegetación.....	50
8.1. Compilación cartográfica	51
8.2. Identificación, verificación y Clasificación de la restitución.....	51
8.3. Edición y limpieza topológica	51
8.4. Determinación del formato del plano y distribución de las hojas en función al sistema de codificación	52
8.4.1. Diseño.....	52
8.4.2. Generación de cuadrícula.....	52
8.4.3. Información marginal	52
8.5. Rotulación de toponimia	55
8.6. Textos	55
8.7. Conformación de la Cartografía Base Digital	56
8.8. Memoria de ejecución del Proceso.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57



INTRODUCCION

El Instituto Geográfico Militar para estar a la vanguardia de las instituciones que generan cartografía ha creído conveniente el brindar a la ciudadanía en general especificaciones básicas en lo que se refiere a obtener una exactitud posicional acorde a los avances tecnológicos y cambios metodológicos que se han dado en el proceso de obtención de la cartografía. Lo que es más importante, la evolución de mapas análogos a mapas digitales, hasta la información geográfica, en forma de conjunto de datos geográficos que sean administrados dentro de un SIG o integrados en una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

De acuerdo a la Ley de la Cartografía Nacional, se estipula que el Instituto Geográfico Militar en cumplimiento de la ley que lo faculta como generador de cartografía a nivel Nacional siguiendo las especificaciones y normativas de entidades generadoras sea a nivel nacional como internacional, con el fin de homogenizar la información Cartográfica contenida en la producción a grandes escalas desarrolla las presentes especificaciones, para obtener como resultado una exactitud posicional en los subproductos y en la cartografía a escala 1:1 000. Este documento contiene los lineamientos básicos para estandarizar procedimientos y parámetros cartográficos usados por todas las entidades públicas y privadas que producen o emplean información geoespacial. En él se encontrará en primer término, el objeto; a continuación, el campo de aplicación de estas especificaciones, la vinculación con normas y especificaciones nacionales e internacionales. En la generación de este documento se ha tenido en cuenta pliegos de normas, especificaciones técnicas, diccionarios y demás textos descriptivos de las bases cartográficas de diversas Instituciones generadoras de cartografía, utilizando como material de referencia: normas, borradores o documentos de trabajo, cuya estructura y contenido de este documento se basa en la norma ISO19131 "Geographic information- Data product specifications".

Por la dificultad de implementación del estándar ISO debido a su gran tamaño, en algunos casos lo que se ha hecho es una aplicación simplificada de su núcleo principal.

1. ESTÁNDARES DE PRECISIÓN DE POSICIÓN ASPRS PARA DATOS GEOESPACIALES DIGITALES

Esta norma incluye estándares de precisión posicionales para ortoimágenes digitales, datos planimétricos digitales, datos altimétricos digitales y datos de elevación digital. Las clases de precisión basadas en los valores RMSE han sido revisadas y actualizadas a partir de la norma de 1990 para abordar las mayores exactitudes alcanzables con las nuevas tecnologías. La norma también incluye medidas adicionales de precisión, tales como líneas de costura de ortoimagen, precisión de triangulaciones aéreas, precisión relativa de la hilera del lidar, mínima recomendada Densidad de pulso nominal (NPD), precisión horizontal de datos de elevación, delineación de áreas de confianza baja para datos verticales, Y el número requerido y la distribución espacial de los puntos de control basados en el área del proyecto.



1.1 Alcance y Aplicabilidad

Estas especificaciones basadas en la norma abordan la precisión de la geolocalización de los productos geospaciales y no pretende cubrir la precisión de la clasificación de los mapas temáticos. Además, es necesario recalcar que estas especificaciones no pretenden determinar las mejores prácticas de las metodologías necesarias para cumplir con los umbrales de precisión aquí establecidos. Se exponen los requisitos específicos para las metodologías de prueba, así como algunos de los pasos elementales clave que son críticos para el desarrollo de los datos, si son para cumplir con estos estándares. Sin embargo, es responsabilidad del proveedor de datos establecer todos los parámetros finales de diseño del proyecto, pasos de implementación y procedimientos de control de calidad necesarios para asegurar que los datos cumplan con los requisitos de precisión final.

Estas especificaciones están orientadas a que sean utilizadas por los proveedores de datos geospaciales y los usuarios para garantizar los requerimientos de precisión posicional para los productos geospaciales finales.

1.2 Limitaciones:

Estas especificaciones al igual que la norma tienen un alcance limitado para abordar los umbrales de precisión y las metodologías de ensayo para las aplicaciones de cartografía más comunes y para satisfacer las deficiencias inmediatas de las normas anticuadas de 1990 y 2004 aplicadas anteriormente. Si bien la norma tiene la intención de ser la tecnología independiente y de base amplia, existen varias necesidades específicas de evaluación de la exactitud que se identificaron, pero no se abordan al momento, incluyendo:

- 1) Metodologías para la evaluación de la exactitud de las características lineales (en oposición a los puntos bien definidos);
- 2) Modelado riguroso de la incertidumbre propagada total (TPU) (en oposición a comprobación en tierra contra fuentes independientes de datos);
- 3) Estadísticas sólidas para los conjuntos de datos que no cumplen los criterios para los datos distribuidos normalmente y por lo tanto no pueden ser rigurosamente evaluados usando los métodos estadísticos especificados aquí;
- 4) Factores de calidad de imagen, tales como definición de borde y otras características;
- 5) Evaluación robusta de la distribución y densidad de puntos de control;
- 6) Alternar las metodologías con la interpolación TIN para la evaluación de la exactitud vertical.

Estas especificaciones, están destinadas a ser el componente inicial en el que se puede construir el trabajo futuro. Deben seguirse estándares suplementarios o módulos complementarios por parte de los expertos de la materia en estos campos a medida que sean desarrollados y aprobados por organismos nacionales o internacionales.



1.3 Estructura y Formato

Las especificaciones están estructuradas de la siguiente manera: Los términos y definiciones principales, referencias y requerimientos se indican dentro del cuerpo principal del documento, sin explicación o justificación extensa. Las directrices detalladas de apoyo se adjuntan como Anexos.

1.4 Términos y definiciones

Altimetría. - La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre diferentes puntos del terreno. Las cuales representan las distancias verticales, medidas a partir de un plano horizontal de referencia.

Altitud. - Es la distancia vertical de un punto cuando el plano de referencia es el nivel medio del mar.

Altura. - Es la distancia vertical medida entre dos planos de referencia horizontal cualquiera.

Elevación. - Es la distancia vertical medida desde el nivel medio del mar hasta el punto ubicado en la superficie terrestre.

Superficie de Referencia: Es la superficie de nivel a la cual se refieren las elevaciones (por ejemplo, el nivel medio del mar) se le llama a veces plano-dato o plano de comparación, aunque realmente no sea un plano.

6

Nombres Geográficos.- Son los nombres propios con los que se designan a las entidades geográficas (rasgos naturales y culturales del relieve terrestre), según el idioma, la lengua o dialecto de la cultura a la que corresponde¹

Simbología. - Es la representación sensorial en forma gráfica de una idea que guarda un vínculo convencional y arbitrario con su objeto. En la cartografía, los rasgos físicos y culturales del terreno que no se puedan representar a escala se los representa con simbología convencional.

Precisión absoluta. - Una medida que explica todos los errores sistemáticos y aleatorios en el conjunto de datos.

Exactitud. - El cierre de un valor estimado (por ejemplo, medido o calculado) a un valor estándar o aceptado (verdadero) de una cantidad determinada. No debe confundirse con precisión.

Bias (Sesgo). - Un error sistemático inherente a las mediciones debido a alguna deficiencia en el proceso de medición o el proceso subsiguiente.

¹ NORMA TECNICA- Especificaciones técnica para producción de cartografía básica a escala 1:1 000-IGN-Perú-2011



Blunder.-Un error resultante de descuido o negligencia.

Nivel de confianza.- El porcentaje de puntos dentro de un conjunto de datos que se estima que cumplen la precisión declarada; por ejemplo, la precisión informada en el 95% de las posiciones en el conjunto de datos tendrá un error con respecto a la posición de tierra verdadera que son iguales o menores que el valor de precisión informado.

Precisión vertical fundamental (FVA). - Reemplazado por el termino exactitud vertical sin vegetación (NVA), en esta norma, FVA es el término utilizado por la orientación del NDEP para la exactitud vertical al nivel de confianza del 95% en terreno abierto sólo donde los errores pueden aproximarse a una distribución normal de errores.

Distancia de muestra en tierra (GSD). - Dimensiones lineales de la huella de un pixel de muestra en el suelo. En este documento GSD se utiliza cuando se hace referencia a la colección GSD de la imagen en bruto, asumiendo imágenes casi verticales.

Precisión horizontal. - La componente horizontal (radial) de la precisión posicional de un conjunto de datos con respecto a un dato horizontal, a un nivel de confianza especificado.

Unidad de medición inercial (IMU). - El componente primario de un INS. Mide 3 componentes de aceleración y 3 componentes de rotación utilizando tríadas ortogonales de acelerómetros y giroscopios.

Sistema de navegación inercial (INS). - Sistema de navegación autónomo, compuesto por varios subsistemas. IMU, computadora de navegación, fuente de alimentación, interfaz, etc. Utiliza aceleraciones y rotaciones medidas para estimar la velocidad, la posición y la orientación. Un INS sin ayuda pierde precisión con el tiempo, debido a la deriva giroscópica.

Curtosis. - La medida relativa "pico" o la plenitud de una distribución en comparación con un conjunto de datos normalmente distribuidos. La curtosis positiva indica una distribución relativamente elevada cerca de la media, mientras que la curtosis negativa indica una distribución plana cerca de la media.

Exactitud local. - La incertidumbre en las coordenadas de puntos con respecto a coordenadas de otros puntos adyacentes conectados directamente al nivel de confianza del 95% (90% considerada por IGM, de acuerdo a protocolos).

Error medio. - El error de posición promedio en un conjunto de valores para una dimensión (x, y, o z); Obtenido por la adición de todos los errores en una sola dimensión juntos y luego dividir por el número total de errores para esa dimensión



Precisión de la red .- La incertidumbre en las coordenadas de los puntos mapeados con respecto al datum geodésico en el nivel de confianza del 95% (90% considerado por IGM, de acuerdo a protocolos).

Precisión vertical sin vegetación (NVA). - La precisión vertical al nivel de confianza del 95% (90% en lo que respecta a IGM) en un terreno abierto sin vegetación, donde los errores deben aproximarse a una distribución normal.

Percentil. - Medida utilizada en las estadísticas que indican el valor por debajo del cual caen un determinado porcentaje de observaciones en un grupo de observaciones. Por ejemplo, el percentil 95 es el valor (o puntuación) por debajo del cual se puede encontrar el 95 por ciento de las observaciones (el percentil 90 según IGM). Para las pruebas de exactitud, los cálculos de percentil se basan en los valores absolutos de los errores, ya que es la magnitud de los errores, no el signo que es motivo de preocupación.

Resolución de píxeles o tamaño de píxeles. - Tal como se utiliza en este documento, el tamaño de píxel es el tamaño en tierra del píxel en una ortoimagen digital, después de todas las rectificaciones y procedimientos de remuestreo.

Error posicional. -La diferencia entre los valores de coordenadas del conjunto de datos y los valores de coordenadas de una fuente independiente de mayor precisión para puntos idénticos.

Precisión posicional. - La precisión de la posición de las características, incluidas las posiciones horizontal y vertical, con respecto a los puntos de referencia horizontales y verticales.

Precisión (respetabilidad). - La importancia con que las mediciones están de acuerdo entre sí, aunque todas ellas pueden contener un sesgo sistemático.

Precisión relativa. - Una medida de la variación en la precisión de punto a punto en un conjunto de datos.

Resolución. - La unidad más pequeña que un sensor puede detectar o la unidad más pequeña que representa una ortoimagen. El grado de finura al que puede realizarse una medición.

Error cuadrático medio (RMSE). - La raíz cuadrada del promedio del conjunto de cuadrados de las diferencias entre los datos establece los valores de coordenadas y los valores de coordenadas de una fuente independiente de mayor precisión para puntos idénticos.

Sesgar (Skew). - Una medida de simetría o asimetría dentro de un conjunto de datos. Los datos simétricos tendrán asimetría hacia cero.



Desviación estándar. - Una medida de dispersión o dispersión de una muestra de errores alrededor del error medio de la muestra. Es una medida de precisión, en lugar de precisión; La desviación estándar no tiene en cuenta errores sistemáticos no corregidos.

Precisión vertical suplementaria (SVA). - Combinado en la precisión vertical de vegetación (VVA) en esta norma, SVA es el término de las directrices NDEP para reportar la precisión vertical en el percentil 95 en cada categoría de cobertura de tierra separada donde los errores verticales pueden no seguir una distribución normal de errores.

Error sistemático. - Un error cuyo signo algebraico y, en cierta medida, magnitud, tiene una relación fija con alguna condición o conjunto de condiciones. Los errores sistemáticos siguen algunos patrones fijos y son introducidos por procedimientos de recopilación de datos, procesamiento o dato dado.

Incertidumbre (de medida). - Un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores medidos, o el rango en el que el valor "verdadero" es más probable. También puede definirse como una estimación de los límites del error en una medición (donde "error" se define como la diferencia entre el valor "verdadero" teóricamente-incognoscible de un parámetro y su valor medido). La incertidumbre estándar se refiere a la incertidumbre expresada como una desviación estándar.

Precisión vertical de vegetación (VVA). - Una estimación de la exactitud vertical, basada en el percentil 95 (90 en el IGM), en terreno con vegetación donde los errores no se aproximan necesariamente a una distribución normal.

9

Precisión vertical. - La medida de la precisión de posición de un conjunto de datos con respecto a un dato vertical especificado, a un nivel de confianza o percentil especificado.

1.5 Símbolos, términos abreviados y anotaciones

ACCr la exactitud horizontal (radial) al nivel de confianza del 95% (90% IGM)

ACCz la exactitud lineal vertical al nivel de confianza del 95% (90% IGM)

ASPRS Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos

CVA Exactitud vertical Consolidada

DEM Modelo Digital de elevación

DTM Modelo Digital del terreno

FVA Exactitud vertical fundamental

GSD Distancia de la muestra de tierra

GNSS Sistema global de navegación por satélite

GPS (Global Position System) Sistema de posicionamiento global

IGM Instituto Geográfico Militar

IMU (Inertial Measurement Unit) Unidad de medida Inercial

INS (Inertial Measurement System), Sistema de navegación inercial

ISO (International Organization for Standardization) Organización internacional de normalización.



NGPS Espaciado nominal del punto de tierra

NPD Densidad de pulso nominal

NMAS Norma de exactitud de mapa nacional

NPS Espaciado nominal de impulsos

NSSDA Norma nacional para la exactitud de los datos espaciales

NVA Precisión vertical sin vegetación

RMSEr El RMSE lineal horizontal en la dirección radial que incluye tanto errores de coordenadas x como y.

RMSEx El RMSE lineal horizontal en la dirección x (Este)

RMSEy El RMSE lineal horizontal en la dirección y (Norte)

RMSEz El RMSE vertical lineal en la dirección z (Elevación)

RMSE Error medio cuadrático

RMSDz Error medio cuadrático- diferencia en elevación

SVA Exactitud suplementaria vertical

TIN red triangular irregular

VVA Exactitud vertical de la vegetación

1.6 REQUISITOS ESPECÍFICOS

Estas especificaciones definen clases de exactitud basadas en los umbrales RMSE para ortoimágenes digitales, datos planimétricos digitales y datos de elevación digital.

Las pruebas siempre se recomiendan, pero pueden no ser necesarias para todos los conjuntos de datos; Los requisitos específicos deben ser abordados en las especificaciones del proyecto.

10

Cuando se requiere una prueba, la exactitud horizontal se probará comparando las coordenadas planimétricas de puntos bien definidos en el conjunto de datos con coordenadas determinadas a partir de una fuente independiente de mayor precisión. La exactitud vertical se probará comparando las elevaciones de la superficie representada por el conjunto de datos con elevaciones determinadas a partir de una fuente independiente de mayor precisión.

Esto se hace comparando las elevaciones de los puntos de control con elevaciones interpoladas del conjunto de datos en las mismas coordenadas x / y.

Se supone que todas las exactitudes son relativas al datum publicado y la red de control terrestre utilizada para el conjunto de datos y como se especifica en los metadatos. Deben establecerse las precisiones y los procesos de control del terreno y puntos de verificación basados en los requisitos del proyecto. A menos que se especifique lo contrario, se espera que todo el control terrestre y los puntos de control deben seguir las directrices para la precisión de la red, tal como se detalla en las Normas Geoespaciales de Precisión de Posicionamiento, Parte 2: Normas para las Redes Geodésicas, Subcomité Federal de Control Geodésico, FGDC-STD-007.2-1998. Cuando se necesita un control local para cumplir con precisiones específicas o necesidades de proyectos, se debe identificar claramente tanto en las especificaciones del proyecto como en los metadatos.



1.7 Evaluación estadística de las precisiones horizontales y verticales

La exactitud horizontal debe evaluarse usando estadística de error cuadrático medio (RMSE) en el plano horizontal, es decir, RMSE_x, RMSE_y y RMSE_r.

La precisión vertical debe evaluarse únicamente en la dimensión z. Para la prueba de exactitud vertical, se usan diferentes métodos en terrenos no vegetados (donde los errores típicamente siguen una distribución normal adecuada para el análisis estadístico RMSE) y el terreno con vegetación (donde los errores no pueden ser representados por una distribución normal; A un nivel de confianza del 95% (90% IGM), por lo que la exactitud vertical se evaluará mediante RMSE, estadística en terreno sin vegetación y estadística del 95 percentil (90 percentil IGM) en terreno con vegetación.

2. ESPECIFICACIONES ADOPTADAS POR EL IGM

El Instituto Geográfico Militar ha venido adoptando de hecho el Marco de Referencia SIRGAS, con la época de referencia 1995.4, pero debido a los acontecimientos suscitados en el país por causa del terremoto del 16 de abril de 2016, tuvo que desarrollarse la resolución No. 2016-005-e-1, de fecha 01 de septiembre de 2016, en la cual se manifestaba que la afectación era únicamente para las provincias de Esmeraldas y Manabí, luego se debió expedir una nueva resolución en la que se especifica que la afectación fue a nivel de todo el país la No. 2017-011-IGM-JUR de fecha 2 de junio de 2017, esto es considerable para escalas grandes; ya que para escalas medianas y pequeñas el movimiento ocurrido no es perceptible, dentro de su representación por ello se ha estimado conveniente tener los parámetros post sísmicos que a continuación se detallan:

11

2.1 Datum Horizontal

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS – ITRF94), compatible con el sistema de posicionamiento satelital GPS, con las siguientes características:

Datum horizontal	SIRGAS (ITRF94)
Época de referencia	2016.43
Elipsoide de referencia	GRS80
Semieje mayor	6378137.00
Achatamiento polar	1/298.257222101

NOTA: En términos de uso práctico en cartografía, se consideran iguales los sistemas WGS84 y SIRGAS.

2.2 Datum Vertical

Las alturas estarán definidas por el Datum vertical: Nivel medio del mar o modelos EGM 96 y EGM 2008, Estación mareográfica La Libertad - Guayas



2.3 Proyección Cartográfica

La cartografía elaborada por el IGM, utiliza la proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), por ser la más aceptada para un amplio espectro de usos, en función a sus propiedades de proyección conforme, misma que mantiene constante los ángulos y tiene una baja distorsión en la representación de formas y áreas dentro de cada zona. Los parámetros correspondientes para el Ecuador continental son los siguientes:

- Zonas: 17 y 18 Sur
- Falso norte: 10 000 000 metros
- Falso este: 500 000 metros
- Factor de escala: 0.9996

El levantamiento aerofotogramétrico tendrá una escala de 1: 1 000

2.4 Exactitud posicional de los productos cartográficos

2.4.1 Planimetría.

Para una muestra tomada de forma aleatoria, el 90 por ciento de los detalles bien definidos, estarán dentro de un rango de ± 0.3 metros con una amplitud de ± 0.03 metros, respecto de la verdadera posición, es decir se realizará un control de calidad con un nivel de confianza del 90%.

2.4.2 Altimetría.

En zonas libres de vegetación o ligera cobertura herbácea, para una muestra tomada de forma aleatoria, el 90 por ciento de las alturas estarán dentro de un rango de ± 0.25 metros, respecto del valor nivelado o de la superficie de referencia preestablecida y utilizada. En lugares cubiertos por vegetación el rango permitido será de ± 0.5 metros más un medio de la altura promedio de la vegetación.

2.5 Formatos, estándares

2.5.1 Fotografía aérea

La fotografía aérea se tomará con tres tipos de cámara, cada una de las cuales proporciona los siguientes formatos de fotografía:

Cámara	Resolución espectral	Tamaño imagen	Focal	Formato digital
VexcelUltraCam XP	PAN	17310 x 11310	100 mm	tiff 8 bits con o sin compresión
	RGB, IR	5770 x 3770	33 mm	tiff 24 bits RGB con o sin compresión
TAC AICPro IQ180	RGB	10328 x 7760	51.5136 mm	tiff 24 bits RGB con o sin compresión
Sony Nex 5T	RGB	4912 x 3264	15.503 mm	jpg



El tamaño del pixel en tierra (GSD) será de 10 a 16 cm.

Tabla 2.1 Catálogo de Objetos simplificado

Código	Nombre	Definición
AT042	Poste	Poste utilizado para soportar uno o más cables
AL013	Edificio	Construcción independiente cubierta y con paredes destinada a la ocupación humana, lugar de trabajo, recreación y / o habitación.
AL070	Cerca	Barrera artificial construida por el hombre de estructura relativamente liviana utilizada para delimitar.
AL170	Plaza Pública	Sitio abierto que sirve como lugar de reunión pública en una zona poblada para diversos usos.
AL260	Muro	Barrera hecha por el hombre de material resistente utilizado como límite o para protección.
EA020	Cerca Viva	Crecimiento continuo de arbustos plantados como una cerca, una frontera y/o una barrera contra el viento, utilizada para delimitar.
AK120	Parque	Área utilizada con propósitos recreacionales u ornamentales.
AK165	Estadio	Infraestructura que parcial o totalmente rodea un campo deportivo, diseñada para permitir a los espectadores ver un evento de pie o sentados.
AK166	Plaza de Toros	Construcción generalmente circular u ovalada, de cielo abierto, rodeada por graderíos para los espectadores.
AP034	Parterre	Divisor entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en direcciones opuestas).
AQ035	Acera	Ruta pavimentada o mejorada para uso del peatón, normalmente se encuentra adyacente y paralela a una calle o carretera.
AQ036	Bordillo	Borde de hormigón, asfalto o piedras que forman parte de un canal a lo largo del borde de una calle o carretera.
BH010	Acueducto	Un tubo o canal artificial que está diseñado para transportar agua desde una fuente remota, generalmente por gravedad, para el suministro de agua dulce, agrícola, o uso industrial.
BH030	Acequia	Excavación poco profunda construida en tierra a modo de canal con propósitos de drenaje o irrigación.
BH100	Zanja	Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra, generalmente para delimitar sembríos o parcelas o usos semejantes.
BH140	Río	Curso de agua que fluye naturalmente.
ZB035	Punto de control	Objeto en el terreno de ubicación conocida, donde se ha determinado las coordenadas horizontal y/o vertical por métodos geodésicos o topográficos.
GB005	Aeropuerto	Zona provista de un conjunto de pistas, instalaciones y servicios destinados al tráfico regular de aeronaves.



2.5.2 Cartografía

La cartografía a ser levantada será de tipo vectorial almacenada en archivos CAD o Shp, con nivel de detalle propio de la escala 1:1000. Los elementos a extraerse corresponden al catálogo de objetos simplificado para esta escala, basado en el catálogo nacional de objetos geográficos Vr. 2.0, los cuales se exponen en la tabla 2.1.

2.5.3 Modelos digitales

Los modelos digitales del terreno (MDT) y los modelos digitales de superficie (MDS) tendrán una resolución espacial de 1 x 1 metro y serán entregados en unidades geográficas de 1' 15" x 1' 15" de longitud y latitud respectivamente, siguiendo la nomenclatura estandarizada por el IGM para este propósito, en uno o más de los formatos siguientes según requerimiento del usuario:

- GeoTiff
- Grid
- ASCII

2.5.4 Ortofotos

Las ortofotos serán entregadas en unidades geográficas de 1' 15" x 1' 15" de longitud y latitud respectivamente, siguiendo la nomenclatura estandarizada por el IGM para este propósito.

14

El formato digital de entrega será en Geotiff o grid

2.5.5 Nube de puntos con clasificación básica

Se entregará el producto original del sensor LIDAR consistente en una nube de puntos con clasificación básica. El formato digital de entrega será en LAS Vr. 1.2 o superior.

2.6 Planteamiento metodológico

2.6.1 Red Geodésica y puntos de apoyo

2.6.1.1 Control básico de Referencia

Para el establecimiento del Control Geodésico Horizontal, se partirá de vértices de la Red GPS del Ecuador, la misma que se encuentra enlazada al Datum SIRGAS –Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas- (ITRF08).

Para el establecimiento del Control Geodésico Vertical, se partirá de las líneas de nivelación de primer orden, existentes en el área del proyecto, las mismas que se encuentran referidas al mareógrafo de La Libertad, que representa el cero al nivel



medio del mar o se tomará un modelo de referencia; debido a la inestabilidad ocasionada por el sismo ocurrido el 16 de abril de 2016.

2.6.1.2 Planificación

Se utilizará cartografía existente de la zona de trabajo a escala 1:50.000, fotografías aéreas, líneas de nivelación geométrica, vértices de la RENAGE (Cuando sea actualizada) - REGME; de acuerdo a los requerimientos del método de densificación de puntos y de la precisión del levantamiento. Los puntos deberán cumplir con:

Estar enlazados a la Red Geodésica de control horizontal, por posicionamiento GPS mediante el método Relativo Estático Diferencial.

Las alturas estarán referidas al nivel medio del mar, mediante nivelación geométrica, trigonométrica o utilizando el modelo geoidal EGM96, según sean los requerimientos.

Cumplir con las condiciones de ser foto identificables, fácil accesibilidad, permanencia y ser determinados en las áreas seleccionadas para el efecto.

2.6.1.3 Reconocimiento

El reconocimiento en campo se ejecutará apoyado con las fotografías aéreas que registren el punto foto identificándolo y señalando los detalles coincidentes.

A través de un pinchazo se materializará en la fotografía y en el terreno se ubicará el equipo GPS, sitio en el cual se realizará la observación, previa la materialización de un mojón.

Al reverso de la fotografía se elaborará un croquis de ubicación del detalle seleccionado.

2.6.1.4 Materialización

La materialización de los puntos de control en el terreno, se lo hará mediante mojones tipo IGM – B o placa empotrada en plataforma fija de concreto. El mojón de concreto, tendrá las siguientes dimensiones: base superior 0.25 m, base inferior 0.30 m, 0.70 m de altura, de los cuales 0.50 m se encuentra fundido bajo la superficie del terreno, sobresaliendo sobre la misma 0.20 m. En la base superior irá empotrada una placa circular de aluminio (8 cm. de diámetro), con la siguiente inscripción:

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
SE PROHIBE DESTRUIR
PROYECTO “NOMBRE DEL MUNICIPIO”
P.E. XXXX-X o PV XXX
FECHA DE DETERMINACION



En la nomenclatura P.E. XXXX - X: los cuatro primeros caracteres corresponden al número de cada punto de acuerdo al número de la fotografía en la cual fue pinchado; el último carácter corresponde al tipo de punto ya sea este X o Y.

2.6.1.5 Determinación GPS – Control Horizontal

Se determinará las coordenadas (E, N) distribuidos uniformemente en toda el área del proyecto.

La determinación será realizada mediante posicionamiento GPS, utilizando receptores geodésicos GPS marca TRIMBLE, con sus respectivas antenas geodésicas, provistos de doble frecuencia (L1, L2) y código C/A, equipos que permiten medir líneas base de hasta 200 kilómetros, con una precisión de (0.005 m + 1 ppm).

El método utilizado para el posicionamiento satelital será relativo estático diferencial, mediante radiales, exigiéndose en todo momento el cumplimiento de los siguientes procedimientos para una correcta recepción de la información satelital:

- Tiempo de recepción mínimo : 1 hora 30 minutos
- Ángulo de enmascaramiento : 15°
- N° satélites mínimo enganchados : 04
- Intervalo de grabación : 15 seg.
- Horas de recepción óptimas : PDOP < 4
: HDOP < 4
- Tipo de posicionamiento : Estático

Correcto centrado de la antena sobre el punto a determinar, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico de la placa empotrada en cada uno de los mojonos,

Correcto nivelado de la antena mediante la base nivelante; y,
Correcta orientación de la antena, de forma que señale el norte magnético.

2.6.1.6 Determinación de Alturas – Control Vertical

Se determinará la coordenada vertical, a partir de placas fijas del control básico existente, cerrando anillos en algunos casos y en otros chequeando la nivelación de los diferentes puntos entre ida y regreso, dentro de la tolerancia de $\pm 6.0 \text{ cm } \sqrt{k}$, donde k está en kilómetros para la nivelación trigonométrica; y, para sitios de difícil acceso se obtendrá la altura del punto mediante un modelo local de ondulación geoidal, a través del posicionamiento de placas fijas del control básico existente, con una precisión de $\pm 1.25 \text{ m}$.

Mediante nivelación trigonométrica, se arrastrará el control vertical hacia el 80% de los puntos y mediante modelo geopotencial “EGM96 mejorado” al restante 20%.



2.6.1.7 Procesamiento de la Información

Basándose en el control básico existente en la zona, se realizará el procesamiento GPS de los puntos de control observados.

Para el procesamiento de datos GPS y la generación del modelo de ondulación geoidal se emplearán los programas TrimbleBussines Center y Arcgis.

La información obtenida se almacenará en el ordenador de cálculo en la base de datos propia del software de procesamiento, que maneja un nombre completo para cada proyecto y con subdirectorios que se nombran a través del día juliano de la observación.

El procesamiento se efectuará para cada día y los resultados se almacenarán en los correspondientes archivos de salida.

Para la determinación de las alturas sobre el nivel medio del mar de los puntos, el chequeo de las libretas de campo se lo realizará in situ, con lo cual se asegura que las radiales (nivelación de ida y regreso) y los circuitos que se generan estén perfectamente ajustados y dentro de las precisiones requeridas para el proyecto.

2.7 Toma de fotografía y datos LIDAR

2.7.1 Diseño y Aprobación del Plan de vuelo

17

El diseño del Plan de Vuelo para la toma de fotografía, se realizará utilizando el sistema POSTraker sobre cartografía escala 1:50.000 o mayores disponibles en concordancia con la geometría y morfología del área a cartografiar, de acuerdo a los términos y especificaciones que maneja el Instituto Geográfico Militar para levantamientos a escala 1:1000:

- Considerando los objetivos que se persiguen se ha definido un tamaño de pixel de hasta 10 cm (GSD). Es importante aclarar que por seguridad de vuelo y topografía del terreno se ha considerado la toma de fotografía aérea de aproximadamente 50 Km² con tamaños de píxel en el terreno de hasta 16 cm.
- Casos particulares constituyen fondos de quebradas y laderas cuya escala promedio variará hasta en un 20% de la escala establecida, sus traslapes laterales en los puntos más altos hasta el 12% y en los puntos más bajos hasta el 45%.
- Traslape longitudinal promedio igual o superior al 65%
- Traslape lateral superior al 25%
- Desviación del eje vertical: Inferior al 5 %
- Nubosidad máxima: 5 %
- Coordenadas de centro de exposición: obtenidas mediante GPS diferencial con base en tierra.
- Precisión de las coordenadas (x,y,z) de los centros de exposición de las fotos aptas para cartografía escala 1:1000.
- Distancia máxima del punto de toma a la base en tierra: 35 Km o la distancia que garantice la precisión de las coordenadas (x,y,z) de los centros.



- Condiciones de recepción de señales GPS: Mínimo 4 satélites enganchados con un PDOP inferior a 5 en todo momento.
- Frecuencia de registro: Un segundo
- Orientaciones de las imágenes fotográficas: medidas mediante sistema Inercial de precisión.
- Formato de archivo digital: TIFF o JPG
- Resolución espectral: Pancromático, multiespectral
- Resolución radiométrica: 8 bits
- Histogramas de las imágenes: sin saturaciones superiores al 5% del rango dinámico de la cámara.

2.7.2 Pre Vuelo

Se realizarán:

- Análisis de las condiciones meteorológicas del área a fotografiar
- Revisión del funcionamiento de los sistemas del avión, navegación, cámaras y otros.

2.7.3 Vuelo, toma de fotografía y datos LIDAR

En la misión de vuelo se utilizarán las siguientes aeronaves según el tipo de terreno y cercanía a la base de operaciones de cada avión:

Equipos disponibles

18

Alternativa 1

Avión

- Marca modelo: CessnaCitation II
- Número de motores: 2
- Velocidad de crucero: 340 Nudos (630 Km/hora)
- Techo de vuelo: 32800 pies
- Tipo de cabina: Presurizada
- Capacidad: 8 asientos
- Carga útil: 4615 libras (2093 Kg)
- Equipos de navegación: TCAS, GPWS, FMS, RVSM.

Sensor

- Marca Modelo: VoxelUltracam XP
- Resolución geométrica en la banda pancromática: 17310 x 11310 píxeles
- Resolución geométrica en la banda Multiespectral: 5770 x 3770 píxeles
- Rango espectral: Pancromático, Azul, Verde, Rojo e Infrarrojo Cercano
- Exactitud geométrica del sensor: +/- 2 micrones
- Angulo de toma en sentido lateral: 55 grados
- Angulo de toma en sentido longitudinal: 37 grados
- Base giroestabilizada: UltraMount SOMAG GSM 3000
- Sistemas de georeferenciación directa: GPS/INS
- Tecnología de integración de sistemas: APPLANIX
- Software para pos procesamiento datos e imágenes



Alternativa 2

Avioneta

- Marca modelo: Cessna T206H S&D
- Número de motores: 1
- Velocidad de crucero: 120 Nudos (222.24 Km/hora)
- Techo de vuelo: 27000 pies
- Tipo de cabina: No presurizada
- Capacidad: 6 asientos
- Carga útil: 581 Kg (1281 lb)
- Equipos de navegación: Garmin G1000

Sensor

- Marca Modelo: TRIMBLE AX80
- Longitud de onda láser: 1064 nm.
- Angulo transversal de escaneo: 45 y 60 grados
- Máxima altura efectiva: 2400 m AGL.
- Frecuencia máxima de escaneo: 800 KHZ
- Exactitud horizontal del sistema: mejor de 20 cm RMS.
- Exactitud vertical del sistema: mejor de 15 cm a 2400 m AGL.
- Rango espectral de cámara óptica: Azul, Verde, Rojo
- Resolución geométrica del sensor óptico: 10328 x 7760
- Base giroestabilizada: UltraMount GSM 4000
- Tecnología de integración de sistemas: APPLANIX

Alternativa 3

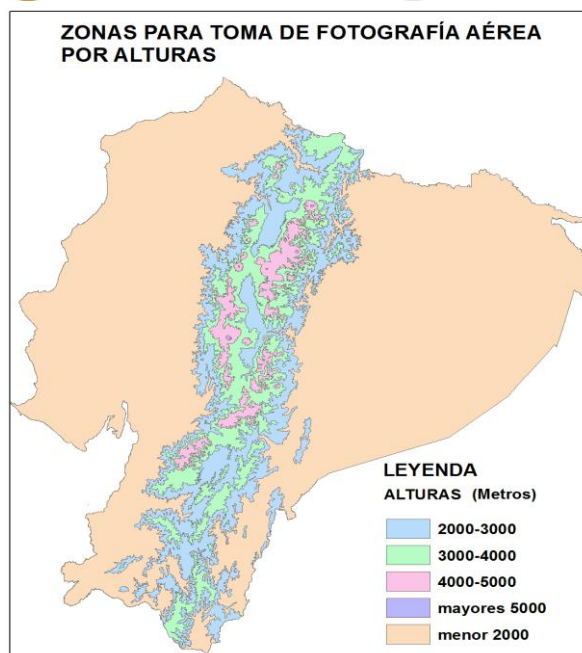
Avión UAV

- Marca modelo: Trimble UX5
- Tipo: Ala fija
- Velocidad de crucero: 50 Nudos (80 Km/hora)
- Techo de vuelo: 16404 pies (5000 m)
- Autonomía: 60 Km (37 min)
- Equipos de navegación: Sistema GPS de doble frecuencia

Sensor

- Marca Modelo: Sony Tex 5T
- Rango espectral: Azul, Verde, Rojo (RGB)
- Resolución geométrica del sensor óptico: 4912 x 3264

Para la toma de fotografía aérea se ha dividido a la superficie del País según alturas del terreno, lo que permitirá optimizar el uso de las aeronaves y equipos destinados para esta actividad.



Regiones para la toma de fotografía aérea, según altura del terreno.

Se considera que el avión CessnaCitation II, puede volar hasta una altura de 10000 metros (32800 pies) sobre el nivel del mar sin problemas para la tripulación, por tanto, puede ser aprovechado para toma de fotografía aérea de preferencia de la Sierra para las zonas que tienen una altura promedio sobre el nivel del mar superior a 2000 metros (6500 pies).

20

La aeronave CESSNA T206H cuenta con cabina no presurizada y su velocidad de crucero es 120 nudos. Los vuelos para tomar fotografía a escala grande requieren de una baja altura y poca velocidad de vuelo, por tanto, esta aeronave será ideal para la toma de fotografía de áreas urbanas en las regiones costa y oriente, que corresponde a más del 72 % del país como puede observarse del gráfico anterior.

Se debe notar que tanto en la región costa y oriente, existen sectores que en un 95 % del año, permanecen cubiertos por bruma y nubosidad, lo cual involucra que la aeronave tenga que volar debajo de la capa de nubes, hasta una altura mínima sobre el terreno permitida por las regulaciones de la Aviación Civil.

El avión CESSNA CITATION tendrá como base de operaciones el aeropuerto de Latacunga, Manta y Cuenca, y será la aeronave encargada de la toma de la región Sierra de preferencia.

La avioneta CESSNA T206H tendrá como base de operaciones los aeropuertos Manta, Guayaquil, Santa Rosa y la Shell. La avioneta será empleada para fotografiar y realizar barrido LIDAR de la zona costa y oriente, considerando que en estas regiones es donde mayor vegetación existe y es necesario el uso de esta tecnología para la obtención del modelo digital del terreno y modelo digital de superficie.



El Equipo UAV fotogramétrico equipado con GPS de doble frecuencia y cámara métrica, que actualmente dispone el IGM, sirve para cubrir sectores estratégicos del país o sectores que por seguridad de la tripulación no puedan ser tomadas por los aviones convencionales. Los casos más típicos son aquellos que corresponden a zonas que permanece nublado todo el año y que actualmente no se dispone de fotografía aérea actualizada; por ejemplo, las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Esmeraldas, etc.

El uso combinado de las aeronaves antes indicadas permitirá maximizar las probabilidades de toma de fotografía que, por las condiciones de relieve y aspectos meteorológicos, tornan al Ecuador como uno de los países con mayor dificultad para la toma de fotografía aérea.

2.7.4 Post Vuelo

Se efectuarán las siguientes actividades:

- Elaboración de reportes y memorias técnicas del vuelo.
- Extracción de los módulos con los discos duros que soportan la información.
- Envío y traslado de los discos para su procesamiento.

2.7.5 Procesamiento post vuelo

La fotografía aérea + Datos LIDAR proveniente de los correspondientes sensores (cámaras aéreas y LIDAR), serán procesados de forma básica en una primera etapa, a fin de que definir la calidad de la información capturada por los sensores.

21

2.7.6 Evaluación de la Fotografía

Una vez obtenida la fotografía, se elabora mosaicos fotográficos en los cuales se puede establecerlas siguientes evaluaciones:

- Existencia de vacíos o Gaps de información
- Traslape longitudinal
- Traslape transversal
- Verticalidad de las fotos
- Tamaño de GSD
- Porcentaje de nubes

Las líneas que no cumplen con los parámetros antes indicados, son rechazadas y se planifica una nueva toma de fotos.

2.7.7 Evaluación de la nube de puntos

Mediante un procesamiento básico provisional de los datos provenientes del sensor, se puede evaluar los siguientes temas:

- Existencia de vacíos o Gaps de información
- Traslape transversal



- Ausencia de zonas de transición
- Puntos efectivos por metro cuadrado

Las líneas que no cumplan con los parámetros adecuados, son rechazadas para realizar una nueva planificación y toma de datos con el sensor LIDAR

2.8 Procesamiento Fotografía aérea

2.8.1 Descarga y Procesamiento de imágenes

Descargar las imágenes con el software Ultramap 3.2 utilizando el módulo RDC; Luego, se realiza el procesamiento a nivel 2 hasta obtener un archivo con extensión DFP, archivo que luego es utilizado para ejecutar la radiometría de las imágenes (tonalidades, brillos, contrastes y saturaciones); es decir, se obtiene la homogenización de las fotos. Posteriormente se procede a generar bloques según el tipo de archivo que se requiera (RGB, RGBI, NIR, CIR); una vez generado los bloque se envía a procesar a nivel 3, obteniéndose como resultado las imágenes TIFF y JPG con sus respectivos archivos de georreferenciación: TFW, JGW respectivamente.

2.8.2 Ajuste de trayectorias y obtención de centros de exposición

Para conseguir estos resultados se deberá realizar una calibración previa del conjunto GPS/IMU/Cámara. Una vez conocidos de forma precisa los parámetros de calibración del conjunto de sensores, se procesarán las misiones de vuelo. Para ello, se calculará la trayectoria GPS mediante técnica diferencial de fase, de doble frecuencia usando las Estaciones Permanentes de Monitoreo Continuo, que correspondan a la zona. A partir de la trayectoria GNSS y los datos recogidos del IMU, se calculará una trayectoria integrada que incluya información sobre los datos del IMU. Con la trayectoria integrada GPS/INS, los datos recogidos por la plataforma giroestabilizada y el registro de eventos se extraerán los parámetros de orientación externa para cada una de las tomas. A estos parámetros de orientación externa se les aplicarán las correcciones locales, derivadas de la proyección UTM: convergencia de meridianos en kappa y factor de escala en altura.

2.9 Procesamiento UAV

Un proyecto UAV consiste en una o más misiones. Las misiones cubren las áreas de las que se tomarán fotografías aéreas. Un área de misión consiste en uno o más bloques dentro del área de la misión.

En oficina se podrá definir una o más misiones, añadiendo detalles tales como mapas de fondo, zonas restringidas y campos de texto si es necesario. El área, la resolución de píxel (GSD) y la cantidad de solape de imágenes se definen para cada misión, también se podrá especificar la dirección del viento y de la línea de vuelo.

El solape de imágenes puede variar entre 60% y 90%. Un valor de solape superior resultará en una mejor precisión, una mayor densidad de líneas de vuelo en el área y un número más alto de imágenes a procesar.



En el campo se deberá convalidar las propiedades de los bloques para tener en cuenta el entorno y dirección efectiva del viento, convalidar las propiedades de los vuelos, incluyendo las ubicaciones de despegue y de aterrizaje. Se completa la checklist del vuelo para asegurarse de que el sistema esté listo para el vuelo.

Tras el lanzamiento del UX5, el vuelo se controla utilizando la estación de control de tierra. Una vez que el UX5 ha aterrizado, se completa la checklist de post-vuelo para transferir los datos del vuelo al Tablet.

El procesamiento fotogramétrico es similar al usado con la fotografía de un sensor aéreo convencional y que es expuesto en este documento.

2.10. Procesamiento LIDAR

2.10.1 Ajuste de trayectorias y obtención de nubes de puntos

Con la información proveniente del sistema Inercial – IMU, se realizará el cálculo de las trayectorias de vuelo, en el cual se agregará la información de las bases GPS usadas durante el vuelo.

A continuación, se obtienen las nubes de puntos, configuradas por franjas definidas por la trayectoria de vuelo, las cuales son ajustadas por líneas y por bloques utilizando puntos de apoyo terrestres tomados sobre detalles incluidos en el levantamiento, verificando la conformación de áreas homogéneas, las cuales no deben contener Gaps ni zonas de transición. Se obtendrán nubes de puntos georreferenciados con una precisión dentro de ± 0.3 metros en x , e y ± 0.25 metros en altura respecto de la superficie de referencia vertical (Nivel medio del mar o modelo geoidal utilizado).

2.10.2 Clasificación de puntos

Las nubes de puntos obtenidas en el paso previo, son procesadas mediante algoritmos que evalúa la intensidad de retorno y el orden de rebote (primero, segundo, tercero, último) para definir de forma automática, diferentes capas de datos que representan el suelo, las cubiertas de las casas, vegetación etc.; a continuación, se realiza una ligera depuración manual de la clasificación de puntos para eliminar errores grandes de clasificación. Los resultados se representan en archivos formato LAS Vr. 1.2 o superior.

Luego de esta clasificación se puede obtener modelos digitales del terreno y modelos digitales de superficie, transformado la capa de puntos que representa el suelo a un archivo de formato grid, de la misma forma se transforma las capas de puntos que representan la superficie a un formato grid.



2.11 fotogrametría

2.11.1 Aero triangulación

Con la fase de aerotriangulación se busca orientar el vuelo, es decir, reconstruir la geometría de las fotografías en el momento de su toma. Así, al poder materializar los haces de rayos del bloque fotogramétrico, se logra un doble objetivo: la posibilidad de una visión estereoscópica veraz, así como también es posible la medición de magnitudes métricas sobre los modelos.

Determinamos los parámetros de orientación del sensor a partir de una ISO u Orientación Integrada con Sensores (ISO- integrated sensor orientation), o lo que es lo mismo AT+GPS+INS, incluyendo de este modo en el ajuste las observaciones directas de la actitud de la cámara (INS) y los datos GPS, mejorando la calidad y la fiabilidad de los resultados de orientación.

El proceso de aerotriangulación se realiza mediante la utilización de los programas Match-AT de INPHO e ISAT de Z/I-Intergraph, los cuales nos permiten obtener los parámetros de orientación externa definitivos de las imágenes, estos parámetros son utilizados en los procesos de obtención de MDS y Ortofotos.

2.11.2 Determinación de los puntos de enlace.

La medición y transferencia de puntos de enlace y de paso, se lleva a cabo, en primer lugar, de forma automática por técnicas de correlación espacial de imágenes. Se debe medir, al menos, nueve áreas por modelo, coincidiendo las aéreas centrales con la posición de los puntos de Von Grüber, y cada una de estas áreas deberá contener, al menos, dos puntos de paso y enlace (según corresponda).

Los puntos de enlace y de paso obtenidos tras la correlación, son depurados por dos vías paralelas e interrelacionadas:

- Se ejecutan algoritmos de detección automática de errores que eliminan aquellos puntos cuyo error supera una tolerancia prefijada.
- Se comprueba el enlace de forma interactiva (visual), con el fin de que existen, al menos dos puntos en cada zona de Von Grüber. En caso de ser necesario, se miden manualmente cuantos puntos sean necesarios.

Ambas actividades son repetidas tantas veces como sea necesario; todos los parámetros son ajustados y una nueva interacción automática global es llevada a cabo, a fin de confirmar la integridad global del bloque y eliminar los riesgos, hasta cumplir con las exigencias de precisión y de enlace del bloque. Como resultado se obtiene la Orientación Relativa del bloque y su Precisión Interna.

2.11.3 Medición de los puntos de apoyo.

El número de puntos de apoyo fotogramétrico varía dependiendo de la forma del bloque de toma, así como en gran medida, en función de la existencia y, en su caso,



calidad del apoyo cinemático transportado (GPS/IMU). Si partimos de la premisa de que existe este apoyo aerotransportado y que el bloque es de forma regular, lo que mínimo se ubicarán son cinco Puntos de Apoyo Fotogramétrico.

El apoyo de campo se mide de manera manual en modo estereoscópico. Una vez medidos, se calcula y ajusta el bloque. Si se detectan errores en el apoyo, se vuelven a medir los puntos necesarios en las imágenes adecuadas, hasta que cumplan con los requisitos de exactitud.

De igual modo, se miden los puntos de chequeo que servirán para verificar la calidad del ajuste, como resultado se obtiene la Orientación Exterior.

2.11.4 Cálculo y ajuste del bloque

Como se ha explicado, el cálculo y ajuste del bloque es un proceso interactivo en conjunto con la medición de apoyo de fotogramétrico. Se realiza por el método de ajuste de haces con parámetros de apoyo aerotransportado, por lo que en el reporte final del ajuste se dispondrá de toda la información acerca de las precisiones tanto de los puntos de apoyo, como de los de paso y enlace, así como de los parámetros GPS/IMU.

Una vez que se ha concluido el cálculo y se haya dado como bueno (se han obtenido los parámetros de Orientación Exterior con las precisiones establecidas), se lleva a cabo el último paso: obtención de la red densificada, en la que se calculan las coordenadas de terreno de cada punto de paso y de enlace.

2.11.5 Resultados finales

Una de las mejores maneras de comprobar la bondad de la aerotriangulación es a través de los residuos de los puntos de chequeo. Esto es realmente lo que nos proporciona la “precisión” de la aerotriangulación. Además, es necesario mantener un sistema balanceado que permite obtener la precisión interna del bloque:

- Precisión interna del ajuste del bloque: Sigma 0 menor de 1/2 del tamaño de píxel del sensor
- Precisión en planimetría y altimetría: $RMSE < GSD$ nominal en planimetría y $RMSE < 2$ veces el GSD nominal en altimetría
- Residuos máximos de los puntos de control: 2 veces el GSD nominal

2.12 Obtención de modelos digitales de superficie

Con las fotografías obtenidas en la toma y con los valores provenientes de la aerotriangulación, se realizará un proceso automatizado de correlación que permite la obtención de alturas de la superficie del terreno respecto de una matriz de celdas con un tamaño de 1 x 1 metro. De ser necesario, se dibujarán por estereoscopia líneas de quiebre (brake line) que servirá para una mejor definición de modelo en lugares como ríos y quebradas. El modelo será cortado en una matriz de celdas de forma tal de obtener archivos con tamaño de 1' 15" x 1' 15".



2.13 Obtención de modelos digitales del terreno

Teniendo como insumo el modelo digital de superficie, se procederá a eliminar los elementos superpuestos al terreno para obtener una superficie limpia. Se obtendrán archivos de formato ráster con una resolución de 1 x 1 metro. Los archivos ráster serán cortados en hojas de tamaño de 1' 15" x 1' 15" de latitud y longitud respectivamente.

2.14 Ortofotos

Cada una de las fotografías que cubren el proyecto es rectificadas de forma tal que su contenido tenga una escala constante, es decir se eliminan las distorsiones debidas a la proyección cónica de la fotografía original.

Las fotografías rectificadas son cortadas y unidas tomando de cada una de ellas la zona de mejor definición de imagen. Al final se obtiene una sola imagen que cubre la zona del proyecto. A continuación, se elabora un procedimiento de homogenización radiométrica, a fin de tener una tonalidad uniforme de colores a lo largo de los empalmes entre las secciones fotográficas que componen el mosaico. El paso final consiste en cortar el mosaico en hojas de tamaño de 1' 15" x 1' 15" de latitud y longitud respectivamente.

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

En los levantamientos fotogramétricos se obtienen los datos y mediciones precisas a partir de fotografías aéreas de la superficie terrestre tomadas con cámaras aéreas métricas. El principio fotogramétrico consiste en proyectar en forma ortogonal sobre un plano de referencia la imagen registrada en una fotografía, la cual ha sido proyectada sobre el negativo o la capacidad de resolución o detalle con que se registran las imágenes dependiendo del número de celdas o detectores del dispositivo de cargas eléctricas interconectadas. Al referirnos a una imagen, las celdas son comúnmente llamadas píxeles. Los trabajos fotogramétricos deben apoyarse sobre puntos visibles y localizados por métodos de triangulación geodésica o sistema global de navegación por satélites (GNSS), que sirven de control planimétrico y altimétrico. (INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DEL PERÚ, 2011)

3.1. Vuelo Fotogramétrico

El vuelo fotogramétrico tendrá como objeto obtener el recubrimiento fotográfico vertical o con otros sensores de la superficie terrestre de interés, cumpliendo con los requisitos exigidos para obtener cartografía que aseguren la restitución a escala 1:1 000.

Por tanto, cualquier proyecto fotogramétrico debe tener presente la altura de vuelo, el número de pasadas, el número de fotografías por pasada y total, el intervalo promedio entre dos fotografías, el tiempo máximo de exposición, siempre tomando en cuenta, los materiales, la cámara, dimensiones del terreno y escala o GSD.

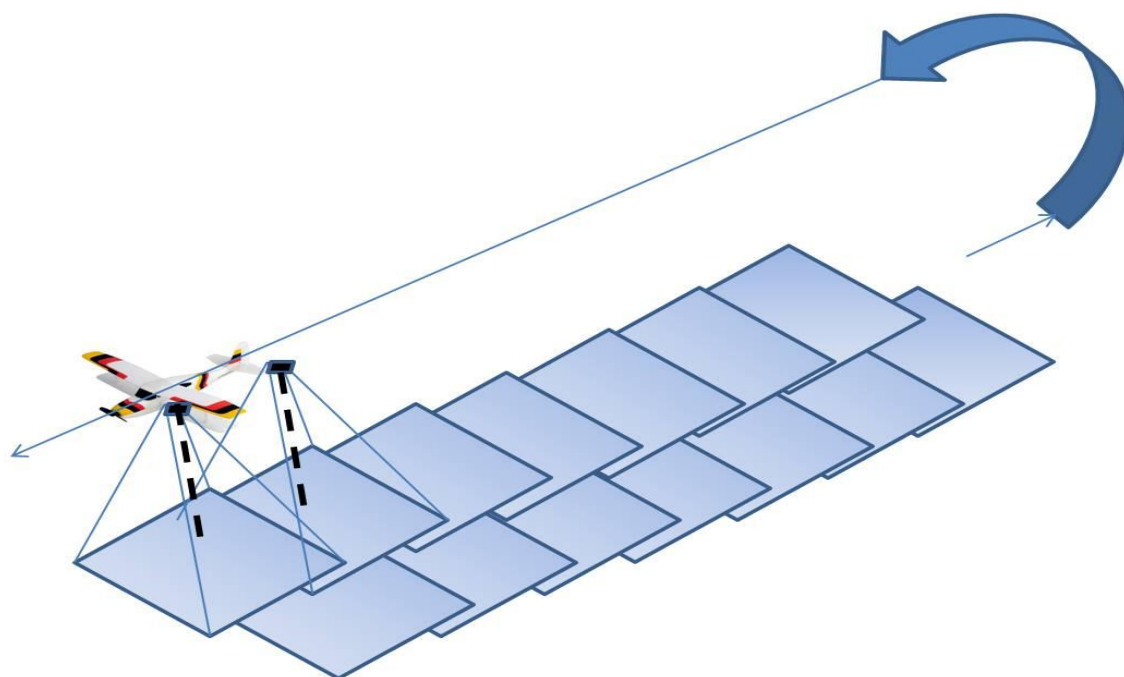


Fig. 3.1 Vuelo fotogramétrico con avión tripulado.

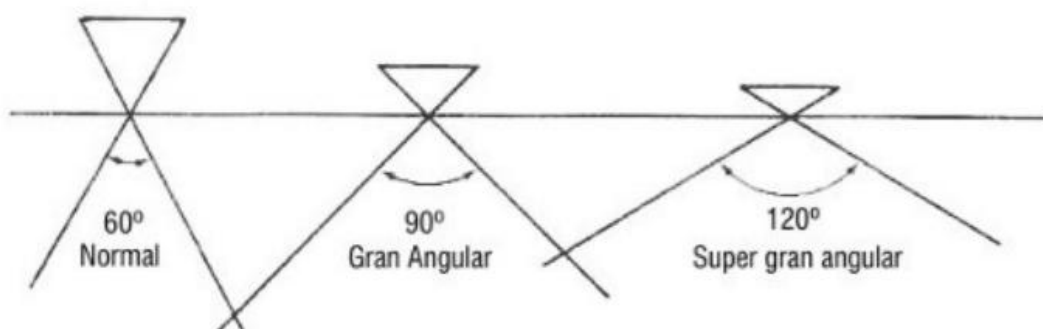


Figura 3.2: Clasificación de la fotografía aérea en función de su campo angular (Sifuentes, Vásquez, 1997)

Las fotografías por si solas como imágenes nos brindan mucha información, pero es en realidad los datos que incluyen su entorno lo que realmente completa el potencial de las imágenes aéreas. Los fotogramas, independientemente de su escala, poseen diferentes elementos que nos dan datos a la hora de realizar cualquier tarea de fotointerpretación en base a ellas. Podemos distinguir dos áreas en los fotogramas (Sifuentes, Vásquez, 1997) : a) El área de las "marcas fiduciales", que están en los extremos de la imagen y en los puntos medios de cada lado en forma de muescas triangulares. La intersección de ambos pares de marcas fiduciales diametralmente opuestas define un punto llamado punto principal o "fiducial". b) La segunda área es la de "información". Esta siempre sobre una de los lados del marco. Esta área cuenta con los siguientes elementos (figura 3):

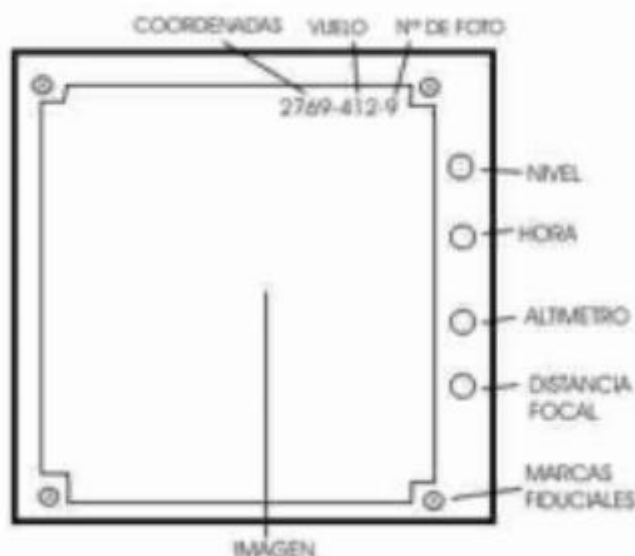


Figura 3.3 Fotograma

3.2. Condiciones generales

Las líneas de vuelo deben estar materializadas sobre cartografía georreferenciada oficial. Una vez que se ha analizado la resolución en GSD (Tamaño de una porción de terreno que puede ser capturado por un sensor, cuantificado por el tamaño del pixel, en centímetros), de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

28

En función de la cámara digital empleada se deberá volar a una altura que asegure que el tamaño de pixel medio por pasada cumpla con las especificaciones del proyecto. Se realizará cada pasada a una altura de vuelo, tal que se cumpla simultáneamente las siguientes dos condiciones:

- 1) El tamaño del pixel medio para toda la pasada será de $0,10 \text{ m} \pm 10\%$.
- 2) No habrá más de un 10% de fotogramas en cada pasada con pixel medio del fotograma mayor de $0,11 \text{ m} \pm 10\%$.

Para los trabajos más comunes como de catastro urbano, rural, se utilizan los siguientes GSD (tabla 3.1).

Tabla 3.1 GSD requerido según escala de trabajo

GSD(cm)	Tipo de proyecto
10	Catastro Urbano
50	Catastro Rural

Todas las fotografías aéreas que no entren en el rango descrito en la tabla, se sugiere utilizar para proyectos temáticos.

3.2.1. Gráfico de líneas de vuelo

a) Se grafican las líneas de vuelo sobre cartografía existente a una escala 1:50 000 en el caso de nuestro país, para establecer la situación relativa de cada fotografía aérea. Este gráfico mostrará las líneas de vuelo con su codificación alfanumérica correspondiente. Los ejes de las líneas de vuelo se representarán uniendo puntos principales de los fotogramas, cuyo número ordinal será múltiplo de 5, indicando la numeración del primero y último de cada pasada. También se consignarán los números de las líneas de vuelo, altura de vuelo, fecha y nombre de la entidad que realiza el vuelo, escala de la fotografía y escala del gráfico.

b) En el gráfico quedarán reflejados, como referencia, los núcleos urbanos, vías de comunicación, cursos de agua principales y líneas de costa con sus topónimos.

3.2.2. Líneas de Vuelo

a) Se utilizarán tantas líneas de vuelo o pasadas que cumplan el cubrir toda la zona estereoscópicamente, utilizando tantas líneas de vuelo o pasadas como sean necesarias.

b) Acorde a la geometría del área, se determinará la dirección de las líneas y/o pasadas, además de tomar en consideración la morfología del terreno, además de las prescripciones legales aeroportuarias.

c) Los ejes de dos fotogramas sucesivos no formarán en ningún caso ángulos superiores a 3 grados.

d) Los ejes de dos fotogramas de número de orden n y $n+2$ no formarán ángulo superior a 3 grados.

e) Cada línea de vuelo sobrepasará los límites de la zona del proyecto, de tal manera, que tres modelos estereoscópicos completos estén fuera del límite señalado, donde si la línea de vuelo es paralela al límite, la última línea de vuelo deberá caer completamente fuera de este.

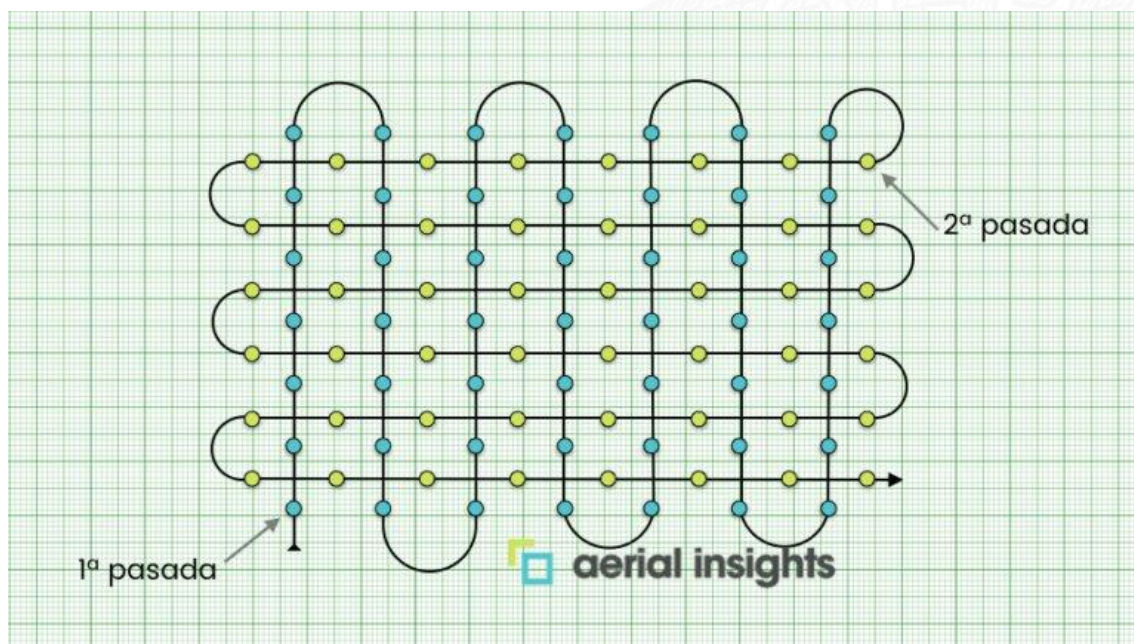


Figura 3.4. Líneas de vuelo



f) Cada imagen fotográfica estará acompañada con la siguiente información: organismo contratante, empresa de vuelo, zona volada, escala nominal, pasadas, Nº de imagen, fecha y hora, Nº de serie de la cámara y de los objetivos, distancia focal calibrada.

g) Cada proyecto de captura de datos sean fotográficos o de otro tipo deberá tener su metadato.

h) El horario de vuelo será cuando se mantenga una altitud solar mínima de 37°.

Las condiciones meteorológicas son obtenidas en la página de internet de la NASA (<http://wwwghcc.msfc.nasa.gov/cgi-bin/post-goes>) proporcionando la referencia de si el cielo se encuentra despejado o cubierto de nubes; si se necesita información más a detalle se consulta al sistemas de la DAC (Dirección de Aviación Civil) METAR (<http://aviationweather.gov/adds/metars/>), a fin de conocer la altura de las nubes y planificar si se acuerdo al GSD del proyecto se puede realizar el vuelo sin necesidad de sobrepasar en techo de nubes en ese momento.

3.3. Cobertura

Para garantizar el recubrimiento estereoscópico de toda el área de trabajo, se fijará un margen de seguridad alrededor de la misma. Normalmente se establecerá en tres fotos centros por fuera del área del proyecto al principio y final de cada pasada.

30

3.3.1. Traslapo o recubrimiento longitudinal

El recubrimiento longitudinal promedio entre fotografías sucesivas deberá ser suficiente para proporcionar un cubrimiento estereoscópico, no será en ningún caso inferior al 60%, ni superior al 70%, con error máximo de un más menos 5%. El Tipo de relieve traslapo, se considerará: Plano 60%, Ondulado 65% y Montañoso 70%. Las variaciones del recubrimiento promedio serán de $\pm 3\%$. En vuelos en los que se derivan en ortofotos, debe calcularse la sobreposición necesaria para que por lo menos una fotografía tenga su punto principal en el centro del espacio que cubrirá la ortofoto correspondiente. Se recomienda utilizar traslapo longitudinal de hasta 80%.

3.3.2. Traslapo o recubrimiento lateral

El traslapo lateral entre líneas consecutivas del área de trabajo debe tener sobreposición estereoscópica. Si por alguna circunstancia una línea se interrumpiera, deberá existir una nueva línea que tenga un modelo estereoscópico común con la anterior. El tipo de relieve traslapo se definirá como: Plano 20%, Ondulado 25% y Montañoso 30%. La variación del recubrimiento promedio será de $\pm 3\%$. Las fotografías con las que se pretende obtener cartografía por medio de ortofotos, se recomienda utilizar traslapo lateral de hasta 40%.



3.4. Determinación de la Escala de Vuelo

a) La elección de la escala de vuelo estará determinada en función de la resolución de escaneo y del GSD que se espera obtener a fin de que sea menor que el GSD_{max}. La relación existente entre escala de vuelo, resolución de escaneo y tamaño del píxel en unidades terreno GSD, como se indica en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Tamaño de píxel en unidades de terreno

Escala	Tamaño de píxel	(GSD) tamaño de píxel en el terreno
1:4000	15 micrones	6 centímetros
1:5000	15 micrones	7.5 centímetros
1:6000	15 micrones	9 centímetros

b) Para determinar la escala de la fotografía aérea, es necesario conocer previamente la escala de cartografía que se pretende obtener.

c) El factor de ampliación es utilizado para determinar la escala de la fotografía, por consiguiente, la altura de vuelo debe permitir obtener una exactitud posicional aceptable en su componente horizontal.

d) Para la producción de cartografía digital escala 1:1 000 el máximo factor de ampliación permitido será 6 veces.

e) La escala aproximada de los fotogramas en los puntos de cota media tendrá una tolerancia de $\pm 10\%$ de la escala definida.

3.5. Vuelo fotogramétrico con cámara digital métrica

3.5.1. Condiciones de Vuelo y Recubrimiento Fotográfico

3.5.1.1. GSD y altura de vuelo

En función de la cámara digital empleada se deberá volar a una altura que asegure que el tamaño de píxel medio por pasada cumpla con las especificaciones del proyecto. Se realizará cada pasada a una altura de vuelo, tal que se cumpla simultáneamente las siguientes condiciones:

- 1) El tamaño del píxel medio para toda la pasada será de $0,10 \text{ m} \pm 10\%$.
- 2) No habrá más de un 10% de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma mayor de $0,11 \text{ m}$.

3.5.2. Avión y equipo

El avión debe ser operado de acuerdo con las regulaciones de la Dirección General de Aviación Civil. Deben llevarse a cabo las inspecciones recomendadas del avión e instrumentos antes de cada vuelo fotogramétrico. La cámara deberá ser ajustada verticalmente en una montura diseñada para aislar las vibraciones del avión. Las



vibraciones angulares de la cámara deben ser reducidas hasta el punto que no tengan efectos significativos en disminución de la calidad. Los miembros encargados de la instrumentación deberán tener una experiencia en misiones fotogramétricas y tener los respectivos permisos de sobrevuelo. El avión debe estar convenientemente equipado para misiones fotogramétricas, provisto de un sistema GPS de doble frecuencia con intervalo de registro de al menos 1Hz sincronizado a la cámara mediante el registro de imágenes y/o eventos, que permita obtener la posición del centro de proyección de la cámara en el momento de la exposición, y de un sistema GPS/IMU con intervalo de registro de al menos 200 Hz, que permita obtener los datos de altitud de la cámara, (ω , ϕ , κ) con las precisiones exigidas después del procesado. El avión debe ir provisto de un sistema de navegación basado en GPS, que permita la planificación del vuelo, la determinación de los puntos de toma, la navegación en tiempo real, el control automático de disparo, el registro de eventos y el registro de datos de captura de cada imagen.

El sistema GPS de referencia en tierra debe estar en la zona de trabajo, indicando la localización de las mismas a la hora de presentar la planificación del vuelo. Las estaciones de referencia en tierra podrán situarse sobre vértices de la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (RENAGE) o emplearse estaciones de rastreo permanente (GNSS) a cargo del Instituto Geográfico Militar. El condicionante para la determinación de las estaciones de referencia será la distancia existente entre el receptor de la estación de referencia y el avión. Dicha distancia será siempre inferior a 30 km, de forma que se puedan alcanzar las precisiones angulares y posición exigidas. La precisión posicional relativa en la determinación de la trayectoria no debe conducir a errores superiores a 15 cm. en X, Y, Z. La precisión posicional absoluta en la determinación de la trayectoria no debe conducir a errores superiores a 5 cm en X, Y, Z (RMS).



Figura 3.5. Avión tripulado

Componentes de un Sistema Fotogramétrico



Figura 3.6. Componentes de un Sistema Fotogramétrico

3.5.3. Misión fotogramétrica

La cámara deberá ser comprobada para asegurar el correcto montaje y funcionamiento. El objetivo, los filtros y el cristal de la ventana deberán ser inspeccionados para asegurarse de que las superficies no tengan rasguños, ni estar descoloridas o quemadas y que estén limpias.

33

3.5.3.1. Planificación y definición de los bloques

Se realizará el planeamiento de vuelo antes de comenzar su realización. Dicho planeamiento debe respetarse posteriormente en el vuelo, de manera que se aseguren las condiciones de recubrimiento y de GSD, así como la cobertura fotográfica de la zona objeto de levantamiento. La desviación máxima de las líneas de vuelo será de ± 5 m respecto de las planificadas. Respecto al planeamiento se elaborará:

- Gráficos en formato CAD en base a la información cartográfica disponible en el IGM constituyendo el soporte técnico del mismo.
- Ficheros de texto con la información correspondiente a líneas de vuelo, fotogramas, coordenadas de puntos principales, etc.

Con el planeamiento de vuelo se deberá entregar la localización de las estaciones de referencia seleccionadas.

3.5.3.2. Definición de las líneas longitudinales y transversales

- a) El efecto combinado de las correcciones del curso del avión, deriva y cabeceo, no deben exceder un desvío aparente mayor a 10° en fotogramas sucesivos.



- b) Para cada línea de vuelo los efectos de la deriva no excederán en promedio 5° medidos desde la línea de vuelo y 10° entre dos exposiciones consecutivas.
- c) Un bloque de fotografías aéreas será rechazado cuando el mismo presente en un 10% o más de líneas y/o fotografías, una variación superior a esta tolerancia.
- d) Durante la toma de fotografía, la cámara debe ser compensada por la deriva del avión, con un error resultante que no exceda los 3°.
- e) Los ejes de las líneas de vuelo deberán ser paralelos. La recta que une los puntos principales de los dos fotogramas extremos de cada línea, no formará en ningún caso un ángulo superior a 5°, con las rectas análogas de las líneas contiguas.
- f) Se debe evitar rupturas de las líneas de vuelo. Cuando esta situación sea inevitable, la línea completa formada por los distintos segmentos debe cumplir con las normas detalladas en este documento.
- g) En las rupturas de líneas, se deben sobreponer al menos cuatro fotografías para asegurar un modelo estereoscópico de recubrimiento o enlace.
- h) Las líneas de vuelo, salvo condiciones particulares de orografía, se orientarán en dirección norte-sur.

3.5.3.3. Recubrimientos

34

El recubrimiento longitudinal será del $60\% \pm 3\%$. En condiciones orográficas adversas, el recubrimiento longitudinal teórico se incrementará lo necesario a fin de garantizar la estereoscopia en toda la zona. Las pasadas de costa se diseñarán de forma que la superficie de agua en cada imagen sea inferior al 20%. Las pasadas de costa tendrán un recubrimiento longitudinal del 60%. El recubrimiento transversal mínimo que deberá existir entre pasadas consecutivas será el 30% del formato de la imagen. En zonas montañosas o de costa, se aumentará el número de pasadas o se realizarán pasadas intercaladas de forma que en ningún punto del fotograma el recubrimiento sea inferior al 20%. Las pasadas han de ser paralelas no permitiéndose que ninguna pasada forme con las consecutivas un ángulo superior a 3 grados sexagesimales. Para garantizar el recubrimiento estereoscópico de toda el área de trabajo, se fijará un margen de seguridad alrededor de la misma. Normalmente se establecerá en tres fotocentros por fuera del área del proyecto al principio y final de cada pasada. Como margen de seguridad al norte y al sur de la primera y última pasada respectivamente.

3.5.3.4. Desviaciones, Trayectoria del avión y eje vertical de la cámara

Los cambios en el curso del avión entre sucesivas fotografías en una línea de vuelo no excederán los 3°. En el momento de la exposición, la cámara deberá ser compensada por el movimiento del avión (mediante un sistema de compensación TDI), de manera que las imágenes resulten perfectamente nítidas. La falta de verticalidad de la cámara para cada fotografía no excederá 3°, y la diferencia para dos fotografías consecutivas en una línea de vuelo no excederá 4°. El efecto combinado de los cambios en el curso, movimiento y falta de verticalidad implicarán una deriva no superior a 5°. La deriva se

define como el ángulo formado por la recta definida por los puntos principales en dos fotogramas consecutivos y la línea que une las marcas fiduciales en la dirección de vuelo. Las exposiciones realizadas para recuperar fotografías dañadas, rechazadas o perdidas deberán realizarse con la misma cámara aérea usada en la exposición original y en las condiciones de fecha y luminosidad más similares.

3.5.3.5. Procesado de datos GPS e IMU

En el caso de no conseguir las precisiones requeridas para el proyecto respecto a los giros calculados con el sistema inercial, se deberá realizar pasadas transversales en los extremos de cada bloque.

Por otro lado, en el caso de que los datos GPS no cumplan los requerimientos mínimos en cuanto a precisiones descritos anteriormente, quedará a criterio de producción el rechazo de los productos y el requerimiento del levantamiento de puntos de apoyo de acuerdo a una distribución clásica, de forma que se asegure una correcta georreferenciación de las imágenes del vuelo.

3.6. Cámaras fotogramétricas digitales

3.6.1. Cámara y equipo asociado

3.6.1.1. Cámara métrica

Se utilizará una cámara fotogramétrica digital de última generación, dotada con dispositivo para la compensación del arrastre de la imagen (TDI) y control automático de la exposición por microprocesador. La cámara digital será de formato matricial o de barrido y deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- Formato de las imágenes pancromáticas: al menos 7500 columnas y 11500 filas.
- Formato de las imágenes multiespectrales: al menos 2000 columnas y 3000 filas.
- Resolución Radiométrica del sensor: al menos 8 bits por banda.
- Resolución espectral del sensor: 1 banda para el pancromático y 3 como mínimo para el color RGB.
- Ángulo de visión transversal: mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales.
- Control de exposición automática obligatorio.



Figura 3. 7 Cámara Métrica



3.6.1.2. Calibración de la cámara

Se debe poseer copia del certificado de calibración en vigencia de la cámara a utilizar para la realización del vuelo fotogramétrico. Además, se entregará el certificado del sensor INS que se empleará en la determinación de los giros.

Cada cámara debe haber sido calibrada, probada y certificada por el fabricante o por un centro autorizado. El certificado deberá reflejar que la cámara ha sido calibrada en un tiempo no superior a dos años desde la finalización de toma de fotografías. Sin embargo, cuando hubiera razones para creer que el funcionamiento no es correcto, la cámara debe ser sometida a una nueva calibración.

3.6.1.3. Montaje de la cámara y sistema inercial.

La cámara debe ser instalada sobre una plataforma giro-estabilizada, automática, dotada de giróscopos propios (para la estabilización de la cámara) y provista de un sistema inercial sincronizado con la cámara métrica y el receptor GPS. Dicha plataforma será obligatoria, con registro de los giros de compensación que permita mantener la verticalidad de la cámara y compensar la guiñada del avión (movimiento en torno a su eje vertical) de forma totalmente automática. Para la correcta determinación de los datos orientación deberá presentarse, un informe con las mediciones y cálculos de los vectores de excentricidad Antena – Cámara e IMU – Cámara. Dichos valores, deben ser obtenidos con precisión milimétrica (mediante técnicas de topografía clásica). En el caso de que el sistema IMU esté integrado en la cámara, se indicará el vector definido por el fabricante.

3.6.1.4. Filtros

Solo se empleará filtros ópticos digitales, diseñados y desarrollados por el fabricante de la cámara.

La falta de luminosidad en cámaras con un ángulo de visión mayor de 60 grados, debe ser compensada por un filtro graduado, Filtro anti-viñeta neutro (anti-Vignetting), que es más oscuro en el centro y más claro hacia el borde.

3.7. Productos derivados

3.7.1. Ficheros digitales del vuelo

Las imágenes originales (nivel 0) serán procesadas según especificaciones del fabricante de la cámara, sin emplear técnicas de aclarar, iluminar selectivamente una parte de la foto con un programa de edición fotográfica (Dodging digital) en el tratamiento de las imágenes. Se entregará una copia en disco duro externo de las imágenes:

- Imágenes de 3 bandas como mínimo RGB a máxima resolución.
- Pancromática a máxima resolución.

El formato del fichero de imagen será TIFF u otro similar (sin compresión). La nomenclatura de los ficheros y el sistema de almacenamiento se establecerán al



principio del proyecto. Las imágenes procesadas deben hacer un uso efectivo de todos los bits según cada caso. Como mínimo deberá recoger los siguientes parámetros:

- Propietario del vuelo
- Empresa que realiza el vuelo
- Zona de vuelo
- GSD del vuelo
- Pasada
- Número de foto
- Fecha y hora de la toma
- Escala gráfica

3.7.2. Memoria del vuelo

Una vez finalizado el vuelo se elaborará un informe que incluya una descripción detallada de las características de los equipos usados (aeronaves, cámaras, plataformas, receptores GPS, IMU, etc.), así como de los diferentes controles realizados para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del material generado.

Se describirán detalladamente:

- Condiciones atmosféricas, materiales utilizados, filtros, tiempo de exposición, apertura del diafragma, etc., empleados para cada día.
- Incidencias: interrupción de pasadas, problemas, cambios de equipos.

3.7.3. Planeamiento y Gráficos de Vuelo

Se entregarán los gráficos en formato CAD indicando los puntos principales de los fotogramas sobre los ejes de las pasadas que integran el vuelo y señalando los límites del proyecto. Asimismo, se entregarán los ficheros de texto con la información correspondiente a líneas de vuelo, fotogramas, coordenadas de puntos principales, etc. Para poder establecer la situación relativa de cada imagen se entregará un gráfico del vuelo a partir de los archivos generados por el sistema de navegación. Dicho gráfico se presentará sobre una base cartográfica que contendrá los núcleos urbanos, vías de comunicación, cursos de agua, línea de costa y topónimos. Se dibujarán los ejes de todas las pasadas con la numeración pertinente, los centros de imágenes indicando su numeración y el ordinal de la imagen en la pasada. Se entregará en formato impreso y digital, en formato CAD grabado en soporte estándar.

3.7.4. Ficheros GPS e IMU del vuelo

Se entregará los ficheros Rinex de la estación base de referencia y el receptor en vuelo, con el registro de eventos correspondientes y ficheros resultantes del proceso, así como el fichero de registros del sistema inercial. Además, se acompañará el fichero en el que se recojan los giros compensados por la plataforma giro-estabilizada.



3.7.5. Base de datos del vuelo

Se entregará un fichero que contenga los siguientes parámetros para cada fotograma:

- Pasada.
- Identificador de la exposición.
- Latitud y longitud (grados sexagesimales con expresión decimal).
- Coordenadas UTM.
- Altura elipsoidal (h) en metros corregida de factor escala.
- Altura ortométrica (H) en metros corregida del factor escala.
- Ω , \emptyset , K en grados sexagesimales con expresión decimal.
- Desviación estándar a priori de X, Y, h.

(Las desviaciones estándar determinan el peso que esas observaciones tendrán en el ajuste).

Fecha y hora GPS de la toma.

3.7.6. Imágenes digitales

- Colección de imágenes en RGBI (8 bits por banda) a máxima resolución.
- Colección de imágenes pancromáticas a máxima resolución original (8 bits).
- Colección de imágenes rápidas “quickview” RGB remuestreadas a una resolución 5 veces menor a la original en formato JPG.
- Informe del Proceso: técnicas digitales empleadas en el tratamiento de las imágenes, formación de la imagen, filtros aplicados, balance cromático, t
- técnicas de PanSharpening (Mejora de la resolución espacial de imágenes) etc.



Figura 3.8 Fotografía aérea

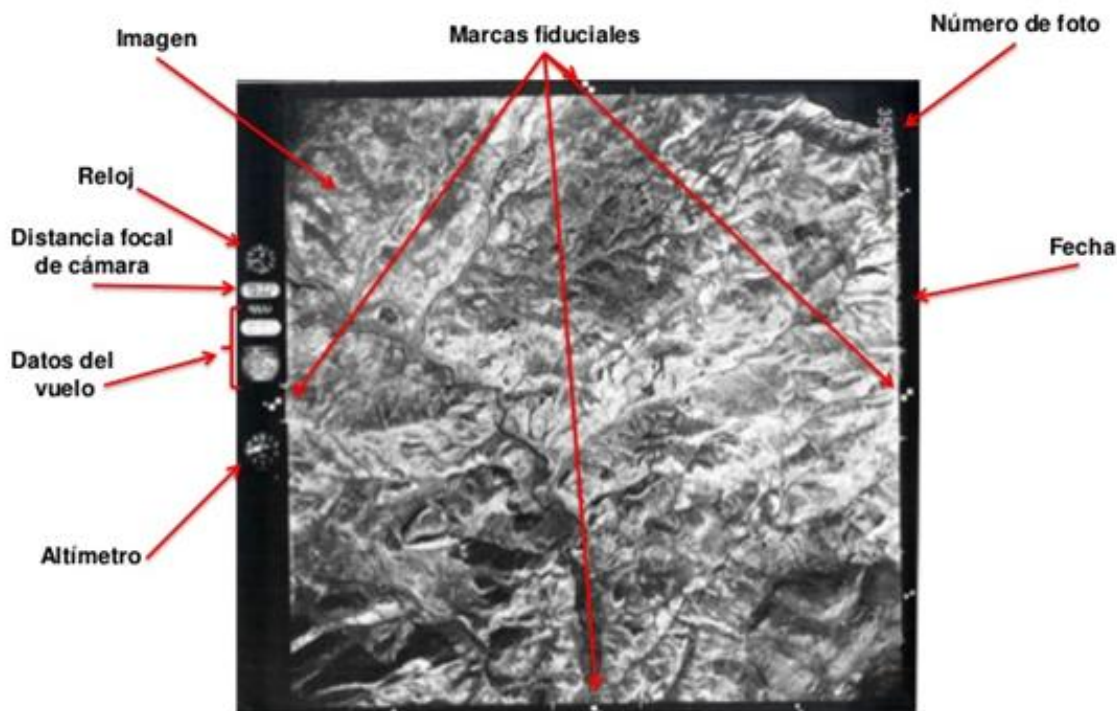


Imagen 3.9. Fotografía aérea cinformación marginal y marcas fiduciales.

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL APOYO DEL VUELO FOTOGRAMÉTRICO

Los trabajos de apoyo comprenderán actividades en campo y gabinete. Los puntos de control geodésico y puntos de referencia para la restitución fotogramétrica de los fotogramas y otras aplicaciones métricas. El apoyo terrestre para control fotogramétrico se compone de puntos de control básico y puntos de control fotográfico. Los puntos de control básico obtenidos en campo, 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 deben ser proyectadas a UTM utilizando un software capaz de asegurar la precisión.

39

4.1. Preparación del Proyecto

- a) Los puntos de control fotográfico deberán ser levantados después de la toma de fotografías.
- b) La planificación y selección de la ubicación de los puntos de apoyo y/o control de campo, se realizará previamente sobre un juego de fotografías (en papel o digitales en formato .tif o .dwg), con apoyo de un fotoíndice, considerando la geometría del bloque fotogramétrico y la precisión del levantamiento.
- c) Mediante la observación de los fotogramas se preseleccionarán en gabinete los puntos de apoyo y/o control de campo, por su accesibilidad topográfica y la existencia de detalles que los caractericen sobre el terreno; lo cual se efectúa utilizando la cartografía existente en escala media sea 1:25 000 o 1:50 000.



- d) Para ello se procederá a la selección de los pares estereoscópicos que deben apoyarse en campo. Sobre estos pares se marcarán los puntos en las zonas de triple recubrimiento, así como las áreas comunes entre las diferentes pasadas y/o líneas que componen el vuelo.
- e) La densificación de puntos de control debe realizarse por bloques de aerotriangulación, seleccionando las fotografías necesarias para cubrirlos estereoscópicamente y planificando el apoyo fotogramétrico para la aerotriangulación, en función del tipo de vuelo.
- f) Se realizará un reconocimiento de cada uno de los sectores planificados, a fin de escoger el mejor sitio fotoidentificable de características puntuales, acorde a la escala de la fotografía.
- g) La zona elegida deberá disponer de gran parte de las condiciones propias para la recepción GNSS, así como condiciones de accesibilidad y permanencia.
- h) Los puntos serán lo más puntuales posibles con preferencia de detalles permanentes como esquinas de casas o casetas, intersección de lindero de parcela, rocas, intersección de caminos o vías, en casos extremos, arbustos aislados pequeños.

4.2. Distribución de puntos de Control para Aerotriangulación

- a) La distribución de los puntos de control en un bloque conformado por varias líneas de fotografías aéreas, es variable, en general, es recomendable tener una distribución homogénea de los puntos de control por todo el bloque, asegurando preferentemente el perímetro.
- b) Un punto de control doble en cada esquina del bloque.
- c) Un punto de control en las esquinas internas de los enlaces entre líneas de vuelo, asegurando el amarre o enlace adecuado entre las mismas.
- d) Un punto de control cada tres modelos, perpendicular a las líneas de vuelo, a los extremos y en las zonas de traslape de las mismas.
- e) En el caso de líneas independientes, la distribución apropiada debe ser la siguiente:
- Un punto de apoyo doble en cada esquina de la línea. Dos puntos de apoyo cada 3 modelos
- f) Si la precisión de los centros de proyección del vuelo es suficiente se podrá realizar un apoyo de campo más reducido.
- g) El número de puntos de chequeo será el 10% del número total de puntos del bloque.
- h) En resumen, el número y distribución de los puntos de apoyo será el necesario para la correcta aerotriangulación del trabajo y por consiguiente la obtención de la calidad métrica que conlleva el producto final.

4.3. Condiciones Generales de la Red

Para iniciar cualquier trabajo geodésico o topográfico se deberá verificar el control geodésico existente del sector a trabajar (Que estaciones de monitoreo continuo están funcionando).



4.4. Establecimiento de Redes Geodésicas Locales

El Instituto Geográfico Militar establece y administra la Red Geodésica Nacional, la misma, se encuentra conformada hoy en día exclusivamente por puntos geodésicos o por estaciones de rastreo permanente GNSS, cuya finalidad es homogenizar los trabajos geodésicos y servir como referencia para el establecimiento de otras estaciones o subredes locales, mediante la diferenciación de las observaciones del usuario con respecto a una o más estaciones.

4.5. Obtención de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico

a) La determinación de los puntos de apoyo geodésico, se realizará por el método de levantamiento disponible, en el caso de posicionamiento GNSS se empleará el método Estático Diferencial, se deberá tener como fijo un vértice de la Red Geodésica Nacional REGME y/o de puntos determinados previamente para el proyecto u otro que obtenga iguales resultados de precisión.

b) Los puntos de apoyo fotogramétrico se determinarán a partir de la Red Geodésica Nacional.

c) Se utilizarán receptores GNSS geodésicos de una frecuencia L1 o de doble frecuencia L1/L2 y código C/A.

d) Cada sesión de observación se planificará previamente para intervalos de tiempo en las que el PDOP (Position Dilution of Precision) sea inferior a 4, determinándose horas comunes de recepción.

e) Para garantizar la precisión en la generación de cartografía Esc. 1:1000 será necesario realizar circuitos de nivelación.

f) El propósito del control vertical consiste en determinar la altura de los puntos de fotocontrol en relación al nivel medio del mar.

g) Todo circuito debe tener una partida y llegada a una marca de cota fija conocida (marca de cota fija IGM), con el fin de verificar los cierres.

h) Todo circuito de nivelación debe incluir un gráfico en el que se considere ruta de acceso, sentido (ida y regreso) y distancia obtenida por instrumento a fin de que las comprobaciones de campo determinen el cálculo real.

4.6. Cálculo

El procesamiento de datos, se hará en función del tipo de levantamiento realizado, así, por ejemplo, para el caso de posicionamiento GPS se hará con los programas de ajuste GPS; en todos los casos, se debe cumplir con los requerimientos de precisión exigidos en el proceso de Aerotriangulación aérea.

4.7. Reconocimiento y Fotoidentificación

a. Se realizará el reconocimiento en el terreno con la fotografía aérea del proyecto, identificando un detalle característico, el mismo que será fotoidentificado en la fotografía aérea con numeración impar, marcando el detalle, a fin de ayudar en el proceso de medición.



b. Al reverso de la fotografía, alrededor del marcado, se materializará un croquis en el que se incluirá los detalles planimétricos existentes en un radio de 30 metros; el gráfico debe estar orientado al Norte.

c. El detalle característico debe ser fotoidentificado en las zonas de traslapo lateral y longitudinal de las fotos contiguas.

d. También se elaborará una monografía del punto en la que constará: coordenadas geográficas y planas, altura, ubicación, orden, descripción geográfica del punto, tipo de monumentación, si lo hubiera, vías de penetración, fecha de determinación, proyecto, nombre del operador y/o responsable, gráfico debidamente orientado al Norte.

4.8. Precisiones

a. Planimetría:

Precisión de los puntos de apoyo. Planimetría: error cuadrático medio RMS, (Root mean square) menor o igual a 0,05 metros, en X e Y independientemente.

b. Altimetría:

El error de cierre no será en ningún caso superior a $\pm 12 \text{ mm } \sqrt{K}$, siendo K la longitud en kilómetros.

4.9 Memoria de ejecución del Proceso.

42

a) Lista de coordenadas y monografías de los puntos de apoyo fotogramétricos, control horizontal y control vertical determinados, acompañados por un croquis georreferenciado de su ubicación.

b) Lista de coordenadas y monografías de los vértices de la Red Geodésica Nacional ocupados, que sirvieron de base en el posicionamiento, acompañados por croquis georreferenciados de ubicación.

c) Fotografía aérea con los puntos de control básico y suplementario fotoidentificados, pinchados al reverso de la misma y/o fotogramas digitales señalados y rotulados.

d) Se entregará una memoria explicativa del trabajo, junto a los cálculos realizados, así como un gráfico con la distribución de los puntos con sus conexiones a la Red Geodésica Nacional.

e) Se llenará los metadatos respectivos en la plantilla preparada para el efecto.



5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA AEROTRIANGULACIÓN DIGITAL

La siguiente fase a realizar es la aerotriangulación, que permitirá que a partir de un número mínimo de puntos de apoyo y mediante mediciones en los fotogramas determinar las coordenadas de los puntos de enlace y los parámetros de la orientación exterior. La aerotriangulación se realizará por técnicas digitales y el método de compensación será el de ajuste de haces con parámetros GNSS.

5.1. Orientación interior de la imagen digital.

- a) La orientación interior consiste en la medida de las marcas fiduciales en la imagen digital, estableciendo la relación entre las coordenadas píxel de la imagen digital y el sistema de fotocoordenadas definido en el certificado de calibración de la cámara.
- b) Se localizará las marcas fiduciales digitalizadas, semiautomática o manualmente, por comparación con una marca fiducial patrón, procediendo a su medida y al cálculo de la orientación.
- c) Se utilizarán las ocho marcas fiduciales. De cada una de estas orientaciones se obtendrán los residuales correspondientes.
- d) La precisión en la orientación interna tendrá un valor del error cuadrático medio, RMS (Root mean square) inferior a 0.5 del tamaño del píxel del sensor.

5.2. Orientación exterior de la imagen digital.

- a) Los puntos de enlace se obtendrán por correlación, pasando posteriormente un control de calidad para asegurar el correcto enlace entre fotogramas y entre pasadas y/o líneas, completando manualmente aquellas áreas que se han quedado sin puntos de enlace.
- b) Se observarán un mínimo de 12 puntos de enlace en cada modelo (2 en cada zona de Von Grüber) conectando modelos y un mínimo de 1 punto de enlace conectando pasadas y/o líneas en zonas de enlace.
- c) A partir de la medición de dichos valores instrumentales (x,y), de la orientación interior, y de las coordenadas terreno (X,Y,Z) introducidas, se resuelve las ecuaciones de condición de colinealidad, que expresará que el punto objeto, su imagen y centro de proyección, se encuentren en una misma recta obteniéndose en consecuencia, los parámetros de orientación absoluta de la fotografía.

5.3. Cálculo y ajuste del bloque

- a) Para la orientación simultánea del bloque se emplearán en el cálculo de la aerotriangulación, los puntos de control establecidos en el apoyo fotogramétrico, los puntos de enlace obtenidos en la formación del bloque y las posiciones de los fotocentros proporcionadas por el receptor GNSS.
- b) Los resultados del ajuste del bloque deben conducir a un error cuadrático medio, RMS, tanto en planimetría como en altimetría.



c) Precisión planimétrica final RMSE inferior a GSD (metros). GSD: GroundSampleDistance (tamaño del píxel en el terreno-metros). Calculada independientemente en cada coordenada para un número representativo de puntos

d) Precisión altimétrica final RMSE inferior a GSD (metros), calculada por el mismo método que en el caso anterior.

e) En el interior del bloque, para garantizar la precisión final del producto, se realizará una medición con los puntos de chequeo, los cuales no habrán intervenido en el ajuste del bloque.

f) Residuo máximo en los puntos de control inferior a 1,5 veces el GSD.

g) Las tolerancias para los errores residuales serán los siguientes:

Para Planimetría $0,2 \text{ M}/1000 \text{ m}$

Para Altimetría $0,3 \text{ H}/1000 \text{ m}$

Siendo **M** el denominador de la escala del plano y **H** la altura del vuelo en metros.

5.4. Memoria de ejecución del Proceso

Al concluir este proceso se elaborará un informe que incluya una descripción de las características de los equipos y del software utilizado, de los diferentes controles realizados para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y del material generado.

a) Memoria de la fase de aerotriangulación.

44

Gráfico por bloques de la aerotriangulación con indicación de puntos de control, centros de proyección y puntos de enlace.

b) Ficheros del proyecto (calibración de la cámara, orientaciones interna y externa, mediciones de puntos de apoyo, puntos de paso y puntos de chequeo, ajustes).

c) Listado de cálculos y resultados proporcionados por el software utilizado para la realización de la aerotriangulación, donde queden reflejados los residuales de las mediciones, los resultados de los diferentes ajustes, orientaciones, etc.

d) Fichero ASCII con las fotocoordenadas de todos los puntos medidos en cada Fotograma, incluido las 8 marcas fiduciales.

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

La Restitución Fotogramétrica es el procedimiento para generar modelo 3D del terreno a partir de un par estereoscópico con el propósito de extraer elementos, para la elaboración de un mapa nuevo o actualizado. El mapa terminado no puede ser ni más preciso, ni puede contener más información que su compilación fotogramétrica. Debe tenerse sumo cuidado en la selección y colocación del detalle cartográfico para que el mapa terminado no sólo cumpla con las normas de precisión, sino que también satisfaga el propósito del mapa. La compilación debe ser clara y legible e incluir cada detalle que debe mostrarse en el mapa terminado, debida y adecuadamente delineado y colocado.



6.1 Información a Restituir

Los elementos planimétricos y altimétricos a representar, así como su codificación y simbología gráfica, se especifican en el Catálogo de Objetos y Símbolos generados como complemento de la presente propuesta de Especificaciones Técnicas.

a) Planimetría: La restitución deberá contener todos los detalles identificables a partir del vuelo, en su exacta posición y verdadera forma (a escala), con dimensión mínima de 0,5 mm. en el plano. Otros elementos de interés con dimensión menor a 0,5 mm. se representarán como norma general mediante símbolos.

- La restitución de los detalles planimétricos se efectuará a nivel del terreno. Así, en el caso de las edificaciones se tomará, siempre que el vuelo lo permita.
- El encuentro de los edificios con el terreno se representará con línea continua; cuando esto no sea posible y lo que se restituya sea el alero, se tomará con línea entrecortada para así facilitar la revisión de campo.
- Asimismo, se capturarán las medianeras, patios interiores y todos aquellos detalles como muros, calles, carreteras, etc., que definan las parcelas y/o propiedades.
- De los edificios públicos e históricos fotoidentificables como son: Iglesias, Palacios, Municipalidades, etc., se restituirán las cubiertas y cumbres, no se restituirán los dibujos en el pavimento y elementos transitorios.

b) Altimetría: la equidistancia de curvas será de 1 metro, con curvas maestras cada 5 metros. Los puntos de cota y las curvas deberán registrarse según las especificaciones contenidas en el Catálogo de Objetos y Símbolos.

45

6.2. Codificación y estructura

a. La codificación y estructura será la siguiente:

a.1 Codificación. Cada objeto gráfico incluido en el modelo de datos se identificará de forma nominal a través de un código alfanumérico normalizado.

a.2 Estructura. Los objetos e información asociada se estructurarán en niveles agrupados en Tema, Grupo y Objeto.

a.3 El Catálogo de Objetos y Símbolos. Contempla los siguientes tipos de elementos:

- Punto
- Línea
- Polígono
- Símbolo
- Texto

b. Cada uno de los elementos generará un tipo de nodo, línea o polígono. El chequeo y validación deberá incluirse dentro del plan de control de calidad.



6.3. Estructura de la Información Geoespacial

a) Relieve:

- En las áreas densamente edificadas, la definición de la altimetría será a través de puntos acotados en todos los cruces de la red vial y cambios de pendiente. Las curvas de nivel en estas áreas serán referenciales.
- En áreas llanas, cumbres, colinas, fondos de depresión y en detalles planimétricos significativos: puentes, represas y cruces entre vías de comunicación se emplearán puntos acotados
- Toda curva índice o maestra se representará con un grosor mayor que las intermedias y se le rotulará su valor respectivo.
- Las configuraciones de detalle lineal como: taludes, terraplenes, desmontes, zanjas y escarpados, se diferenciarán con su respectiva representación gráfica.

b) Hidrografía:

La red hidrográfica se representará distinguiendo cursos permanentes e intermitentes, incluyendo la representación de otros rasgos hidrográficos diversos. Se incluirá la línea de costa, si es pertinente.

c) Detalles Culturales:

- Graficar manzanas, predios, áreas construidas y veredas
- Red de vías públicas: delimitación de sus márgenes.
- Vías de comunicación (carreteras, caminos, puentes, líneas férreas y elementos relacionados).
- Líneas de conducción (eléctrica, ductos y gasoducto).
- Representar todas aquellas áreas o zonas de interés (áreas recreacionales: zonas deportivas, parques, jardines, piscinas, etc.).

6.4 Precisiones finales en la Planimetría y Altimetría.

Para la restitución digital, el error para el trazo de detalles planimétricos, (el error estándar de trazo de dibujo de restitución) será máximo 0,5 de pixel respecto al modelo ajustado.

a) Planimetría:

En la planimetría, la posición del 90 % de los puntos bien definidos no diferirá de la verdadera en más de 0,20 mm., y el 10 % restante no diferirá en más de 0,25 mm., a la escala del plano impreso.

b) Altimetría:

Las elevaciones del 90% de los puntos acotados en el mapa digital, no diferirá de la verdadera en más de $\frac{1}{4}$ del valor del intervalo de curva de nivel, el 10% restante nunca excederá del valor del $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva de nivel.



- El control de dichas precisiones se realizará mediante el levantamiento de una serie de puntos en diferentes zonas del trabajo elegidas al azar.
- En el caso de existir varios bloques fotogramétricos, se controlarán todos ellos. Si se detectan errores superiores a los indicados en más del 10% de los puntos tomados se rechazará el bloque o zona del trabajo en cuestión.

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CLASIFICACIÓN DE CAMPO.

La clasificación de campo constituye una etapa del proceso cartográfico en la cual se desarrolla la verificación, actualización y validación de las entidades geográficas con sus respectivos nombres geográficos a través de un levantamiento sistemático en campo para su posterior publicación en un determinado producto con las especificaciones del modelo de datos previamente definido. **Verificar:** Consiste en establecer la variación de los registros sobre entidades geográficas y nombres en los registros existentes en las bases de datos respectivas. **Actualizar:** Actividad mediante la cual, los registros existentes en las bases de datos sobre entidades geográficas y topónimos, cambian, de acuerdo a la dinámica espacial de los mismos. **Validar:** Dirigida a capturar entidades geográficas con sus nombres respectivos, que no se encuentran relacionadas en la información existente en las bases de datos del IGM.

7.1. Clasificación de Campo

a) Para realizar el levantamiento de la Clasificación de Campo se debe tener en cuenta, lo estipulado en las especificaciones y los manuales de levantamiento de clasificación de campo del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).

b) El material deberá ser preparado en su totalidad antes de salir a campo. Esto implica:

- Identificación de la zona de trabajo
- Análisis e inventario de la información disponible.

c) Preparación del material de campo, la demarcación de las áreas útiles de levantamiento para cada aerofotografía y/o originales de restitución, la identificación completa de las fotografías y/o originales de restitución adyacentes, la señalización del norte, anotación de la información analizada, existente en el IGM y de los respectivos códigos del análisis realizado sobre la cartografía y formatos anexos.

d) En la toma de datos, se deberá analizar, en lo posible, el origen, la difusión y conocimiento de los topónimos, procurando el más alto grado de confiabilidad de cada uno de ellos.

e) La obtención de la información deberá ser minuciosa, cada dato o nombre debe ser de amplio dominio en la región y su aceptación se obtendrá cuando se confirme con por lo menos tres personas que habiten en la zona durante los últimos años, o quienes a través de estudios específicos la conozcan. Los datos básicos de cada fuente serán consignados en las fichas toponímicas.

f) Se debe apoyar la investigación en la georreferenciación del topónimo a la Red Geodésica Nacional (REGME), a cargo del Instituto Geográfico Militar; la misma que tiene como base el Sistema de referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), así como la información de



base (cartografía, aerofotografías y manuales) y la consulta en los documentos oficiales disponibles de los entes administrativos locales y comprobar la veracidad de los mismos.

g) Los topónimos correspondientes a áreas se deben investigar y ubicar de la manera más precisa posible. En los casos que existan dos o más nombres, estos deben consignarse, señalando entre paréntesis el segundo mediante una reseña aclaratoria.

Para cumplir con lo anterior, el clasificador de campo deberá:

- Realizar el levantamiento de nombres geográficos y nombres propios de los elementos cartográficos necesarios para la elaboración de cartografía a escala 1:1 000.
- Identificar y clasificar los elementos físicos y artificiales confrontándolos en terreno con los que aparecen representados en las fotografías aéreas y/o originales de restitución.
- Elaborar una base de datos o fichas toponímicas, con el fin de alimentar el Banco de Datos Toponímicos y Nombres Geográficos.

Además, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Realizar un estudio de la toponimia y de nombres geográficos anotándolos para confirmar o actualizar los cambios ocurridos en el área. Si se trata de una zona costera es importante consultar mapas hidrográficos para definir líneas de orilla y demás elementos.
- Cuando sea necesario obtener datos in situ, mantener el buen trato con las personas del lugar, explicando la clase de trabajo que se efectúa en la región y los motivos por los que se realiza esta labor. A su vez, la información obtenida en campo deberá ser veraz, libre, espontánea y valorada por el clasificador antes de ser anotados.
- La clasificación de campo se levantará en copias de contacto, ampliaciones y/o originales de restitución.

7.1.1. Caminos y afines

Se levantará la nomenclatura oficial de Avenidas, Jirones, calles, pasajes y prolongaciones.

- Todas aquellas vías que tienen nombre, además de la nomenclatura y ancho de vía, se le anotará el nombre correspondiente.
- Se clasificarán todas las vías peatonales.
- Se clasificarán todas las líneas férreas.

7.1.2. Edificios

Se clasificarán entre otras las siguientes edificaciones:



- Edificios gubernamentales: incluye oficinas y dependencias nacionales, departamentales, provinciales y distritales; juzgados, correos, centrales telefónicas, cárceles, estaciones de bomberos y de policía, energía, acueducto, centros de salud, hospitales, bancos, Instituciones educativas, y aquellos similares. Centros religiosos, mercados y estadios. Aeropuertos, campos de aterrizaje y helipuertos: Indicando dimensión de las pistas. Edificios Privados: Se incluyen bancos, fábricas, centros comerciales, grandes almacenes, centros y depósitos para combustible, hoteles, instalaciones para servicio de radio y televisión, otras empresas comerciales importantes para la economía regional y nacional. Embajadas y consulados. Las edificaciones que se encuentren aisladas de las áreas urbanas serán clasificadas adecuadamente.

7.1.3 Accidentes culturales misceláneos

La generalidad de estos elementos se clasificará en:

- Puentes (viales y peatonales), viaductos, calzadas, vados, alcantarillas, pasos superiores e inferiores.
- Túneles y tuberías.
- Líneas de energía, telefónicas y antenas
- Tanques y pozos
- Estaciones de bombeo, presas, diques, cortes y rellenos, esclusas, compuertas.
- Estructuras portuarias y de costa.
- Áreas recreativas.
- Áreas de minas (canteras, escombreras, cavidades y boca minas).
- Muros, cerco.
- Chimeneas, monumentos, cementerios.

7.1.4. Accidentes hidrográficos

- Corrientes de agua permanente e intermitente.
- Líneas de orilla de lagos, lagunas, embalses y otros depósitos de agua, etc.
- Canales y corrientes canalizadas.
- Zanjales de drenaje y regadío, acequias.
- Conductos y tanques de agua (elevados o no).
- Cataratas y rápidos.
- Manantiales, pozos.
- Terrenos sujetos a inundaciones, humedales, pantanos, etc.
- Las acequias, canales, drenajes, desagües.
- Se clasificarán todos los cauces secos con la simbología adecuada.



7.1.5. Vegetación

Las zonas verdes. Las áreas de cultivos que sean permanentes. Bosques, matorrales, etc.

Consideraciones generales:

- a) Los nombres propios obtenidos, se debe consignar en fichas toponímicas enumerando cada elemento en forma secuencial, tanto en la fotografía y/o originales de restitución como en la ficha toponímica, con las correspondientes observaciones a que haya lugar para cada elemento procurando en lo posible omitir las abreviaturas y siglas, de no ser así se aclararán al margen de la línea de traslape.
- b) Anotaciones de cambios (actualización). El clasificador hará las anotaciones necesarias para indicar cambios en detalles importantes sucedidos después de la toma de las fotografías.
- c) Generalmente pueden trazarse estos cambios mediante observación visual lo más preciso posible, identificando los elementos localizados en el terreno, los trazados de carreteras nuevas, ferrocarriles, líneas de transmisión eléctrica o elementos similares, mediante el uso de instrumentos como navegadores (GPS).
- d) Debe adjuntarse toda la información conseguida que soporte la investigación realizada para los nombres geográficos.
- e) Cada clasificador hará el respectivo empalme con las fotografías y/o originales de restitución contiguas para una correcta continuidad de la información.
- f) En caso de información contradictoria, el clasificador hará la anotación respectiva con el fin de encontrar una solución al conflicto.
- g) Debe darse preferencia a los nombres para los cuales existe autorización de tipo legal.
- h) En caso de duda, la regla general es ajustarse al uso local, en cuyo caso se consultarán al menos tres personas autorizadas en cuanto al nombre y el deletreo. Se debe tener en cuenta el manejo de los términos geográficos consultando un glosario para una buena aplicación.
- i) Se evitarán nombres diferentes para diversas partes del mismo elemento topográfico. Generalmente se usa el mismo nombre para un elemento en toda su longitud, pero cuando por dominio local sea necesario rotular dos nombres para un mismo accidente, el nombre predominante irá primero, seguido entre paréntesis, del otro nombre.
- j) Una buena clasificación de campo no debe saturar la fotografía y/o originales de restitución de información. Debe recopilarse toda aquella que sea predominante, de uso reconocido y aceptado por la comunidad. Nunca recurrir a la del dominio personal, como la obtenida de escrituras. Se recomienda dar énfasis a los nombres de corrientes de agua, ríos, lagos, montañas, cimas, carreteras, ferrocarriles y elementos similares.
- k) Se recomienda, una vez terminada la clasificación, consultar los datos consignados y solucionar los posibles conflictos con las autoridades locales.
- l) Todos los nombres y anotaciones serán rotulados y simbolizados en tintas de colores de tal forma que se facilite su interpretación. Igualmente, para todo el proceso de clasificación de campo se seguirán las instrucciones del Catálogo de Objetos y Símbolos del IGM.



m) El dibujo debe hacerse al momento de la visita al campo y no en oficina para evitar olvidos y una mala clasificación.

n) Es responsabilidad del clasificador suministrar información de manera clara, confiable y veraz sobre los nombres, detalles y descripción de los diferentes elementos.

8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA EDICIÓN CARTOGRÁFICA

La información restituida pasará por un último proceso que garantizará la correcta adecuación de la cartografía resultante a las especificaciones establecidas en el presente documento. Así, en la edición gráfica se realizarán los siguientes trabajos:

8.1. Compilación cartográfica

En este proceso se recopilan las fuentes de información del proyecto, material cartográfico como: modelos de restitución (datos geoespaciales), banco de datos de clasificación de campo, mapas bases con diversos contenidos, y otros que sirven de apoyo a la edición del mapa.

8.2. Identificación, verificación y Clasificación de la restitución

Debido a la gran cantidad de datos existentes, la identificación de estos es importante; cada entidad debe ser clasificada por niveles, concordante con el Catálogo de Objetos y Símbolos.

8.3. Edición y limpieza topológica

a) Durante la vectorización digital se cometen errores que no son perceptibles al ojo humano los cuales se hace preciso corregir, para ello es necesario realizar la limpieza topológica.

Los principales errores que se cometen durante la vectorización son:

- Inconsistencia vectorial
- Duplicidad de elementos
- Segmentación
- Fragmentos
- Desconexión
- Desplazamiento

b) La limpieza topológica asegura la integridad de las entidades, de manera que los vértices de áreas cerradas en los que confluyan tres o más polígonos, den lugar a un nodo y como tal, inicien y finalicen un tramo de las cadenas de los perímetros de las áreas que confluyen.

c) Deberá existir continuidad analítica en todos los objetos cartográficos lineales, de forma que el nodo inicial de un tramo coincidirá exactamente con el nodo final del tramo precedente.

d) La topología se realiza a las áreas, puntos y líneas de forma computarizada con las herramientas de un ordenador. A cada elemento le corresponde un nivel según sus atributos. Para la asignación de los símbolos y atributos se usará el Catálogo de Objetos y Símbolos que permitirá el control de calidad en proceso para corregir deficiencias.

8.4. Determinación del formato del plano y distribución de las hojas en función al sistema de codificación

8.4.1. Diseño

- La línea marginal define el formato de la hoja que encuadra los límites del plano para la impresión.
- La Figura 8.1 muestra las líneas de la hoja, los límites de trabajo y el tamaño de recorte.

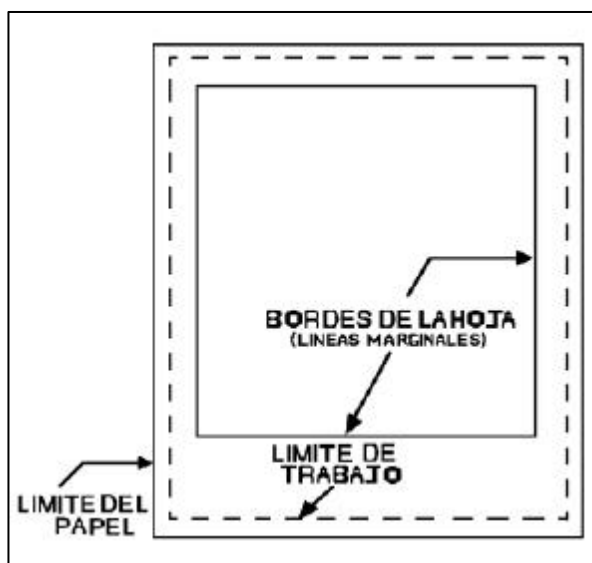


Figura 8.1 Líneas de las hojas

- Los planos topográficos forman parte de una serie, cada hoja del plano es una pequeña parte de los miles que cubren el país para esta escala.

Generar la proyección con cuadrantes de 18" (segundos) de latitud por 22.5" (segundos) de longitud.

8.4.2. Generación de cuadrícula

Se generará la cuadrícula UTM consistente en líneas rectas que se interceptan bajo un ángulo recto y equidistante a intervalo de 100 metros.

8.4.3. Información marginal

Los elementos que ayudan a una interpretación correcta del plano están estructurados y emplazados en la información marginal que comprende los elementos siguientes:

- Identificación del plano
- Interpretación del plano y datos útiles
- Otros datos marginales

a) Identificación del plano:

Las identificaciones del plano son aquellas que aparecen en las márgenes del plano los cuales sirven para identificar una hoja cartográfica. Estos detalles son:

- **Escala de la hoja**

La nota de escala es una fracción representativa que indica la relación entre una distancia en el plano y la distancia correspondiente en la superficie terrestre. La nota de escala de 1:1 000 indica que una unidad de medida en el plano equivale a 1 000 unidades de la misma medida en el terreno. Las escalas gráficas son expresiones gráficas de la escala del plano que proporcionan los medios para hacer mediciones. Se establece una combinación de escalas gráficas, compuesta de varias unidades de medida. Los puntos cero de la escala gráfica están alineados verticalmente. La Figura 8.2, muestra la escala gráfica estándar para mapas a escalas de 1:1 000.

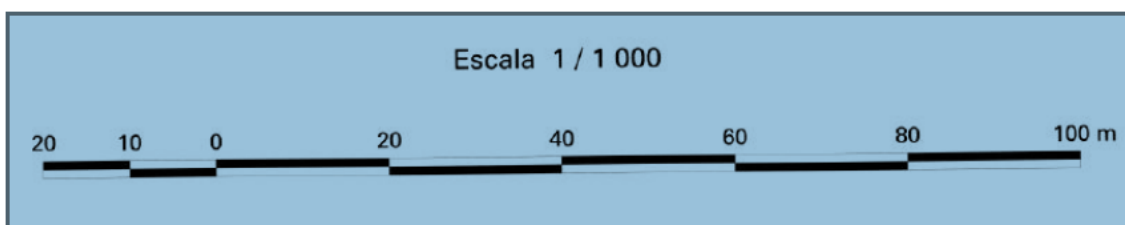


Figura 8.2 Escala gráfica y numérica

- **Nombre de la hoja**

Normalmente se le da el nombre del accidente cultural o natural más sobresaliente. Los nombres de rasgos culturales son preferibles a los de accidentes naturales; sin embargo, si un accidente natural es más conocido que cualquier detalle cultural que aparece en el plano, se elegirá el nombre del accidente natural.

El nombre de la hoja se determina por el rasgo más importante de la información a representar, siendo el orden de prioridad: localidades, hidrografía y orografía.

- **Número de serie de la hoja**

Los planos topográficos están agrupados en series para facilitar su preparación, identificación, catalogación, almacenamiento y distribución. Cada serie se identifica por medio del nombre y código de la hoja.

- **Diagrama de hojas adyacentes**

Representar mediante un recuadro que comprenda un conjunto de hojas índice, en el que se indica la posición central que guarda la hoja de representación de la cartografía, respecto a las hojas adyacentes a la misma. El diagrama constará de tantos rectángulos como sean necesarias, para establecer la posición central del rectángulo que representa la hoja en cuestión. El diagrama generalmente contiene nueve rectángulos, pero la cantidad puede variar según la ubicación de las hojas adyacentes. El diagrama no tiene que ser necesariamente



simétrico. Todas las hojas representadas se identifican por su código correspondiente. No se indican las coordenadas de las hojas representadas.

b) Interpretación del plano y datos marginales:

La interpretación del plano y datos útiles está dada por aquellos detalles que aparecen en el margen del plano, los cuales son necesarios al usuario para identificar accidentes, evaluar la información del plano y emplear para el propósito que fue diseñado. Estos detalles son:

- **Clave de símbolos y signos convencionales o leyenda.**

La clave de los símbolos y signos convencionales define e ilustra los accidentes representados en un plano que no se ha podido representar a escala. Todos los símbolos incluidos en la clave estándar no necesariamente aparecen en cada hoja y no se eliminan a menos que el espacio se necesite para modificar la clave.

- **Notas de Publicación**

Cada mapa producido por el IGM lleva una nota de publicación que se lee: Preparado y publicado por Instituto Geográfico Militar, indicando la metodología y las fuentes empleadas.

- **Nota de los intervalos de curvas de nivel**

La nota acerca de los intervalos de curvas de nivel, indica la diferencia en elevación entre dos curvas de nivel intermedias sucesivas. Las notas además indican, cuando sea apropiado, el uso de curvas de nivel suplementarias, líneas de forma y sus combinaciones. Ejemplo: **INTERVALO DE CURVAS DE NIVEL 1 METRO**

- **Nota acerca del elipsoide, cuadrícula y proyección**

Se indica el elipsoide de referencia empleado para un mapa. Para fines prácticos, se viene utilizando el World Geodetic System 1984 (WGS84), el cual, tiene similitud con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 - Geodetic Referente System 1980 (GRS80), ambos reconocidos y establecidos a nivel mundial. Para el Ecuador se establece la Proyección Cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM). El Ecuador continental se encuentra comprendido en tres Zonas: Zona 17 y Zona 18. La separación uniforme de las líneas de cuadrícula para la serie a escala 1:1 000, pueden establecerse con intervalos cada 100 metros. Datum Horizontal: SIRGAS Ecuador Datum Vertical: Nivel Medio del Mar (n.m.m.). Ambas referencias son establecidas en la Cartografía Básica Oficial del Ecuador, por el Instituto Geográfico Militar.

- **Logo del IGM**

Se muestra el logo del IGM en la parte superior de la hoja.

- **Notas para el usuario del plano**

Cada plano preparado por el IGM, sin restricciones de seguridad, tiene una nota para los usuarios que dice:



“SE SOLICITA A LOS LECTORES QUE ENCUENTREN ERRORES U OMISIONES EN ESTE MAPA, MARCAR LAS CORRECCIONES EN EL MISMO Y ENVIARLO A: Instituto Geográfico Nacional (IGM), Av.SenierguesE4-676 y Gral. Elmo Paz y Miño ,Teléf.: 3975100, www.igm.gob.ec”

- **Membrete**

Nombre y logotipo de la Institución para quien se genera la Cartografía Básica, fecha de emisión y fuente cartográfica.

c) Otros datos marginales:

Cuando son requeridos detalles adicionales a aquellos arriba listados, estos son especificados en las instrucciones suplementarias del proyecto.

8.5. Rotulación de toponimia

a) Selección de color: Se tendrá en cuenta al iniciarse el proyecto, las series de color a utilizar. Los colores que se requieran pueden ser especificados en el sistema como series de tonos pertenecientes a distintos colores, pero de igual claridad. Si se sobreponen elementos de igual características puede presentar problemas de legibilidad. En un plano que se introducen varios elementos, tendremos que tener precauciones para lograr un contraste gráfico entre ellos.

b) Detalles topográficos:

En mapas urbanos los nombres entran en contacto con las calles y deben tener contraste con los demás elementos.

c) Localización del nombre:

Es la correcta colocación del nombre, para una correcta identificación. La posición ideal para el nombre es a la derecha de este, pero no en la misma línea horizontal. Se ha de dejar suficiente espacio entre el rótulo y el símbolo, y este tiene que ser por lo menos la mitad del tamaño de la última letra del rótulo. Los nombres y los números no pueden estar en curvas quebradas, se pondrá de forma del elemento sea suave. Siempre que sea posible los nombres se extenderán dos terceras partes del territorio al que se refieren. Cuando dos nombres se tengan que cruzar, deberán hacerlo con el ángulo más recto posible. La leyenda tendrá que especificar y clasificar de forma precisa los símbolos y las dimensiones de estos en el plano. También el color adjudicado, así como el tipo de original.

8.6. Textos

a) Durante la edición se procederá a incorporar todos los textos necesarios, tales como toponimia, nombres de vías, edificios públicos, etc.

b) Cada uno de estos textos formará una serie de caracteres, excepto en los casos en que el texto en cuestión deba ocupar varias líneas. En general, los textos tendrán una orientación Este – Oeste, excepto en los casos siguientes:

- Nombres de vía, que irán paralelos al eje, excepto en plazas, rotondas y/o plazas circulares y similares.

- Nombres de elementos lineales, cuya línea de base será paralela al propio elemento para adaptarse a la forma de este.
- La orientación de la ubicación del tipo, leyendo de izquierda a derecha, se muestra en la dirección de las flechas del diagrama. La única excepción a esta orientación establecida ocurre cuando algunos símbolos lineales adyacentes se encuentran casi paralelos a una orientación perpendicular. En este caso, la orientación del tipo rotulado al accidente adyacente casi paralelo se hace de acuerdo a la orientación del rótulo perpendicular.

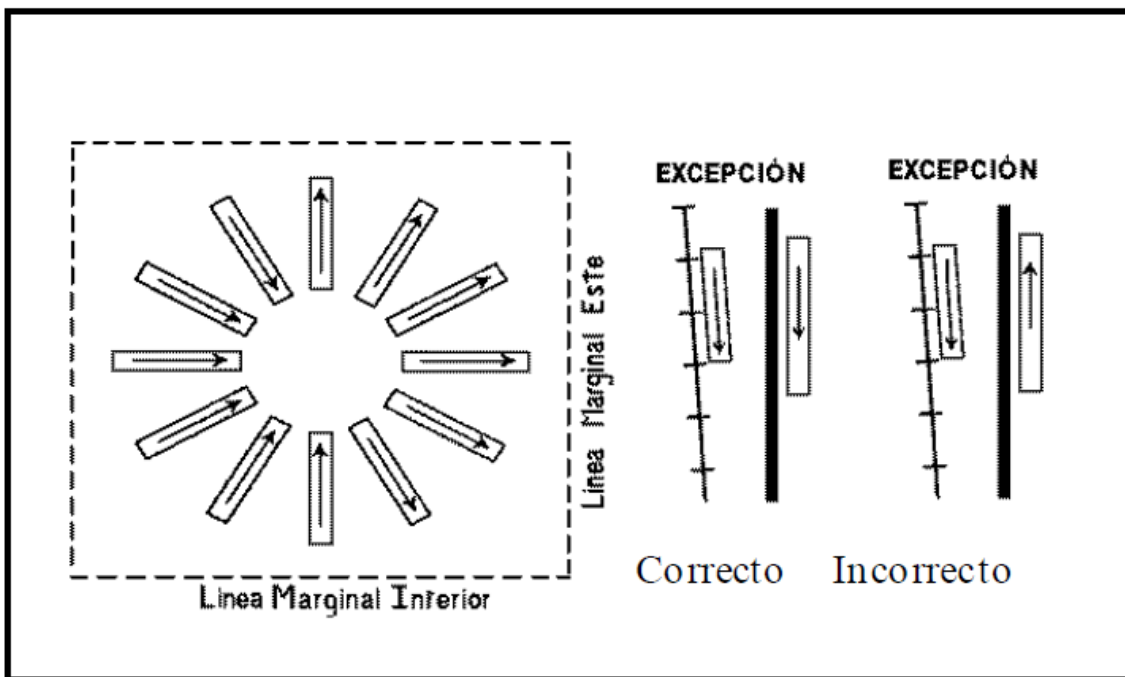


Figura 8.3 Correcto Incorrecto

8.7. Conformación de la Cartografía Base Digital

- a) Toda el área restituida se fusionará en un solo archivo informático vectorial manteniendo en todos los elementos la escala y las coordenadas X, Y, Z. En este archivo general, no se permitirán elementos cortados o divididos por efecto de la unión de hojas de restitución.
- b) Con la finalidad de permitir el relacionamiento con un Sistema de Información Geográfica, todos los elementos cartográficos se clasificarán gráficamente conforme al Catálogo de Objetos y Símbolos. Los polígonos deberán tener cierre perfecto y constituirse en elementos únicos.
- c) Para la conformación de la cartografía base digital se tomará en cuenta los siguientes criterios:
 - La representación de las hojas cartográficas deberá mantener todas las características de la restitución que les dio origen.



- Los traslapes entre hojas deberán tener precisión absoluta, de manera que todos los elementos cortados por efecto de la subdivisión se reconstruyan con toda precisión al unir dos hojas contiguas, sea en formato digital o en papel.
- Cada hoja mantendrá sus coordenadas de origen, de manera que, al ser incorporada como bloque o archivo de referencia sobre otra hoja contigua, se ubique en la posición correcta con precisión absoluta sin necesidad de efectuar traslados o mover bloques.

8.8. Memoria de ejecución del Proceso

Al finalizar el proceso de Edición Cartográfica, se debe elaborar una memoria descriptiva incluyendo los diferentes procesos, métodos y equipos empleados, así como un listado de los ficheros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DEL PERÚ. (2011). *Norma Técnica para la Producción de Cartografía Básica Escala. 1:1 000 (IGN) V1.0.*

Sifuentes, Vásquez. (1997). *Introducción A la Fotogrametría.*

Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, ASPRS Positional accuracy standards for digital geospatial data, Edition 1, Version 1.0, November 2014.

Diferentes manuales de la Gestión Cartográfica