

Programa Nacional de Administración de Tierras
(PRONAT)

REPUBLICA DE PANAMA

PROYECTO:
"EJECUCION DE VUELOS FOTOGRAFICOS DIGITALES Y LA
ELABORACION DE RESTITUCION FOTOGRAFICA,
ORTOFOTOGRAFIAS, MAPAS Y ORTOFOTOMAPAS VECTORIALES
DIGITALES EN LA REPUBLICA DE PANAMA"

REPORTE SOBRE

LA PRODUCCION DE ORTOFOTOS

RESOLUCION FOTOGRAFICA 10 cm (ESCALA
1:5,000)

BLOQUE CENTRAL

OCTUBRE 2008

REPORTE SOBRE LA PRODUCCION DE ORTOFOTOS

ESCALA FOTOGRAFICA 1:5,000 (GSD 10 cm)

CONTENIDO

1. INFORMACION

GENERAL.....2

2. METODOLOGIA, EQUIPO Y SOFTWARE.....3

2.1. Aero Triangulación.....3

2.2. Generacion de los DEM.....3

2.3. Edición de los DEM.....6

2.4. Ortorectificación.....6

2.5. Balance de Color.....10

2.6. Generación de Mosaico Automático.....11

2.7. Edición Manual de Empalmes.....13

2.8. Mosaico Final.....15

3. CONTROL DE CALIDAD.....15

3.1. Aero Triangulación.....

.....	17
3.2. Generación Automática del DEM.....	17
3.3. Edición Manual del DTM.....	17
.....	17
3.4. Ortorectificación.....	18
.....	18
3.5. Balance de Color.....	19
.....	19
3.6. Edición de Empalmes.....	19
.....	19
3.7. Control de Precisión Geométrica de Ortofotos Finales.....	19
3.7.1. Estándares de Precisión.....	19
.....	19
3.7.2. Metodología del Control de Calidad.....	20
3.7.3. Resultados.....	20
.....	20
4. RESUMEN.....	20
.....	20
ANEXO 1: PRESENTACION DE PANTALLA DE SUPERPOSICIÓN DE ORTOFOTOS CON MAPAS VECTORIALES.....	21
ANEXO 2: CATALOGO DEL SOFTWARE DE PRODUCCION FOTOGRAMETRICA INPHO.....	35
.....	35
ANEXO 3: CATALOGO DEL SOFTWARE DE MATCH-T.....	36
ANEXO 4: CATALOGO DEL SOFTWARE DE DTMASTER.....	37
ANEXO 5: CATALOGO DEL SOFTWARE DE ORTHOMASTER.....	38
ANEXO 6: CATALOGO DEL SOFTWARE DE ORTHOVISTA.....	39

1. INFORMACION GENERAL

En Marzo del 2007 el Consorcio recibió adjudicación del contrato para realizar la fotografía aérea digital, ortofotos digitales y mapas vectoriales a tres escalas en la República de Panamá. El contrato para ejecutar el proyecto: “Ejecución de vuelos fotogramétricos digitales y la elaboración de restitución fotogramétrica, ortofotografías, mapas y ortofotomapas vectoriales digitales en la República de Panamá” fue firmado tardíamente con respecto a la temporada aerofotográfica del 2007. Sin embargo, el consorcio movilizó la tripulación, cámara y otros equipos necesarios para la ejecución del proyecto después de firmado el contrato, logrando finalmente tomar más de 3,200 fotografías antes del inicio de la temporada de lluvias en el mes de Mayo. La cantidad total de fotografías planificada para todo el proyecto es de 15,000.

Adicionalmente, pocas líneas de vuelo fueron ejecutadas en la parte del Bloque

Este y Oeste, la mayoría de la fotografía tomada en la temporada del 2007 fue en el Bloque Central definido como área prioritaria. Estas líneas de vuelo del Bloque Central forman en conjunto el bloque de aproximadamente más de 2300 fotografías. Este reporte ha sido preparado para describir la producción de ortofotos de este bloque.

2. METODOLOGIA, EQUIPO Y SOFTWARE

Toda la producción fotogramétrica en Tailandia está basada en una línea de producción fotogramétrica de Inpho GmbH, Stuttgart Alemania. La línea de producción consiste de los siguientes softwares:

- ApplicationsMaster 5.1
- Match-AT 5.1
- Match-T 5.1
- DTMaster 5.1
- OrthoMaster 5.1
- OrthoVista 4.3
- OrthoVista Seamline Editor 4.3

Existen otros softwares, iniciados y desarrollados por ApplicationsMaster, pero el OrthoVista y el OrthoVista Seamline Editor son todavía productos autónomos. Cada fase de trabajo, con la descripción de la metodología y software utilizados están descritos a continuación en cada apartado. Los catálogos de los softwares de producción fotogramétrica de Inpho se incluyen en el anexo 2.

2.1. Aerotriangulación

Se preparó un informe exhaustivo, mismo que fue entregado separadamente después de finalizada la aerotriangulación de este bloque. El reporte fue preparado en diciembre del 2007 y entregado a PRONAT a inicios de enero del 2008. La aerotriangulación no está incluida en este reporte, mismo que se enfoca únicamente en la producción de ortofotos.

2.2. Generación del DEM

General

En este proyecto se ha utilizado el software Match-T para extraer los DEM necesarios para la ortorectificación. La historia relacionada a la correlación de imagen, y el cómputo automático del DEM no tiene mucho tiempo haberse iniciado. Las primeras versiones de este software aparecieron en el mercado a mediados de los años noventa. El pionero en esta área como en toda la fotogrametría digital es Inpho GmbH de Stuttgart, fundada por el Prof. Dr. Ackermann. Por muchos años, dos sistemas fotogramétricos digitales, siendo estos

Carl Zeiss e Intergraph no contaban con el propio software para la extracción del DEM, pero ellos compraban los componentes de Inpho. Actualmente, existe un gran número de paquetes de software para generar el DEM, pero el Consorcio utiliza los productos de Inpho, y el Match-T es considerado actualmente en el mercado como el más desarrollado, confiable y de alta precisión.

Metodología

Incluimos a continuación una breve descripción del flujo de trabajo para el computo del DEM usando el software Match-T de Inpho GmbH.

1. Generación del Proyecto

No es necesario, pero el Match-T puede directamente leer el archivo del proyecto generado por el Match-AT y el paquete de AAT.

2. Orientaciones

No son necesarias ejecutarse otra vez, debido a que estas pueden ser leídas directamente de los archivos del proyecto por medio de lo generado por Match-AT; esto aplica a todas las orientaciones: interior, relativa y absoluta.

3. Pirámide de Imagen

No necesita ejecutarse otra vez ya que pueden utilizar las mismas pirámides generadas por el AAT.

5. Datos Morfológicos

El software Match-T le permite al usuario introducir datos de altura adicional, puntos y líneas de ruptura antes de procesar el modelo de elevación. Estos datos pueden ser de proyectos anteriores o pueden ser digitados nuevamente con el estereo-restituidor.

En proyectos normales de ortofoto, no es necesario introducir datos morfológicos adicionales.

6. Ajuste de los parámetros de correlación

Existe un gran número de parámetros diferentes para controlar la correlación.

Los parámetros más importantes son el tipo de terreno (montaña, colina o planicie) y fluidez (alto, medio y bajo).

El ajuste de estos dos parámetros dependen del tipo de terreno y del producto final, para la generación de curvas de nivel más fluidez es normalmente necesaria que

para la ortorectificación del DEM.

7. Cómputo del DEM

Puede ser realizado completamente automático como un proceso en bloque.

Precisión

Aún y cuando la fotogrametría digital ha reemplazado la analítica durante los últimos quince años, es notable que ninguna de las formulas básicas de fotogrametría está actualmente obsoleta. También, la precisión de altura de una fotografía aérea puede todavía ser definida con las mismas formulas. El principal asunto a considerar al definir la precisión de altura es, si estamos hablando de observaciones manuales o automáticas en la extracción del DEM basada en la correlación de imagen, es la altura del vuelo o más preciso aún la proporción (ratio) de la altura del vuelo y la base de la fotografía. Como principio básico, la precisión teórica de la altura es 0.2 % de la altura del vuelo sobre el nivel del suelo. Con la escala del vuelo de la fotografía de este bloque equivale a decir lo siguiente:

10 cm GSD (escala de la fotografía 1:5 000)

- 101 mm longitud focal
- Altura del vuelo = $11111 \times 0.101 \text{ m} = 1122 \text{ m}$
- Precisión teórica de la altura = aprox. 25 cm

Confiabilidad

Otro criterio para evaluar la calidad del DEM generado por medio de la correlación de imagen es la confiabilidad. Existen un par de factores que influyen tremendamente en la confiabilidad de la correlación de imagen, estos son:

Terreno

- Las superficies de grandes masas de agua causan gran problema
- Áreas de vegetación extensas, densas, homologas pueden causar en muchas ocasiones problemas.

Calidad de la imagen

- desde el punto de vista de confiabilidad, la calidad de la imagen es un factor muy crítico.
- imágenes escaneadas con escaso contraste muchas veces puede llevarnos a resultados insatisfactorios.
- Grandes diferencias radiométricas entre fotografías adyacentes pueden también llevarnos a resultados deficientes.

- En este proyecto, las fotografías digitales tomadas con la cámara aerofotográfica Vexcel fueron procesadas con extremo cuidado y su calidad radiométrica es excelente, por lo tanto no existe imprecisión procedente de la calidad radiométrica de la fotografía de este bloque.

Ajustes

- Si los parámetros de correlación están fijados incorrectamente para un tipo de terreno específico, la calidad del DEM será reducida; sin embargo este es un asunto que se puede aprender rápidamente.

El Consorcio ha estado empleando el software de generación automático MATCH-T durante más de diez años, debido a lo cual la experiencia obtenida a la fecha es muy extensa,

consistiendo en unos cientos de miles de fotos. Indudablemente el método es económico, rápido, factible y bastante exacto para la producción de ortofotos, no existiendo mérito alguno para regresar a los métodos tradicionales, u métodos analíticos en cualquier proyecto de de producción de ortofotos a gran escala. El folleto de software de Match-T está incluido en el Anexo 3.

2.3. Edición del DEM

Todos los modelos de elevación digital generados por el Match-T con el método automático de correlación de imagen ha sido cuidadosamente revisado y estereoscópicamente editado con el software y paquete de hardware de DTMaster, un producto de Inpho GmbH. Las líneas de ruptura, donde ha sido necesario han sido digitadas usando el mismo software.

El DTMaster es un editor de DTM 3 dimensional. El DTMaster no está conectado a cualquier software de CAD o SIG. Después de importar los datos vectoriales al DTMaster es posible:

- Medir los datos nuevos
- re-medir los datos existentes
- editar la data existente
- agregar datos a la data existente
- revisar la data
- revisar la calidad de la data
- eliminar la data
- exportar la data

El DTMaster puede funcionar simultáneamente con los diferentes tipos de data de vector, ortofotos, estéreo imágenes y ofrece al usuario herramientas avanzadas de edición y mejora de la data de modelo del terreno (LIDAR, puntos de nubes irregulares, raster data, grids, etc...).

El DTMaster puede ser utilizado únicamente con los tipos de data anteriormente mencionados, pero puede ser apoyado con estéreo mediciones de sensores de

3-líneas e imágenes de satélite. El DTMaster puede usarse en ajustes de data numerosos, y despliega en línea las curvas de nivel para asegurar la calidad. Los cambios son directamente monitoreados y desplegados durante el vuelo.

El DTMaster ofrece herramientas de edición avanzada, las cuales permiten edición de áreas completas con un simple click. Algoritmos de interpolación local, amplia proyección y filtrado local, así como funciones de rellenos de huecos reducen el tiempo de edición y proveen resultados de alta calidad.

El Consorcio tiene un total de 18 estaciones de trabajo con DTMaster las cuales son utilizadas en dos turnos. Con estas se tiene la capacidad suficiente para ejecutar proyectos grandes en período de tiempo relativamente corto. El catálogo del software del DTMaster está incluido en el anexo 4.

2.4. Ortorectificación

Aspectos Generales

El software de Inpho, OrthoMaster fue utilizado para realizar la ortorectificación de este proyecto, el cual está amarrado a otros componentes de la línea de producción. El gran beneficio o ventaja de esto es que el procedimiento de rectificación total es muy directo, práctico y automático. Típicamente todas las fotografías, orientaciones, modelos de elevación, etc. pueden ser importados dentro de un par de minutos y pueden ejecutarse las rectificaciones del bloque como un proceso automático por lote.

El OrthoMaster está controlado por el ApplicationsMaster y está diseñado para generar ortofotos de una manera fácil y sin dificultad - individuales así como también por juegos completos de un bloque de imágenes. Sus atributos principales son:

- El uso de archivos del proyecto INPHO definidos con el ApplicationsMaster
- Importación de la Data de diferentes Fuentes para interpolar o usar modelos de elevación.
- Consideración de líneas de ruptura y varios puntos integrados al paquete de interpolación del DTM.
- Cómputo automática de las áreas de ortofotos
- Selección sofisticada de herramientas para imágenes individuales y bloques de data.
- Herramienta rápida y sofisticada para la ortorectificación.
- Generación automática de ortofotos verdaderas en combinación con el software OrthoVista.

Hay prácticamente tres factores que, influyen principalmente en la calidad de la ortofoto digital, dos de ellos geoméricamente y uno radiométricamente. Existen tres

componentes básicos para producir ortofotos digitales: imágenes digitales, orientaciones de foto y modelo de elevación digital. La calidad radiométrica de las fotografías digitales es directamente transformada en la ortofoto resultante. Si el proceso de escaneo / proceso de foto digital se realiza en base a las especificaciones, la calidad radiométrica de la ortofoto será insatisfactoria también. Debido a esto, un control de calidad apropiado para el escaneo o procesamiento de la foto digital es esencial durante toda la producción. En este bloque, la calidad radiométrica de las fotos digitales es excelente.

Los otros dos componentes, orientación exterior de las fotografías y del modelo de elevación digital, por otra parte afectan directamente en la precisión geométrica de la foto rectificadas. Si el software usado es un software de ortorectificación profesional no existe prácticamente ningún factor relevante que afecte la calidad de la ortorectificación.

Metodología

Como se menciona anteriormente, actualmente la ortorectificación es extremadamente práctica y un proceso automático. Los principales pasos para trabajar con el software de Inpho, el software de OrthoMaster son los siguientes:

1. Generación del Proyecto

Con el software de Inpho, el OrthoMaster abre el archivo existente del proyecto creado por el ApplicationsMaster. El OrthoMaster es iniciado del menú del ApplicationMaster.

2. Orientaciones

No es necesario realizar una vez más, porque todas las orientaciones interior y exterior son guardadas en el archivo del proyecto. Abajo hay una fotografía de la vista principal del OrthoMaster.

3. Importación del DEM

Fácil y rápido para hacer, solamente se define el archivo(s) a ser importado. El OrthoMaster apoya varios

GSD de 10 cm)

8

formatos de DEM, por ejemplo el Ascii XYZ y el AutoCAD DXF. Abajo hay una foto ilustrando las opciones de importación usando archivos de AutoCAD DXF. Como puede observarse en la ilustración, los puntos numerosos y líneas de ruptura guardada en diferentes capas de DXF, pudiéndose manejar separadamente cuando se importe en el OrthoMaster, produciendo mejores DTM para la ortorectificación.

4. Parámetros de Ajuste

Es necesario fijar los siguientes parámetros:

- salida con nombres de archivo y acceso al directorio
- salida de resolución del terreno (tamaño del pixel)
- formato de salida de imagen (TIFF con *.tfw encabezados son normalmente usados)
- método de re-muestreo a ser usado (normalmente siempre se usa el bicúbico)
- método de rectificación, rápido o preciso (preciso debe ser usado siempre)

5. Definiendo las áreas de ortofotos

El OrthoMaster puede generar automáticamente las áreas de ortofotos dejando un área de traslape definida por el usuario entre las ortofotos adyacentes. Por su puesto que también puede rectificarse todas las fotografías, si así se desea.

6. Selección de las fotos a ser rectificadas

En algunos paquetes de software es realizado a través de la selección manual de los archivos deseados de una lista existente. En el caso del OrthoMaster la selección es realizada por el arrastre de un cuadrante o digitando el polígono alrededor del área de interés.

7. Efectuando la rectificación

La rectificación misma es completada automáticamente por el proceso de lote, efectuada en el fondo.

Remuestreo

Normalmente, en todos los paquetes de software modernos de ortorectificación, a partir del software de Inpho, OrthoMaster existen tres diferentes métodos de re-muestreo a seleccionar. Estos son los siguientes:

- Remuestreo del punto más cerca
- Remuestreo Bilinear
- Remuestreo Bicúbico

En este proyecto el método de remuestreo bicúbico fue usado para la rectificación debido a que produce el mejor resultado de calidad de imagen. Este método se basa en un juego de 16 pixeles en un arreglo 4x4 que son promedios para determinar el valor del pixel de salida. El método utiliza la función cúbica no lineal que pesa el input de entrada en un arreglo de 4x4 de acuerdo a la distancia del centro del pixel de salida. Los valores de pixel distantes tienen menos

influencia que los valores de píxel cercano. Este método afina las orillas y suaviza la interferencia y normalmente produce mejores resultados de calidad que los otros dos métodos de remuestreo. La desventaja de este método es que requiere la realización de más cómputo y por ende es el más lento. Sin embargo, las computadoras actuales tienen gran capacidad y velocidad que permiten que esta desventaja no sea considerada una desventaja. Por lo tanto, de no existir otra razón el método de remuestreo cúbico debería ser utilizado siempre. A continuación se incluye una imagen ilustrando la idea de remuestreo.

Precisión Geométrica

Básicamente existen dos fases de producción que pueden tener un impacto en cuanto a la calidad o precisión geométrica de la ortofoto producida. Estas fases son la aerotriangulación que provee los parámetros de orientación para las fotografías y el modelo digital del terreno. Las otras fases de trabajo no tienen influencia alguna o muy poca influencia en la precisión geométrica.

La precisión de los parámetros de orientación interior y exterior no son tan críticos para el proceso de producción usando los programas modernos de aerotriangulación y ajuste. El tópico crítico es la calidad del modelo de elevación digital utilizado.

2.5. Balance de Color

El balance de color para las fotografías ortorectificadas es realizado antes de producir el mosaico por medio del uso de una herramienta radiométrica integrada al paquete de software del OrthoVista. El Radiometrix Editor de OrthoVista tiene una herramienta ponderosa para corregir el brillo, contraste, balance de color y saturación de fotografías ortorectificadas. Sin embargo, en este bloque Central de Panamá la calidad radiométrica de las fotos digitales originales tenía bastante brillo que, necesitaron muy pocas correcciones y balance de color, casi nada, pero el balance de color fue cuidadosamente evaluado antes de iniciar el mosaico de la ortofoto. A continuación hay cuatro fotografías ilustrando las herramientas más comunes del OrthoVista Radiometrix Editor.

2.6 Mosaico Automático

Después de ejecutado el balance de color, se realiza el mosaico automático utilizando el OrthoVista. El software de OrthoVista es un producto poderoso que mejora la calidad, utilidad y valor de ortorectificado, y los mosaicos de imagen digital a través de una serie de ajustes radiométricos para emparejar el color y la intensidad a lo largo de las

imágenes y producir empalmes de mosaicos perfectos.

El software OrthoVista calcula los ajustes radiométricos que compensan los efectos visuales tales como manchas, estampas en los lentes y puntos no coincidentes entre mosaico de imágenes adyacentes. Adicionalmente ofrece herramientas poderosas para manipular la radiometría de grupo de imágenes o individuales. Finalmente el OrthoVista produce automáticamente mosaicos de ortofotos de una alta calidad, proporcionando una capacidad para definir la producción rápida y práctica del mosaico. A continuación se incluye una muestra de datos importados al OrthoVista, antes del procesado.

El OrthoVista remueve reflejo solar “manchas” y mejora la uniformidad visual de la mayoría de ortofotos por medio del balance de intensidad y variación de color a lo largo de cada fotograma. El software compensa varios efectos de luz por medio del juego de color e

intensidad de imágenes adyacentes ingresadas para poder proveer una suave y consistente imagen radiométrica a lo largo de todas las imágenes. El OrthoVista puede corregir color y defectos de intensidad introducidos durante el escaneo u otros procesos fotográficos. También los reflejos del agua pueden ser eliminados y las imágenes pueden interactivamente ser cambiadas en color, brillo, contraste y saturación.

Muchas de las capacidades de procesado de OrthoVista son implementadas, siendo estas las siguientes:

- Remover manchas
- Eliminar intensidad
- Ajuste de inclinación
- Remover reflejos
- Rotación de imagen
- Mosaicos
- Mosaico centrado
- Aplicador de empalme

Cada área define un archive de salida. Las correcciones radiométricas son calculadas para las áreas definidas por medio del procesado de todas las áreas. El procesado del OrthoVista no incluye imágenes cuya área no fue incluida en el área de procesado. El primer paso común en las operaciones de producción es definir el archivo. Normalmente la definición del archive de salida es creado durante la preparación del plan de vuelo o como parte de las actividades administrativas. El OrthoVista puede leer estos archivos y usarlos para definir los límites del mosaico de salida.

Una vez que las imágenes son cargadas y definidas, el área de procesado y archivos de salida (hojas cartográficas) ya se puede procesar las imágenes usando el Orthovista. Casi todas las opciones de procesado de imágenes son controladas in las opciones del procesado. A continuación se muestra una imagen con "Opciones de Procesado".

En el Consorcio siempre generamos la Data de empalme y la guardamos automáticamente en archivos de vector DXF. Esto es muy importante en proyectos grandes de ortofotografía debido a estos proyectos como es el caso de Panamá, los empalmes generados automáticamente so están en un 100% correctos y a tal punto no proveen resultados finales satisfactorios, pero estos son

GSD de 10 cm)
12

siempre evaluados y editados cuidadosamente con el Orthovista Seamline Editor.

Que tipo de opciones y ajustes son escogidos para "El Ajuste de una Imagen" y "El Ajuste de Grupo de Imágenes" varían mucho de un proyecto a otro, y normalmente probamos ajustes diferentes para ellos con un juego de pocos datos y después de encontrar los mejores ajustes, se produce el mosaico para el bloque completo.

2.6. Edición Manual de Empalmes

Después de que el mosaico del bloque es completado automáticamente, se realiza una evaluación y edición exhaustiva de los empalmes generados automáticamente. Esto es realizado con el Orthovista Seamline Editor. El Seam Editor es agregado al Orthovista, el cual permite definir manualmente el empalme de los polígonos. Es querido para ser usado en áreas urbanas donde la aproximación automática del Orthovista puede producir un resultado no deseado.

Aunque la edición de empalmes puede hacerse en las diferentes fases de producción del mosaico de la ortofoto, es mejor realizarla justo antes de que el mosaico final es producido. Para entonces, el ortofotos ya encaja radiométricamente de tal modo que, el

mosaico
resultante puede ser juzgado mejor definiendo el empalme.

El Seam Editor muestra una WYSIWYG (Lo que Usted Ve Es Lo que Usted Obtiene) vista del mosaico resultante. Esto le permite comprobar como se verá el mosaico final antes de la producción del mismo. La única diferencia entre la demostración y el mosaico final es que la demostración no incluye el despliegue de las ortofotos adyacentes.

El Seam Editor apoya la importación y exportación del polígono de empalme de / a los archivos DXF. Este atributo puede ser usado para la documentación y objetivos del control de calidad, así como también para la importación de empalmes de otros sistemas. Además, uno puede decidir tener demostraciones adicionales cada uno con una solo ortofoto solo. Estas demostraciones pueden ser usadas durante la definición del empalme para evaluar la ubicación en imágenes que actualmente están ocultas. También podría digitalizar uno o todos los polígonos de empalme en estas demostraciones.

Los polígonos son guardados en el directorio de la meta data. Para cada ortofoto existe un archivo con la extensión "cld" el cual contiene los polígonos para la imagen. OrthoVista y Seam Editor intercambian información vía el directorio de la meta data. Los empalmes de polígonos son siempre polígonos cerrados definiendo el área de la imagen la cual es usada posteriormente para llenar los cuadrantes. Los empalmes poligonales de todas las imágenes no se traslapan. El par de imágenes mostradas a continuación ilustran un problema en el empalme automático en la imagen a la izquierda y el empalme corregido en la imagen de la derecha.

SD de 10 cm)
13

A continuación hay una fotografía mostrando el OrthoVista Seamline Editor. Esta muestra tiene una vista cubierta por 4 ortofotos superpuestos.

- Las áreas sombreadas en rojo son las áreas cubiertas únicamente por una ortofoto.
- Las áreas sin sombreado son las áreas cubiertas por varias ortofotos.
- La línea poligonal esta mostrada en color verde.

Después de que todos los empalmes generados automáticamente son revisados, editados y guardados, es tiempo de regresar al OrthoVista y continuar con el mosaico final usando los empalmes editados.

2.7. Mosaico Final

El mosaico final es producido con el software OrthoVista, utilizando la radiometría anteriormente definida y probada juntamente con la aplicación de empalmes nuevamente editados para el proceso. Generalmente los pasos a realizar son los siguientes:

- Iniciar OrthoVista y cargar las ortofotos
- Cargar la definición para los mosaicos
- Seleccionar las áreas de mosaico a ser generadas
- Abrir el procesador de window
- Seleccionar el directorio de la meta data usada con el Seam Editor
- Seleccionar "Seam Applicator" como el método de mosaico y chequear los parámetros opcionales.
- Elegir y fijar el ajuste anteriormente definido
- Iniciar el procesado

El resultado del mosaico final estará acorde al corte de los ortofotos de acuerdo a las hojas cartográficas definidas. Estas hojas cartográficas están aún sujetas a la revisión final y chequeo de la precisión geométrica.

3. CONTROL DE CALIDAD

La producción de ortofotos es un proyecto gradual que consiste en varias fases de trabajo separadas, mismas que brevemente están descritas en el apartado anterior. En PASCO y FINNMAP seguimos dichos estándares de control de calidad, realizando un control de calidad exhaustivo después de la finalización de cada fase de trabajo y los operadores son autorizados para continuar con la próxima fase únicamente después de que el equipo de Control de Calidad ha autorizado la fase de trabajo anterior. Este procedimiento significa que, siempre que un error es encontrado, sólo es necesario realizar nuevamente una fase en lugar de todas las fases de trabajo, si por ejemplo el Control de Calidad es efectuado al final y algún error crítico encontrado.

En este apartado están descritos todos los procedimientos del control de calidad y estándares implementados en cada una de las fases de trabajo, incluyendo el control de precisión geométrica para la producción de las ortofotos finales. A continuación hay unas imágenes ilustrando la idea central en la ortorectificación (izquierda) y la relación entre la proyección central de foto y ortofoto (derecha). Estas claramente muestran la importancia de la calidad / precisión del modelo de elevación digital utilizado para la rectificación.

En el siguiente gráfico está representado gráficamente el flujo de trabajo en la producción de ortofoto.

Proyecto de Fotografía Aérea Digital y Mapeo de Panamá
Escala 1:5,000 (GSD de 10 cm)

3.1. Aerotriangulación

El control de calidad realizado durante la aerotriangulación está descrito detalladamente en el reporte de aerotriangulación del Bloque Central de Panamá, de fecha Diciembre 2007, por lo tanto no está descrito en este informe.

3.2. Generación Automática del DEM

Básicamente el control de calidad en la generación del DEM a través de la correlación automática de imagen es realizada en la edición de 3D DTM con el software DTMaster. Sin embargo, con el Match-T existen varios parámetros a digitar, mismos que son necesarios seleccionar separadamente para cada proyecto de acuerdo a la escala y el terreno. Después de generar automáticamente el DEM, este es revisado en pequeñas partes alrededor de las diferentes partes del bloque y es investigado como funcionaron los parámetros ingresados, por ejemplo, qué tan bien los modelos de elevación automática sigue los detalles del terreno. Si la correlación de imagen ha producido un DEM que no sigue los detalles del terreno, se realiza una retroalimentación al equipo de trabajo operando el Match-T y el DEM es producido nuevamente con más parámetros apropiados para poder ahorrar tiempo en la edición manual del 3D DTM.

3.3. Edición Manual de DTM

El concepto básico de la edición manual de DTM es como sigue:

- En área urbana / residencial todos los puntos de elevación caen sobre la copa de los árboles, edificios, otras estructuras de construcción etc., son editadas estereoscópicamente sobre el nivel del suelo.
- En áreas donde los puntos de elevación caen en otro lugar y no siguen los detalles del terreno, estos son editados sobre el suelo; normalmente esto no es tan necesario realizarlo si los parámetros asignados han sido fijados correctamente y aplicables al terreno con el software Match-T.

□

- Líneas de ruptura son digitadas sobre otra capa de AutoCAD donde sea que, la

grid

del modelo de elevación es generado y editado no describe el terreno de manera precisa; estos detalles sobre el terreno son los siguientes:

- o Cotas pronunciadas
- o Orillas de carreteras y calles elevadas
- o Orillas de canales o riachuelos

- Puntos de elevación sobre superficies de agua son editados sobre la elevación de la orilla predominante.
- Puntos de elevación sobre cubiertas, donde existen zonas boscosas extensas o áreas con vegetación donde el nivel del suelo no es para nada visible, son dejados sobre la copa de las superficie, únicamente son editadas las elevaciones prevalecientes alrededor de las áreas cubiertas / canopy.

El último punto en la edición del DTM mencionada anteriormente, es un asunto de particular atención y cuestionamiento o dudas con personas que no están familiarizadas con la producción fotogramétrica y ortofotos digitales. En algunos proyectos de producción de ortofotos está especificado que los modelos de elevación deben ser editados al nivel del terreno, aún y cuando la vegetación sea totalmente impenetrable, esta es una aproximación absolutamente equivocada reportada en el informe de supervisión, el cual tomó largo tiempo para ser revisado (del 16/May/08 al 06/Oct/08).

Debe recordarse y entenderse que en la ortorectificación estamos rectificando el reflejo en la superficie, no el nivel del terreno; esto es aplicable en áreas abiertas. Y si en el caso de zonas arboladas es rectificadas de acuerdo a la elevación del terreno, por ejemplo 10 - 15 metros abajo de la copa de los árboles nos produce un desplazamiento muy grande y resultados indeseables en el mosaico, debido a que el desplazamiento de la cota rectificadas está en dirección opuesta de la foto adyacente. Árboles aislados, arbustos y grupos pequeños de árboles deben ser naturalmente editados al nivel del terreno; caso contrario produciría distorsión de imagen en las ortofotos.

La estructura organizativa de PASCO Tailandia, específicamente el Departamento de Aerotriangulación y Ortofotos es tal que, para cada proyecto se asigna un Gerente de Proyecto, Sub-Gerente y un Jefe de Turno para cada fase de los trabajos y un gran número de operadores. En cada proyecto, es función indiscutible del Gerente del Proyecto y Sub-Gerente explicar los requerimientos del proyecto al Jefe de Turno y operadores, siendo responsabilidad del Jefe de Turno de mantener el control de los trabajos durante la producción, mismos que son paralelamente controlados y supervisados por un grupo de Supervisores Internacionales con la finalidad de garantizar la calidad de todos los productos entregados.

Referente a la ortorectificación, la próxima fase es el control de calidad final del control de calidad realizado en la línea de producción durante la edición del DTM. Cualquier error relevante aún pendiente en la edición del DTM son sin embargo revelados cuando los ortofotos rectificadas son revisados. De acuerdo a nuestra experiencia, el control de calidad practicado en la edición del DTM es de alta calidad y suficientemente adecuado.

3.4. Ortorectificación

La Ortorectificación con el software OrthoMaster es un proceso muy sencillo, no existe absolutamente nada que el operador pueda hacer erróneamente. Si la rectificación es errónea, la razón viene principalmente de fases anteriores donde el control de calidad ya fue efectuado y normalmente es el modelo de elevación que puede causar algunos errores de rectificación.

El control de calidad de las ortofotos rectificadas pero sin mosaico se basa en fáciles procedimientos, siendo estos:

- Chequeando aleatoriamente alrededor del bloque que las ortofotos adyacentes (y las áreas de traslapes) se ajusten perfectamente entre si, cuando son abiertos en el mismo mapa en pantalla.
- Chequeando los puntos de control de las ortofotos y grabando los residuos X y Y.
- Chequeando visualmente las ortofotos para verificar que no tienen partes distorsionadas causadas por errores mínimos en el DEM utilizado para la rectificación.

Naturalmente se realiza otro control de calidad cuando se produce el mosaico y especialmente en la edición manual de los empalmes.

3.5. Balance de Color

El balance de color realizado con el software Ortho Vista Radiometrix es visualmente controlado por el Gerente del Proyecto y supervisores internacionales. Adicionalmente los resultados son chequeados con el software interno de FINNMAP llamado RadStats, el cual calcula las estadísticas radiométricas del juego de fotos y puede ser utilizado para controlar el brillo, contraste y balance de color en general dentro de los límites permitidos.

3.6. Edición de Empalmes

El empalme es controlado exactamente durante la misma edición del DTM, por ejemplo el Jefe de Turno están controlando en la línea de producción y controlando el trabajo de los operadores y paralelamente controlados por el Gerente del Proyecto, Sub-Gerente y bajo la responsabilidad y supervisión está en manos de los supervisores internacionales.

La cantidad anual total de fotografías ortorectificadas y con los respectivos mosaicos en la Oficina de Producción de PASCO (Tailandia) es de momento aproximadamente 60,000 y la mayoría de las mismas son de fotografía a gran escala las cuales requieren también edición manual de los empalmes, por lo tanto todos los operadores tiene mucho experiencia que actualmente requiere poca supervisión.

3.7. Control de Precisión Geométrica de Ortofotos Finales

En la actualidad, los ortofotomapas son un producto muy común alrededor del mundo y están reemplazando en muchos casos los mapas vectoriales. Por lo tanto la precisión planimétrica (o precisión geométrica) juega un papel importante en la producción de ortofotos, debido a lo cual debe desarrollarse un control exhaustivo de precisión para la producción de las ortofotos finales, aún y cuando haya existido durante el proceso un buen control de calidad durante cada una de las fases de producción.

3.7.1. Estándares de precisión

La precisión planimétrica estándar de las ortofotos (GSD 10 cm) en las especificaciones técnicas del Proyecto de Panamá se menciona lo siguiente:

“Es muy importante mencionar que es necesario una precisión final en la ortofotografía de 0.20 metros”

Como es normal en los Términos de Referencia de cualquier proyecto internacional de ortofotografía, el límite de la exactitud o precisión está indicado en valores RMS, lo cual significa que el 90% (algunas veces el 95%) de los puntos de control deben encajar dentro de los límites especificados y el error normalmente aceptado está especificado en 1.5 – 2 veces el valor RMS, siendo en este proyecto 30 – 40 cm. Sin embargo en los términos de referencia (TOR) del proyecto no menciona este asunto específico.

3.7.2. Metodología del Control de Calidad

En este bloque Central de Panamá, la precisión planimétrica de las ortofotos finales ha sido cuidadosamente evaluada a través de dos formas diferentes, las cuales son:

- Observación de todos los puntos de control en la ortofotos finales y chequeando los valores residuales X y Y en la ortofoto.
- Tomando aleatoriamente alrededor de 15 ortofotos en varias ubicaciones del bloque, y superponiendo las mismas con el vector digital del mapa vectorial y chequeando que

el mismo coincida con el objeto en el terreno; casas y otras estructuras están evidentemente más o menos inclinadas en la ortofoto y no pueden ser utilizadas para efectos de chequeo.

3.7.3. Resultados

Se efectuó un control exhaustivo en cuanto a la precisión obtenida, misma que claramente muestra que la precisión planimétrica o geométrica de los ortofoto mapas del área metropolitana de Panamá en el Bloque Central definitivamente cumple con los estándares de precisión RMS de 20cm e inclusive la misma está aún mejorada. En el anexo No.1 del reporte adjunto se encuentran a manera de ejemplo 15 mapas vectoriales superpuestos sobre ortofotos. Cada uno de ellos tiene una vista de pantalla de toda la hoja cartográfica y un enfoque en primer plano de una parte del mapa. Evidentemente se evaluaron más mapas vectoriales utilizando este mismo método y no se encontró desplazamiento alguno.

4. RESUMEN

De acuerdo a nuestra Alta Gerencia, se ha realizado una evaluación exhaustiva del control de calidad y a partir de una amplia experiencia en el campo de la producción de ortofotos digitales podemos asegurar sin duda alguna que los productos cumplen completamente con los estándares fijados para este tipo de productos.

ANEXO 1: PRESENTACION DE PANTALLA DE SUPERPOSICIÓN DE ORTOFOTOS CON MAPAS VECTORIALES

ANEXO 2: CATALOGUE DE PRODUCCION FOTOGRAFICA DE INPHO

ANEXO 3: CATALOGUE DE SOFTWARE MATCH-T

ANEXO 4: CATALOGUO DE SOFTWARE DTMASTER

ANEXO 5: CATALOGO DE SOFTWARE DE ORTHOMASTER

ANEXO 6: CATALOGO DE SOFTWARE DE ORTHOVISTA