

 <b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>	Cód. P320-12/2008
	PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT	Fecha Sep. de 2008
	<b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b>	Versión 1

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. OBJETIVO</b>	1
<b>2. ALCANCE</b>	1
<b>3. RESPONSABILIDADES</b>	1
3.1. DE LA SUBDIRECCIÓN DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA	1
3.2. DE LA DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA	1
3.3. DEL COORDINADOR DEL ÁREA DE GESTIÓN Y CARTOGRAFÍA ALTERNATIVA	1
3.4. DEL SUPERVISOR Y GRUPO ENCARGADO DEL PROYECTO	1
<b>4. GLOSARIO – DEFINICIONES</b>	1
<b>5. NORMAS</b>	5
5.1. LEGALES	5
5.2. TÉCNICAS Y/O RELACIONADAS	5
5.3. DE PROCEDIMIENTO	5
<b>6. FORMATOS - REGISTROS</b>	10
<b>7. FLUJOGRAMAS DE LOS PROCEDIMIENTOS</b>	10
7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE INSUMOS	10
7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ORTORRECTIFICACIÓN DE IMÁGENES	12
<b>8. RECURSOS</b>	13
8.1. TALENTO HUMANO	13
8.2. EQUIPOS	13
8.3. INSUMOS	13
<b>9. MEDIDAS DE SEGURIDAD</b>	13
<b>10. CONTROLES</b>	14
<b>11. ANEXOS</b>	14

Anexo 1. Características de las imágenes y de los satélites SPOT, LANDSAT E IKONOS

Anexo 2. Técnicas de remuestreo

Anexo 3. Métodos para realizar el sinergismo

 <p><b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b></p>	<p><b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b></p> <p>PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT</p> <p><b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b></p>	Pág.	1 de 14
		Cód.	P320-12/2008
		Fecha	Sep. de 2008
		Versión	1

## 1. OBJETIVO

Establecer los pasos necesarios para producir ortoimágenes a partir de imágenes de satélite de los sensores de captura SPOT, LANDSAT e IKONOS, que sirven principalmente como insumo base para la producción y/o actualización de espaciomapas y/o cartografía a escala pequeña realizada en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

## 2. ALCANCE

Este manual aplica a los funcionarios y contratistas del Área de Gestión y Cartografía Alternativa de la División de Fotogrametría de la Subdirección de Geografía y Cartografía, que participan en el proceso de producción de ortoimágenes con base en imágenes de los satélites Landsat, Spot e Ikonos y a las entidades externas que realizan trabajos relacionados para el IGAC.

## 3. RESPONSABILIDADES

### 3.1. DE LA SUBDIRECCIÓN DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

- Programar, coordinar y controlar la producción de la cartografía básica oficial del país a diferentes escalas.
- Dirigir la actualización de la base nacional de datos cartográficos y el sistema de información geográfico para satisfacer los requerimientos de usuarios internos y externos.
- Evaluar periódicamente el cumplimiento de las metas físicas aprobadas en los proyectos de producción de ortoimágenes.
- Verificar la existencia de recursos financieros para la adecuada ejecución de los proyectos.

### 3.2. DE LA DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA

- Programar la ejecución de los proyectos relacionados con la generación de ortoimágenes, de acuerdo con las necesidades y prioridades del IGAC.
- Asignar prioridades a los funcionarios encargados de la generación de ortoimágenes.
- Controlar la producción de las ortoimágenes de los diferentes sistemas de satélite.
- Verificar la ejecución de la producción y la calidad de las ortoimágenes finales.

### 3.3. DEL COORDINADOR DEL ÁREA DE GESTIÓN Y CARTOGRAFÍA ALTERNATIVA

- Determinar los parámetros y especificaciones que se deben seguir en el proceso a realizar.
- Asignar el supervisor encargado del proyecto.
- Velar por la correcta ejecución y el cumplimiento de las operaciones que allí se realicen y la calidad del producto.
- Salvaguardar los archivos digitales de las imágenes y su respectivo metadato.

### 3.4. DEL SUPERVISOR Y GRUPO ENCARGADO DEL PROYECTO

- Realizar el proceso de generación de ortoimágenes, de acuerdo con las especificaciones y requerimientos dados.

## 4. GLOSARIO – DEFINICIONES

Análisis de componentes principales - ACP	Transformación estadística generadora de nuevas bandas linealmente independientes a partir de otras con información redundante.
Ancho de barrido (swath)	Ancho de la dimensión del alcance de la escena de la cual se ha formado una imagen.
Banda	Cada uno de los intervalos en los cuales se divide el espectro electromagnético.
Bilineal	Técnica de remuestreo que toma los datos de los cuatro píxeles más cercanos para asignar el valor del píxel de salida.

 <b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>	Pág.	2 de 14
	PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT	Cód.	P320-12/2008
	<b>DIVISIÓN DE FOTOGAMETRÍA</b>	Fecha	Sep. de 2008
		Versión	1

Brillo	Cantidad total de luz en una imagen digital. El brillo afecta toda la imagen y puede aplicarse sobre la luminosidad (intensidad combinada de los tres colores RGB) o sobre un color en particular. Cuando se incrementa el brillo, el valor de cada píxel se acerca más a 255 (blanco). Cuando se disminuye, el valor de cada píxel se reduce más cerca del 0 (negro).
Contraste	Diferencia de densidad entre las partes más claras y más oscuras de una imagen. Cuando se refiere a un contraste pobre indica que contiene transiciones bruscas entre el blanco y el negro o valores dentro de una gama estrecha. Un buen contraste indica que la gama de valores desde el negro al blanco es amplia.
Convolución cúbica (Cubic Convolution)	Técnica de remuestreo que toma los datos ponderados de los dieciséis píxeles más cercanos para asignar el valor del píxel de salida.
Corrección geométrica	Consiste en vincular una región de una imagen con una correspondiente región de otra imagen, la cual es tomada con un sensor diferente o un ángulo de vista diferente. Permite corregir la posición relativa del píxel, la cual se modificó por la geometría del sensor o por variaciones en el terreno.
Corrección radiométrica	Considera las variaciones en la intensidad del píxel (niveles digitales) causados por el objeto o la escena que se escaneó (mal funcionamiento del sensor, efectos atmosféricos o efectos topográficos).
Datum	Superficie en la cual se referencian todas las coordenadas (x,y,z), tiene asociado un elipsoide específico y uno o más puntos materializados sobre la superficie terrestre.
Distorsión geométrica	Deformación de la imagen causada por la plataforma del sensor (variación de la altitud y la posición del satélite), el satélite (variación de la velocidad de desplazamiento, el ángulo y la perspectiva de toma) y/o relativas al terreno sobre el cual se hace la captura de información geográfica (rotación, curvatura y topografía del terreno).
Distorsión radiométrica	Error que influye en la radiación o valor radiométrico de un elemento de la escena (píxel).
Error medio cuadrático - RMS o EMC	Medida estadística que se emplea para evaluar la exactitud en posición. Error que presentan las coordenadas X, Y, Z de un punto en el producto, respecto a sus propias coordenadas provenientes de una fuente independiente de mayor precisión.
Espaciomapa	Producto cartográfico obtenido a partir de la rectificación y georreferenciación de imágenes de satélite. Contiene algunos nombres geográficos importantes e información marginal (leyenda o rótulo, cuadrícula, marco, nombre o número de hoja, toponimia, margen, referencia del Copyright). Están almacenadas con la extensión propia del software utilizado para su visualización en el Sistema de Información del Banco Nacional de Imágenes.
Espectro electromagnético	Distribución energética, medida en función de la frecuencia, del conjunto de las ondas electromagnéticas que van desde los rayos gamma y rayos X hasta las ondas de radio, pasando por el espectro térmico responsable del calor que percibimos y que no son directamente perceptibles por el ser humano. Estas formas energéticas pueden reflejarse en la superficie terrestre y ser capturadas por el sensor del satélite proporcionando información sobre sus características, tal y como lo hacen las ondas del espectro visible. La energía se mide en micrómetros.
Filtro	Operador local mediante el cual se obtiene una nueva imagen, cuyos Niveles Digitales (ND) son función de los ND originales y de los de las celdas contiguas. Dependiendo del tipo, se utilizan para suavizar y eliminar ruido, o bien para realzar los rasgos lineales de una imagen.

 <b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>	Pág.	3 de 14
	PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT	Cód.	P320-12/2008
	<b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b>	Fecha	Sep. de 2008
		Versión	1

Formato IMG (Image)	Formato de archivo de imagen, propia de ERDAS IMAGE.
Formato raster o matricial	Estructura de almacenamiento de información espacial conformada por celdas del mismo tamaño, ordenadas en filas y columnas, localizadas en coordenadas contiguas, implementadas en una matriz 2D. Cada celda, llamada también elemento de imagen, elemento matriz o píxel, es referenciada por índices de filas (o líneas) y columnas y contiene un valor numérico representando el nivel digital y unas coordenadas que la ubican espacialmente.
Formato TIFF (Tagged Image File Format)	Formato de fichero para gráficos de mapas de puntos. Almacena las imágenes mediante la descripción de información en bloques o marcas. Cada marca describe un atributo de la imagen o un desplazamiento desde el principio del fichero hasta una cadena de píxeles. Actualmente es un estándar de calidad que se suele emplear en trabajos de imagen impresa.
Georreferenciación	Proceso mediante el cual se asignan coordenadas con una proyección y Datum específicos a un objeto o superficie en el plano en un archivo raster (imagen) o vectorial (líneas).
Histograma	Representación gráfica y estadística que ofrece información valiosa sobre una imagen digital, indica el número de veces que aparece cada Nivel Digital en la imagen en forma de gráfico, permite leer e interpretar los cambios que se efectúan a la imagen. Cualquier incremento o disminución del brillo y/o contraste, tonalidad o color, tamaño, etc., implica una transformación en el histograma.
Imagen de satélite	Representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada para la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona que cubre.
Imagen de satélite fuente o cruda	Imagen de satélite original a la cual no se le ha realizado ningún tipo de tratamiento básico o temático. Se encuentra almacenada con la extensión propia del fabricante.
Imagen Ikonos	Imagen tomada por el satélite Ikonos, este sensor adquiere imágenes con resolución de 1m a blanco y negro y de 4m para imágenes a color (4 bandas), las imágenes cubren una superficie de 11Km x 11Km.
Imagen Landsat	Imagen tomada por el sensor satélite Landsat, estas imágenes cubren áreas de 185Km x 175Km. Este sensor tiene periodos de toma de las imágenes de 16 días.
Imagen multiespectral	Se produce por la combinación de imágenes que registran diferentes longitudes de onda o bandas espectrales.
Imagen pancromática	Imagen tomada con un sensor pancromático que es sensible a todos los colores del espectro visible en el orden azul, verde y rojo.
Imagen Spot	Imagen tomada por el satélite Spot, esta imagen posee un campo de barrido de 60Km.
Intensidad	Luminancia de una celdilla, nivel equivalente de gris en una gama acromática de tonos. Hace referencia este concepto al grado de claridad o luminosidad de la celda.
Interpolar	Estimación del valor de un atributo en un punto a partir de los valores colindantes.
MAGNA-SIRGAS	Conjunto de estaciones con coordenadas geocéntricas de alta precisión y cuyas velocidades (cambio de las coordenadas con respecto al tiempo) son conocidas, dichas estaciones conforman la red básica geodésica referida al sistema SIRGAS, que constituye el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia. Datum oficial de Colombia.
Metadatos	Describen el contenido, calidad, condición, formato, fechas de referencia y en el caso de los datos geográficos, además, información sobre aspectos como cobertura espacial, sistemas de coordenadas y de referencia geodésica, entre otros.



Modelo Digital de Elevación - DEM o MDE	Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la elevación de la superficie del terreno. La unidad básica de información de un Modelo Digital de Elevación es un valor de altura Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial.
Modelo Digital de Terreno - DTM o MDT	Representación cuantitativa en formato digital de la superficie terrestre, contiene información acerca de la posición (X,Y) y la altitud (Z) de los elementos de la superficie. La denominación MDT (modelos digitales de terreno) es la genérica para todos los modelos digitales, incluyendo los DEM (modelos digitales de elevación), en los cuales la coordenada Z se refiere siempre a la elevación sobre el terreno y a los demás tipos de modelos en los que la Z puede ser cualquier variable (profundidad de suelo, número de habitantes, etc.).
Nivel Digital - ND	Se trata del valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda, en respuesta a la irradiancia recibida sobre el plano focal del sensor. Se le conoce así mismo como nivel de gris, luminancia, número digital, valor de pixel, etc. Existe una relación lineal entre el ND grabado y la radiancia correspondiente a cada celda de terreno.
Ortoimagen	Imagen digital georreferenciada en un sistema de referencia determinado y corregida geoméricamente en cuanto a los desplazamientos del relieve debido a que se toman a gran altura, a la forma curva de la tierra y a la perspectiva del sensor. Gracias a las diferentes resoluciones que proporcionan los satélites se pueden generar ortomágenes a varias escalas.
Ortorectificación	Proceso en el cual, se corrigen los desplazamientos y distorsiones en la imagen, causados por la inclinación del sensor (posición del sensor en el momento de la toma) y la influencia del relieve.
Píxel (Picture Element)	Unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos indivisibles que conforman una imagen, es decir, la mínima área de captura en el formato raster. A mayor densidad de píxeles, mayor calidad de imagen.
Proyección cartográfica	Sistema ordenado que transforma la superficie curva de la tierra en un plano. Se representa gráficamente en forma de malla.
Proyección geográfica	Sistema ordenado que traslada desde la superficie curva de la Tierra la red de meridianos y paralelos sobre una superficie plana. Se representa gráficamente en forma de malla.
Punto de control terrestre (Ground Control Point - GCP)	Punto materializado de fácil identificación en una aerofotografía, cuyas coordenadas fueron obtenidas por métodos geodésicos o cartográficos y están ligadas a un sistema de referencia. Se utilizan en la corrección geométrica de un mapa o una imagen, como base para la determinación de las coordenadas de los puntos de paso y enlace o como punto de empalme.
Rectificación	Proceso que remueve la distorsión geométrica presente en las imágenes y que esta ocasionada por la orientación de la cámara o el sensor, el desplazamiento debido al relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen.
Remuestreo	Técnica de procesamiento digital de imágenes usada para corregir los valores digitales de la imagen distorsionada original, calculando los valores digitales para las nuevas posiciones del píxel de la imagen corregida. A través del proceso, los valores de los píxeles de salida son derivados como valores de los píxeles de entrada combinados con la distorsión computada.
Resolución	Nivel de detalle con el que se es posible identificar los elementos sobre las imágenes y se relaciona con la unidad mínima de almacenamiento de datos o píxel.
Resolución espacial	Este concepto designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre la imagen; suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la imagen. Se mide en unidades de longitud definida

COPIA NO CONTROLADA

 <p><b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b></p>	<p><b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b></p> <p>PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT</p> <p><b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b></p>	Pág.	5 de 14
		Cód.	P320-12/2008
		Fecha	Sep. de 2008
		Versión	1

	como el número de píxeles por unidad de medida (milímetros sobre la imagen o metros sobre el terreno) y depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie.
Resolución espectral	Longitudes de onda en las cuales un sensor es capaz de adquirir información. La fotografía puede ofrecer películas pancromáticas, infrarrojo blanco negro, color natural o infrarrojo color.
Resolución radiométrica	Cantidad de energía que se puede medir en una escala radiométrica en el sensor. En el caso de los sistemas fotográficos, la resolución radiométrica del sensor se indica por el número de niveles de gris recogido por el mismo. Para evaluar la calidad radiométrica se evalúa un parámetro denominado "bit number".
Saturación	Proporción de tono puro que tiene una determinada tinta o color. Una saturación nula indicaría un gris del mismo valor (luminancia) que el color considerado. Una saturación igual a la unidad representaría el mencionado color completamente puro.
Sinergismo	Producto cartográfico obtenido a partir de la fusión de imágenes georreferenciadas y ortorrectificadas capturadas por diferentes sensores cuyo resultado es una imagen de mayor resolución espacial.
Valores radiométricos	Radiación electromagnética reflejada por un elemento de superficie terrestre en un determinado rango del espectro, y se convierte en un valor numérico que depende de la resolución radiométrica.
Vecino más cercano (Nearest Neighbor)	Técnica de remuestreo que toma los datos del píxel o vecino más cercano para asignar el valor del píxel de salida.

## 5. NORMAS

### 5.1. LEGALES

- Ley 734 de 2002, por la cual se expide el Código Disciplinario Único, Artículo 34 "Deberes de todo servidor público".
- Decreto 208 de 2004 por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y se dictan otras disposiciones.

### 5.2. TÉCNICAS Y/O RELACIONADAS

- Resolución vigente por la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir las personas naturales o jurídicas para realizar trabajos fotogramétricos y cartográficos en el territorio nacional.
- NTC 5043 (vigente) Norma Técnica Colombiana de Información Geográfica. Conceptos básicos de calidad de los datos geográficos.
- NTC 4611 (vigente) Norma Técnica Colombiana de Información Geográfica. Metadato Geográfico.
- Instructivos de operación del software de procesamiento de imágenes.

### 5.3. DE PROCEDIMIENTO

- Tanto el Jefe de la División de Fotogrametría, el Coordinador del Área de Gestión y Cartografía Alternativa y los funcionarios asignados para desarrollar el proyecto deben tener en cuenta las especificaciones técnicas del proceso y del producto.
- El Jefe de la División de Fotogrametría y el coordinador del Área de Gestión y Cartografía Alternativa deben definir los lineamientos para la obtención de ortomágenes teniendo en cuenta las prioridades de ejecución.
- La información referente a imágenes debe ser solicitada al Banco de Imágenes, al Centro de Cómputo y/o al Archivo Técnico, Fotográfico y Cartográfico. Una vez finalizado el trabajo las imágenes deben ser devueltas en el mismo estado en que fueron recibidas.



- Se debe seleccionar una cartografía base a escalas mayores a 1:100.000 y menores a 1:10.000 (10.000, 25.000, y 100.000).
- Para hacer la solicitud de las imágenes se deben tener claramente identificadas las grillas de ubicación según el tipo sensor de captura y así mismo los nombres completos de cada una de las imágenes (sensor, path, row, etc.).
- Para determinar las imágenes requeridas para el proyecto, se debe tener en cuenta que las imágenes de Ikonos se identifican únicamente con el nombre del municipio y para la definición de las imágenes de Landsat y Spot, se utilizan las grillas de ubicación, establecidas en las Figuras 1 y 2:

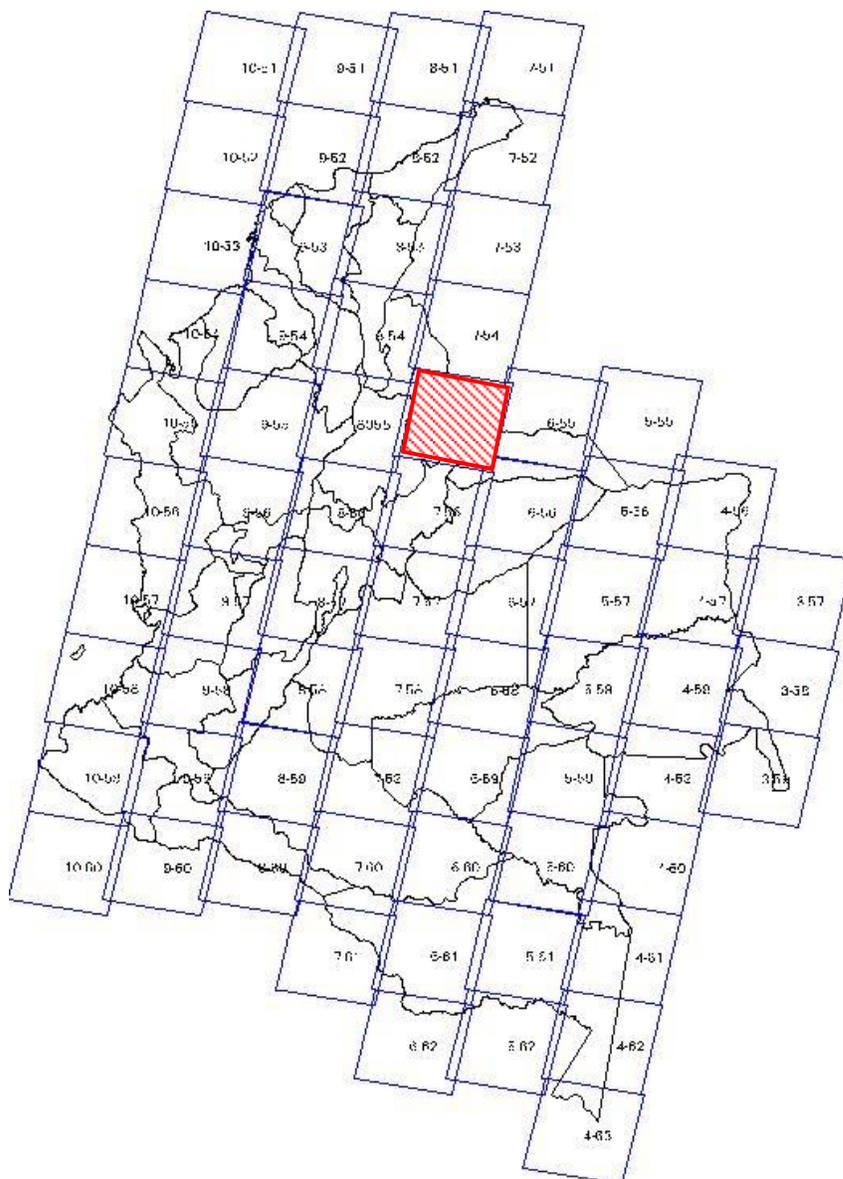


Figura 1.

Por ejemplo: Una imagen TM-7-55 corresponde a una imagen del sensor Landsat, plataforma TM, Phat 7 y Row 55. Conociendo la numeración path-row de la imagen es posible ubicar de forma precisa la zona de trabajo, en este caso (Phat 7 – Row 55) pertenece a una imagen de Santander/Arauca.

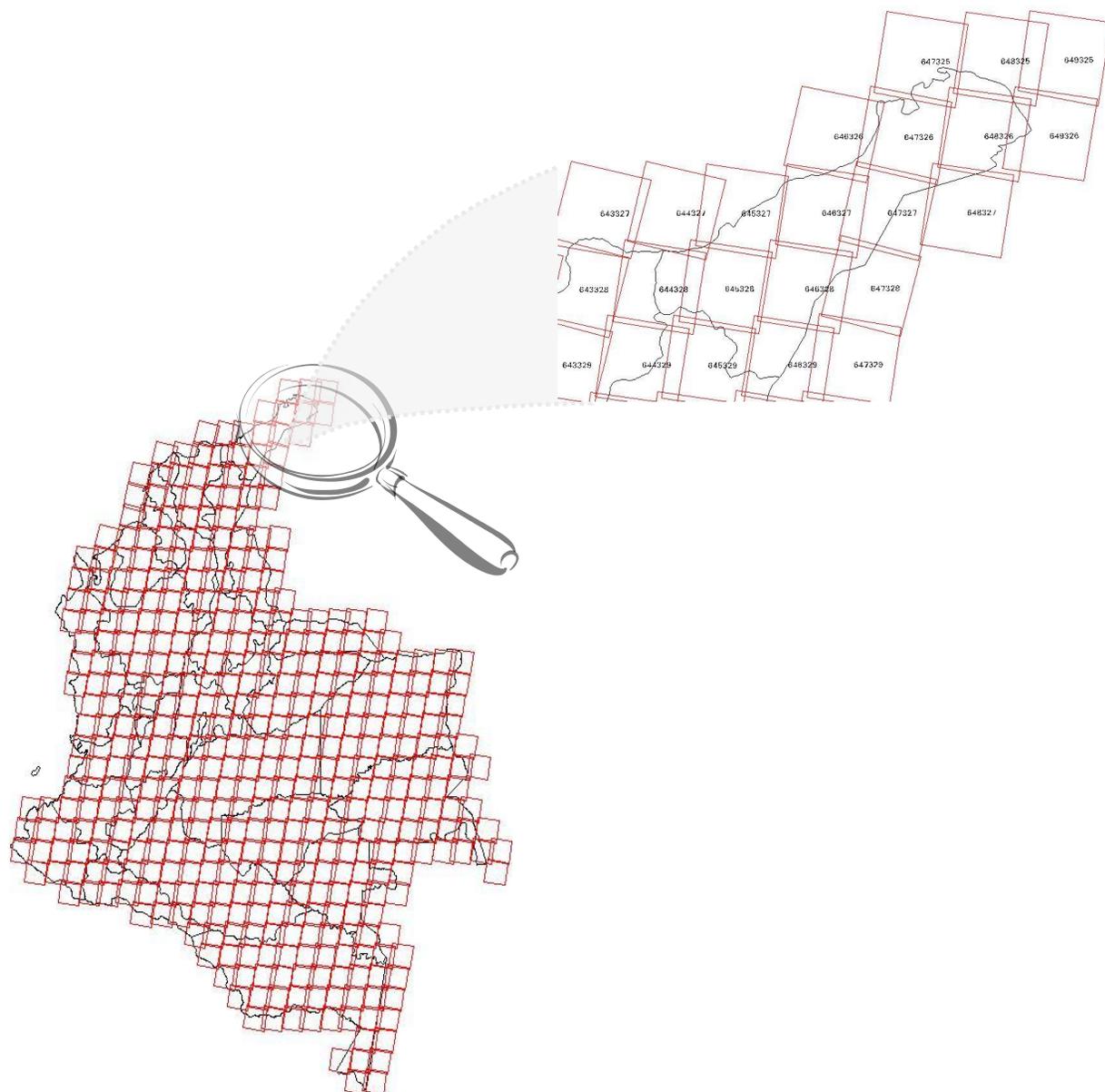


Figura 2.

Por ejemplo: Para una imagen Spot SPOT648 326, la lectura es la siguiente: SPOT es el satélite, 648 el Path y 326 el Row. De esta manera se ubica la zona que la imagen esta cubriendo.

- Para determinar el cubrimiento de la imagen con respecto a la cartografía existente, se debe comparar la imagen sobre la distribución de planchas a escala 1:100.000 (Figura 3):

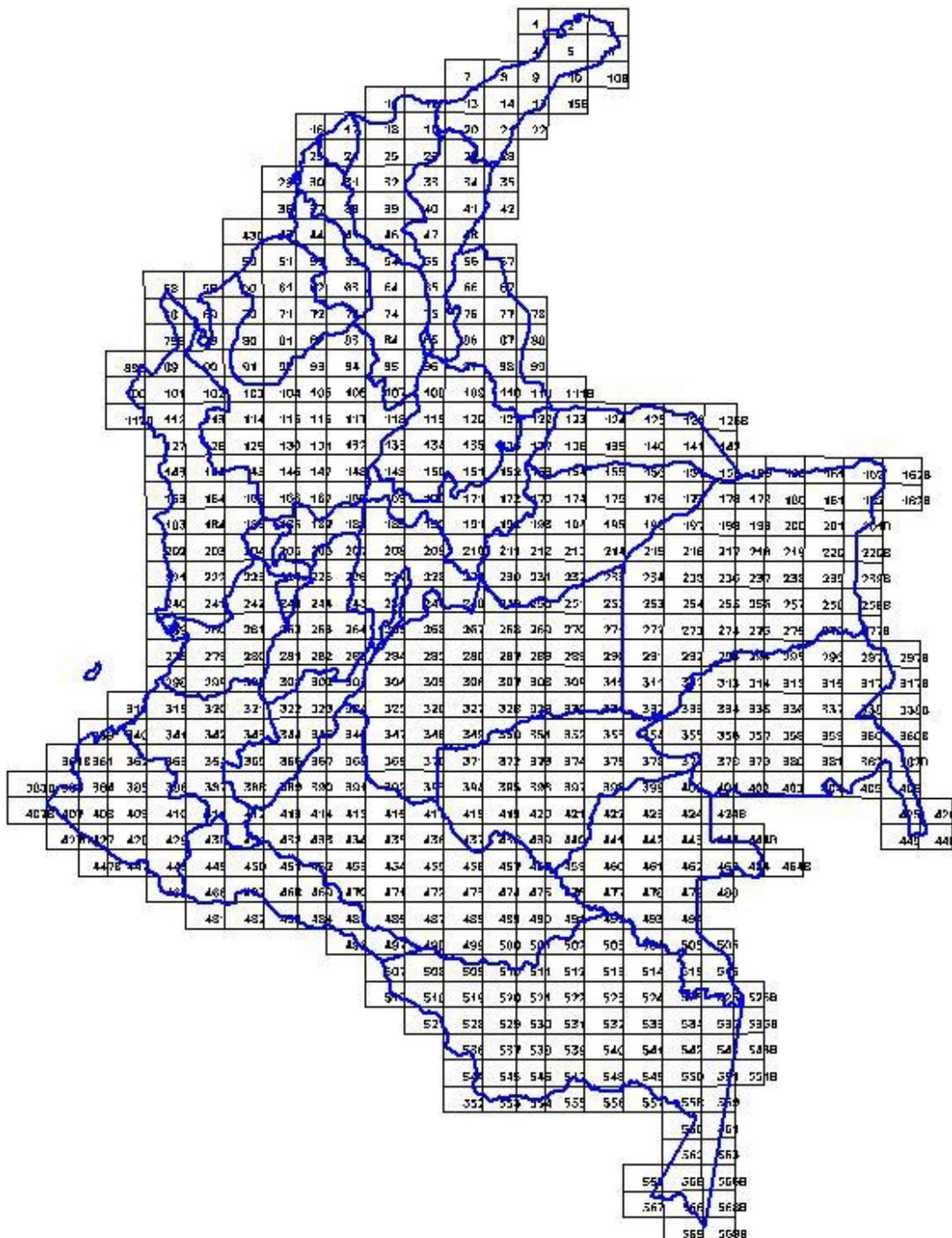


Figura 3

- Antes de iniciar el proceso de ortorrectificación se deben revisar las características tanto del satélite como de sus respectivas imágenes, para conocer sus especificaciones y diferencias respecto a las demás imágenes (Ver Anexo 1).



- El IGAC cuenta con un DEM para todo el país, el cual se encuentra dividido en varios archivos según la distribución de planchas 1:100.000 del IGAC. Las características más importantes son: Resolución espacial: 30 x 30m y Sistema de Proyección Magna-Sirgas.
- Para este tipo de proyecto como para cualquier otro a nivel digital, se debe destinar un espacio de trabajo adecuado para guardar de una forma ordenada la información base y los resultados obtenidos. Para el caso específico del IGAC se debe crear en el directorio asignado, una carpeta con el nombre del funcionario encargado y en ella otra carpeta con el nombre de la zona del proyecto que se va a generar, así:

X:\Nombre del funcionario\Nombre de la zona del proyecto

Por ejemplo: X:\Freddy\Tolima

Dentro de esta última carpeta se deben crear las siguientes subcarpetas para guardar los diferentes tipos de archivos obtenidos antes, durante y al finalizar el proceso.

Nombre Carpeta	Información a almacenar
Imágenes Fuente	1. Imágenes multiespectral y/o pancromática a ortorrectificar. 2. Imagen(es) resultante(s) de la fusión previa a la ortorrectificación, si se realiza.
Planchas_Ref	Planchas escaneadas y georreferenciadas
Vectores Ref	Información cartográfica disponible en formato vectorial del área del proyecto
Imágenes procesadas	Imágenes ortorrectificadas
Modelos	Archivo con los puntos de control
MDT	Modelo Digital de Terreno de la zona

- Se deben tomar los puntos de control sobre áreas urbanas con un número elevado de elementos construidos que aparezcan reflejados fielmente en la cartografía y no sobre elementos naturales que puedan variar en el espacio y tiempo, pero debido a la gran extensión que cubre una imagen de satélite y a su baja resolución, es muy común que la gran mayoría de estos puntos correspondan a dichos componentes naturales.
- La cantidad de puntos de control seleccionados varía de acuerdo a la topografía del terreno. No hay una norma que indique el número exacto de puntos de control a capturar. Lo más conveniente es escoger mínimo de 20 a 30 puntos para una zona plana y mínimo de 30 a 50 puntos para una zona quebrada.
- Los puntos de control se deben marcar donde se tenga bien definido el detalle y en la posición exacta del punto. Se deben localizar puntos de control en todos los cuadrantes de la imagen (no dejar zonas de la imagen sin puntos de control).
- El error medio cuadrático (EMC) en la toma de puntos de control debe ser menor a 1 píxel.
- Los programas de procesamiento de imágenes cuentan con diferentes algoritmos de fusión, métodos matemáticos que permiten el sinergismo entre dichas imágenes. En el proceso de sinergismo generalmente se tiene una imagen multiespectral y otra imagen pancromática, con una resolución más alta. El resultado obtenido del sinergismo es una imagen multiespectral con mayor resolución espacial, lo que permite finalmente mejorar la interpretación de información sobre la escena.

Se debe tener presente que en lo posible, la relación espacial entre las imágenes a fusionar sea 1 a 2, es decir, que el tamaño de píxel de la imagen con menor resolución sea aproximadamente el doble que el de la imagen de mayor definición.

 <b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>	Pág. 10 de 14
	PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT	Cód. P320-12/2008
	<b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b>	Fecha Sep. de 2008
		Versión 1

Las imágenes generadas por el proceso de sinergismo reúnen en una sola imagen diferentes texturas (calidad geométrica) provenientes del canal de mejor resolución espacial. Por ejemplo: Landsat posee una resolución espacial de 15m en la banda pancromática y una resolución espacial de 30m para las bandas 1, 2, 3, 4 y 5, así que la información resultante de la combinación es una imagen con 15 metros de resolución, contra los 30 metros del producto original, con tonalidades muy similares a la composición de las bandas originales.

## 6. FORMATOS - REGISTROS (Ver versiones vigentes en el listado maestro de formatos)

- F161-05/2007.V3 Solicitud o préstamo de material técnico

Mediante este formato las diferentes dependencias del Instituto solicitan a la Subdirección de Geografía y Cartografía, el material técnico requerido para el desarrollo de sus proyectos. Es diligenciado por el funcionario que solicita el material, con el V.o.Bo. del coordinador respectivo. Se archiva en el Área de Gestión de la Subdirección de Geografía y Cartografía durante dos años y luego se elimina.

- F320-12/2008.V1 Información del proceso de generación de ortoimágenes

En este formato se consigna la información específica del proyecto, los insumos necesarios y los productos del proceso que se va a desarrollar. Es diligenciado digitalmente por el Grupo responsable de generar la ortoimagen y por el Supervisor del proyecto, quien una vez finalizado el proceso lo almacena en la carpeta también digital del proyecto y su tiempo de retención es permanente.

## 7. FLUJOGRAMAS DE LOS PROCEDIMIENTOS

7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE INSUMOS		
RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECUERDE ...
Subdirección de Geografía y Cartografía  	1. En coordinación con las áreas técnicas, define los productos que se realizarán en el marco del Plan de Gestión.  2. Si el solicitante de la ortoimagen es un usuario externo, acuerda con él la zona y especificaciones técnicas para la misma.  3. Envía a la División de Fotogrametría, los requerimientos y especificaciones del proyecto.	Tener en cuenta las metas de producción de la Subdirección.  Dejar claramente definidos los requisitos del cliente.
División de Fotogrametría  	4. Recibe las especificaciones del proyecto y realiza una evaluación preliminar para identificar la zona (números de planchas) que se va a trabajar.  5. Define los recursos físicos y humanos necesarios para la ejecución del proyecto.  6. Entrega la descripción y la evaluación preliminar del proyecto al Área de Gestión y Cartografía Alternativa.	Aclarar cualquier duda respecto a las especificaciones técnicas antes de iniciar el proceso.  Asegurarse que el perfil del personal se adapte a las necesidades del proyecto.  Verificar que la información que entrega esté completa.
Coordinador Área de Gestión y Cartografía Alternativa	7. Recibe, revisa, designa un supervisor del proyecto y determina el número de funcionarios que conformarán el grupo de trabajo responsable del mismo.	
Supervisor del proyecto  	8. Recibe la evaluación preliminar del proyecto y define actividades y tiempos según el flujo de trabajo del proceso.  9. Determina las imágenes necesarias para el cubrimiento de la zona del proyecto, teniendo en cuenta las coordenadas de la misma.  10. Realiza consulta de la cartografía que cubre la zona de la imagen o proyecto y de la cartografía existente análoga o digital de base para captura de GCP.	Tener en cuenta las prioridades de ejecución.  Ver Figuras 1 y 2.  Ver Figura 3.

COPIA NO CONTROLADA



**7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE INSUMOS**

RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECUERDE ...
   	<p>11. Determina el número de planchas (cartografía base) necesarias como insumo para el desarrollo del proyecto.</p> <p>12. Solicita al Banco de Imágenes y/o al centro de cómputo, las imágenes de satélite del proyecto y la cartografía base existente (en digital).</p> <p>13. Si la cartografía base no se encuentra en digital, solicita los formatos análogos al Archivo Técnico, Fotográfico y Cartográfico. Posteriormente, envía una solicitud de digitalización (escaneo) de dicha cartografía al Área de Imágenes.</p> <p>14. Solicita al centro de cómputo el modelo digital de terreno (MDT) de acuerdo a la distribución de planchas 1:100.000 del IGAC.</p> <p>15. Designa los funcionarios del grupo responsables de elaborar la ortoimagen o proyecto y carga las imágenes que corresponden al mismo, dentro de la estación de trabajo de cada uno de los funcionarios.</p> <p>16. Diligencia el formato vigente de Información del proceso de generación de ortoimágenes y entrega los insumos al grupo encargado de la creación de la ortoimagen.</p>	<p>Si se ortorrectifican imágenes de resolución inferior a 15m, se debe utilizar cartografía a escala 1:100.000 y si se ortorrectifican imágenes de resolución mayor o igual a 15m, se debe utilizar cartografía a escala mayor a 1:25.000.</p> <p>Diligenciar adecuadamente el formato vigente de Solicitud o préstamo de material técnico.</p> <p>Devolver las imágenes en el mismo estado en que fueron recibidas.</p> <p>Ver Figura 3.</p> <p>Diligenciar en forma legible para asegurar el entendimiento, comprensión, aplicación y manejo de los registros.</p>
<p>Grupo responsable de generar la ortoimagen</p>   	<p>17. Recibe los insumos del proyecto y crea digitalmente el espacio de trabajo siguiendo los lineamientos del numeral 5.3. del presente manual.</p> <p>18. Verifica las características de la imagen de satélite para interpretar adecuadamente las imágenes.</p> <p>19. Verifica la compatibilidad del tipo de formato en el que se encuentran las imágenes, con el software de procesamiento a emplear.</p> <p>20. Importa la imagen al formato del software de procesamiento disponible. Las imágenes fuente poseen los archivos de las bandas independientes almacenados en formato .tiff y una vez se importan se genera un único archivo que almacena la totalidad de las bandas.</p>	<p>Si la cartografía está en formato .tiff escaneada, se georreferencia usando el Datum Magna-Sirgas y en el correspondiente origen. Si la cartografía digital está en otro sistema de referencia debe proyectarse.</p> <p>Antes de iniciar el proceso de generación de ortoimágenes, tener en cuenta las especificaciones técnicas del producto.</p> <p>Ver Anexo 1.</p> <p>Tener en cuenta que los diferentes softwares de procesamiento permiten desplegar diversos formatos de imágenes e importarlos a uno propio, lo que agiliza los procesos aplicados sobre cada una de las imágenes.</p> <p>Guardar las imágenes resultantes de este proceso en la carpeta imágenes fuente.</p>

COPIA NO CONTROLADA



### 7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ORTORRECTIFICACIÓN DE IMÁGENES

RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECUERDE...
<p>Grupo responsable de generar la ortoimagen</p>     	<ol style="list-style-type: none"> <li>Captura los puntos de control de terreno a partir de la cartografía existente.</li> <li>Verifica el error medio cuadrático (EMC) en la toma de los puntos de control. Estima la distorsión entre los datos de entrada (imagen a ortorrectificar) y el ajuste matemático. El error medio cuadrático debe ser inferior a un píxel, si no es así se debe reevaluar la posición de los puntos de control.</li> <li>Selecciona el tipo de remuestreo de las imágenes, el cual se relaciona con la técnica que se va a emplear para interpolar los píxeles de la imagen original a la nueva posición en la imagen ortorrectificada, de tal manera que se elimine la distorsión radiométrica presente en las imágenes de satélite.</li> <li>Corre el algoritmo de corrección geométrica para obtener la ortoimagen.</li> <li>Revisa la imagen comparándola con la cartografía base, analizando así los desplazamientos entre los elementos más sobresalientes de éstas. En esta etapa se debe determinar si el producto hasta ahora obtenido se ajusta a las especificaciones técnicas del proyecto.</li> <li>Si las imágenes fuente tienen bandas pancromática y multiespectral con diferente resolución radiométrica, se realiza el sinergismo. (Ver Anexo 3).</li> <li>Genera el metadato de la ortoimagen y graba el producto dentro de la carpeta del proyecto (Imágenes procesadas).</li> <li>Diligencia en el formato vigente de Información del proceso de generación de ortoimágenes lo relacionado con el producto final e informa al Supervisor la finalización de la generación de la ortoimagen.</li> </ol>	<p>Escoger mínimo de 20 a 30 puntos para una zona plana y mínimo de 30 a 50 puntos para una zona quebrada.</p> <p>Los puntos de control pueden desplazarse para mejorar el EMC. El lograr que el coeficiente de error sea menor a un píxel, editando la posición de los puntos, no implica que se logre una correcta rectificación.</p> <p>Verificar la calidad en la selección de los puntos.</p> <p>Ver Anexo 2.</p> <p>Si el producto no cumple las especificaciones, debe revisar nuevamente los puntos de control.</p> <p>Tener presente, que en lo posible, la relación espacial entre las imágenes a fusionar sea 1 a 2, es decir, que el tamaño de píxel de la imagen con menor resolución sea aproximadamente el doble que el de la imagen de mayor definición.</p> <p>Diligenciar completamente todos los campos faltantes del formato.</p>
<p>Supervisor del proyecto</p>   	<ol style="list-style-type: none"> <li>Verifica que los proyectos realizados cumplan con las especificaciones técnicas establecidas e informa al Grupo encargado de generar la ortoimagen si existen correcciones para que se realicen.</li> <li>Previa verificación de las correcciones, si las hubo, realiza el control de calidad sobre los productos obtenidos.</li> <li>Envía la ortoimagen vía red interna de datos GIGABIT al administrador del sistema para almacenarla en el Banco Nacional de Imágenes.</li> <li>Aprueba con su firma el formato de Información del proceso de generación de ortoimágenes y archiva digitalmente en las carpetas correspondientes del mismo.</li> </ol>	<p>Realizar el control de calidad en forma visual comparando la cartografía base existente y la ortoimagen.</p>

 <p><b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b></p>	<p><b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b></p> <p>PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT</p> <p><b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b></p>	Pág.	13 de 14
		Cód.	P320-12/2008
		Fecha	Sep. de 2008
		Versión	1

## 8. RECURSOS

### 8.1. TALENTO HUMANO

- Servidores públicos competentes con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas, de acuerdo a los perfiles establecidos en el Manual de funciones y competencias.

### 8.2. EQUIPOS

- Hardware:
  - Memoria en disco duro de 250 GB o superior.
  - Memoria RAM mínimo de 1 GB.
  - Procesador Intel Pentium 4 ó superior.
  - Monitor Super VGA 1024 x 768 x 64K, DirectX 9, Dell 21" P1130 o equivalente.
  - Dispositivos periféricos (Mouse, teclado, Puerto Paralelo).
  - Tarjeta de video estereográfica compatible con el computador para ver en 3D.
- Software especializado para el procesamiento digital de imágenes (ERDAS, PCI, ILWIS, ArcGIS 9.2, entre otros).

### 8.3. INSUMOS

- Información primaria. La suministrada por entidades externas tales como la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial de los Estados Unidos, el cliente y los proveedores de las imágenes.
- Información secundaria. La suministrada por las dependencias que proveen los recursos e insumos necesarios para realizar los procesos tales como la Subdirección de Geografía y Cartografía, la Oficina Asesora Jurídica, la División Financiera, la División Administrativa y la División de Recursos Humanos.
- Imágenes de Satélite (Por ejemplo: IKONOS, SPOT, LANDSAT, ASTER)
- Cartografía básica que corresponda a la misma zona de la imagen.
- MDT de la zona (Resolución espacial: 30 x 30 m).
- Solicitudes de las dependencias del IGAC
- Grillas de distribución de hojas cartográficas del IGAC.
- Plantillas con especificaciones de producto
- Contratos

## 9. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Todos los procesos necesarios para la elaboración de la cartografía básica digital se trabajan bajo las restricciones de una red interna, la cual brinda seguridad y limitación de acceso a la misma.
- El administrador del sistema controla la entrada y salida de información a cada equipo que se encuentre en red.
- Para todos los productos generados se debe realizar una copia de seguridad con el fin de garantizar la preservación de la información.
- Únicamente las personas responsables del proyecto de generación de ortoimágenes tienen permiso para el acceso y uso de la información.
- Se recomienda contar con extintores de solkaflam (multipropósito) dentro de las áreas de trabajo.
- Dentro del área de trabajo o sobre los equipos de cómputo no se deben ingerir alimentos, bebidas ni fumar.
- Cada operario tiene permiso exclusivo para edición de sus datos.

 <p><b>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</b></p>	<p><b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b></p> <p>PRODUCCIÓN DE ORTOIMÁGENES DE SATÉLITE ÓPTICAS USANDO MDT</p> <p><b>DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA</b></p>	Pág.	14 de 14
		Cód.	P320-12/2008
		Fecha	Sep. de 2008
		Versión	1

## 10. CONTROLES

Todas las Áreas y/o funcionarios involucrados en el proceso realizan los siguientes controles:

- Revisar los proyectos que están en ejecución para verificar los procesos y los productos finales.
- Verificar que la realización del proyecto se hace dentro de las fechas acordadas.
- Comprobar que el trabajo cumple con las especificaciones y normas técnicas establecidas y velar porque los funcionarios ejercen autocontrol en sus actividades.

## 11. ANEXOS

- Formatos F161-05/2007.V3, F320-12/2008.V1. (dos hojas)
- Anexo 1. Características de las imágenes y de los satélites Spot, Landsat e Ikonos
- Anexo 2. Técnicas de remuestreo
- Anexo 3. Métodos para realizar el sinergismo

ELABORARON DIVISIÓN DE  
FOTOGRAMETRÍA

\_\_\_\_\_  
Freddy Josué Quecano Reina

\_\_\_\_\_  
José Ricardo Guevara Lima

PREPARÓ ÁREA DE ORGANIZACIÓN Y  
MÉTODOS

\_\_\_\_\_  
Carolina Rodríguez Torres

REVISÓ ÁREA DE ORGANIZACIÓN Y  
MÉTODOS

\_\_\_\_\_  
Martha Mireya Méndez Heredia

REVISARON DIVISIÓN DE  
FOTOGRAMETRÍA

\_\_\_\_\_  
Alexander Páez Lancheros

\_\_\_\_\_  
Jaime Alberto Duarte Castro

APROBÓ SUBDIRECTOR DE  
GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

\_\_\_\_\_  
Miguel Ángel Cárdenas Contreras

OFICIALIZÓ OFICINA ASESORA DE  
PLANEACIÓN

\_\_\_\_\_  
Dora Inés Rey Martínez

COPIA NO CONTROLADA



INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI

**ANEXO 1**  
CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES Y DE LOS  
SATÉLITES SPOT, LANDSAT E IKONOS  
DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA

Pág. 1 de 2

Fecha Sep. de 2008

Programa	Sensor Plataforma	Ángulo de inclinación	Modo de Haz (Beam mode)	Resolución			Número de bandas	Cobertura	Período de Revolución	Orbita	Formato Digital	Altura de Orbita	
				Azimut	Temporal	Radiométrica (bits)							Espectral (µm)
Landsat	Landsat 7 ETM +	98,2	NA	NA	16 días	8	0.45 - 0.52	30	1	185x 185 Km	Polar Solar Sincrónica	.hdf, .tiff, .jpg, .img	705 Km
							0.52 - 0.60	30	2				
							0.63 - 0.69	30	3				
							0.76 - 0.90	30	4				
							1.55 - 1.75	30	5 (Infrarrojo medio)				
							10.4 - 12.5	60	6 (Infrarrojo termico)				
							2.08 - 2.35	30	7				
	0.52 - 0.90	15	Panoromatica	103 min									
	0.45 - 0.52	30	1										
	0.52 - 0.60	30	2										
	0.63 - 0.69	30	3										
	0.76 - 0.90	30	4										
	1.55 - 1.75	30	5 (Infrarrojo medio)										
	10.4 - 12.5	120	6 (Infrarrojo termico)										
	2.08 - 2.35	30	7	907 Km									
	Landsat 4 -6 TM	99	NA		NA	18 días	8	0.50 - 0.75	40	1			
								0.50 - 0.60	79	4			
								0.60 - 0.70	79	5			
								0.70 - 0.80	79	6			
								0.80 - 1.10	79	7			
10.4 - 12.6								240	8				
0.48 - 0.57								80	1				
0.58 - 0.68								80	2				
0.70 - 0.83								80	3				
0.50 - 0.60								79	4				
0.60 - 0.70								79	5				
0.70 - 0.80								79	5				
0.80 - 1.10								79	7				
Landsat 3 RBV - MSS	99	NA	NA	18 días	8	0.48 - 0.57	80	1					
						0.58 - 0.68	80	2					
						0.70 - 0.83	80	3					
						0.50 - 0.60	79	4					
Landsat 1-2 RBV - MSS	99	NA	NA	18 días	8	0.60 - 0.70	79	5					
						0.70 - 0.80	79	5					
						0.80 - 1.10	79	7					
						0.80 - 1.10	79	7					

**Observaciones generales:** Las plataformas MSS, TM y ETM + pertenecen al programa Landsat, financiado por el gobierno de los Estados Unidos y operado por la NASA. Estas plataformas operan en banda multiespectral y pancromática, las cuales son útiles para el monitoreo de vegetación y aplicaciones geológicas.

Programa	Sensor Plataforma	Ángulo de inclinación	Modo de Haz (Beam mode)	Resolución			Número de bandas	Cobertura	Período de Revolución	Orbita	Formato Digital	Altura de Orbita	
				Azimut	Temporal	Radiométrica (bits)							Espectral (µm)
Spot	Spot 5 HRG	98,7	NA	26 días	8	0.50 - 0.59	10	1	60 X 60 Km	101 min	Polar circular heliosincrónica	.hdf, .tiff, .bil	822 Km
						0.61 - 0.68	10	2					
						0.79 - 0.89	10	3 (Infrarrojo cercano)					
						1.58 - 1.75	10	4 (Infrarrojo medio)					
	0.49 - 0.69					2,5 - 5,0	Panoromatica	60 X 60 a 80					
	0.50 - 0.59					20	1						
	0.61 - 0.68					20	2						
	0.79 - 0.89					20	5 (Infrarrojo cercano)						
	1.58 - 1.75					20	6 (Infrarrojo medio)	907 Km					
	0.61 - 0.68					10	Panoromatica						
	0.50 - 0.59					20	1						
	0.61 - 0.68					20	2						
	0.78 - 0.89					20	3						
0.50 - 0.73	10	Panoromatica											

**Observaciones generales:** Spot, sensor desarrollado por Francia, opera en banda multiespectral y pancromática, las cuales contribuyen a observar y analizar los fenómenos de cambio del territorio y así mismo a aprender de la mejor manera posible los cambios en zonas de gran extensión o en sitios específicos.



**INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI**

**ANEXO 1**  
**CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES Y DE LOS**  
**SATÉLITES SPOT, LANDSAT E IKONOS**  
**DIVISIÓN DE FOTOGRAMETRÍA**

Pág. 2 de 2

Fecha Sep. de 2008

Programa	Sensor Plataforma	Ángulo de inclinación	Modo de Haz (Beam mode)	Resolución					Número de bandas	Cobertura	Periodo de Revolución	Orbita	Formato Digital	Altura de Orbita
				Azimut	Temporal	Radiométrica (bits)	Espectral (µm)	Espacial (m)						
Ikonos	Ikonos	98,1	NA	2 a 9 días	8	0.45 - 0.53	4	1	13 x 13 Km	98	Polar Solar Sincrónica	.hdf,.tiff	681 Km	
						0.52 - 0.61	4	2						
						0.64 - 0.69	4	3						
						0.77 - 0.90	4	4 (Infrarrojo cercano)						
						0.45 - 0.90	1	Pancromatica						

**Observaciones generales:** Estas imágenes son consecuencia directa de la liberación tecnológica promovida en 1994 por el gobierno de los Estados Unidos de América. Anteriormente a esa época, esta tecnología estaba disponible para satélites con fines militares. Las imágenes IKONOS están revolucionando actualmente las formas de utilización de los productos satelitales. Por el hecho de ser IKONOS el primer satélite comercial que brinda un producto de 1m de resolución espacial, se tiene la posibilidad de definir los tipos de estándares para imágenes de alta resolución. A través de estas imágenes, se brinda valiosa información que ayuda a tomar decisiones sobre la base de un cubrimiento diario.

## INTRODUCCIÓN

El remuestreo es la técnica de procesamiento digital de imágenes usada para corregir los valores digitales de la imagen original distorsionada, calculando los valores digitales para las nuevas posiciones del píxel de la imagen corregida. A través de este proceso, los valores de los píxeles de salida son derivados como valores de los píxeles de entrada combinados con la distorsión computada.

## MÉTODOS

Los métodos utilizados para realizar el remuestreo de las imágenes son:

- Nearest Neighbor (Vecino más Cercano): este método de remuestreo indica que para determinar el píxel de salida más cercano, las coordenadas rectificadas ( $X_0$ ,  $Y_0$ ) del píxel son retransformadas al sistema de coordenadas fuente usando la inversa de la transformación. Las coordenadas retransformadas son usadas en la interpolación bilineal y en la convolución cúbica también. El píxel que está más cercano a las coordenadas retransformadas es el vecino más cercano. Los niveles digitales de ese píxel se convierten en los niveles digitales de la imagen de salida.
- Bilinear Interpolation (Interpolación Bilineal): utiliza los valores de los cuatro píxeles de las esquinas de una ventana de 2x2 para calcular un valor para el píxel de salida mediante una función bilinear.
- Cubic Convolution (Convolución cúbica): utiliza los valores de 16 píxeles de entrada de una ventana de 4x4 para calcular los valores de los píxeles de salida mediante una función cúbica.

El método de remuestreo puede seleccionarse según el tipo de relieve que presente la imagen. El único método que no modifica los valores radiométricos es Nearest Neighbor, sin embargo se pierde información de algunos píxeles.

Nearest Neighbor	Bilinear Interpolation	Cubic Convolution
Si el MDT cubre menos del área total de salida de la imagen ortorrectificada.	Si el tamaño del píxel del MDT es mucho mayor al tamaño del píxel de la imagen. (Por ejemplo: 30 metros en el MDT con 1 metro en la fotografía aérea).	
Si el tamaño del píxel del MDT es aproximadamente el mismo para la imagen. (Por ejemplo, 30 metros en el DEM con 10 metros SPOT)	Si el cubrimiento del DEM es igual al área de salida de la imagen ortorrectificada.	
Para zonas planas.	Para zonas onduladas.	Para zonas quebradas.



## MÉTODOS

1. Componentes principales: se usa frecuentemente como un medio de compresión de datos, permite que los datos redundantes se compacten en pocas bandas y que la dimensión de los datos se reduzca. Los datos resultantes del análisis de componentes principales no están correlacionados y son más independientes lo que hace más fácil el proceso de interpretación de los mismos.

Para calcular la transformación de los componentes principales se realiza una transformación lineal sobre los datos, lo que significa que las coordenadas de cada píxel en el espacio espectral (niveles digitales originales - ND) son recalculados utilizando una ecuación lineal. El resultado de esta transformación es que se rotan los ejes en el espacio espectral (Ver Figura1).

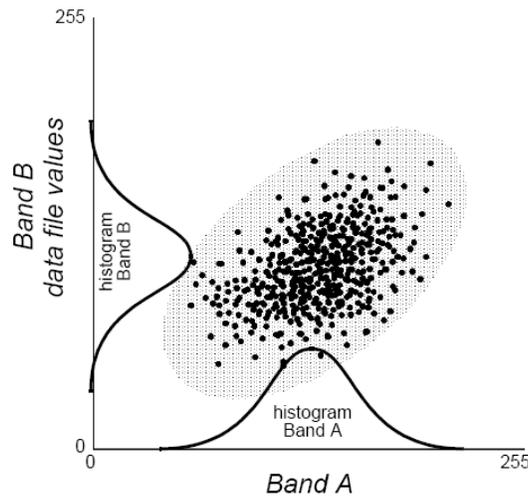


Figura 1. Transformación de Componentes Principales

2. Método Multiplicativo: Este proceso multiplica los ND de las imágenes fuente (Ver Figura 2) generando un incremento en el componente de la intensidad. Este método es de mayor utilidad en estudios urbanos para dar mayor importancia a los elementos que presentan mayor reflectividad.

$$(DN_{TMI}) (DN_{SPOT}) = DN_{new TMI}$$

Figura 2. Método multiplicativo

3. Transformación Brovey: Es una técnica de fusión que combina imágenes de diferentes fuentes para obtener un producto de fusión. El algoritmo es básicamente una normalización para un juego de bandas de un sensor, multiplicadas por una imagen de otro sensor (Ver Figura 3). La transformación de Brovey fue desarrollada para incrementar visualmente el contraste de los extremos bajos y altos del histograma de los niveles digitales de una imagen.

$$[DN_B / DN_B + DN_{B2} + DN_{B3}] \times [DN_{high res. image}] = DN_{B\_new}$$

$$[DN_{B2} / DN_B + DN_{B2} + DN_{B3}] \times [DN_{high res. image}] = DN_{B2\_new}$$

$$[DN_{B3} / DN_B + DN_{B2} + DN_{B3}] \times [DN_{high res. image}] = DN_{B3\_new}$$

Donde:

*B* = Banda

Figura 3. Transformación de Brovey



4. Transformación del espacio IHS (intensity-hue-saturation) Intensidad, Matiz, Saturación: En teledetección se conoce con este nombre la transformación consistente en extraer las tres bandas I, H y S a partir de cualquier composición en color (R-G-B) de la imagen. Una de sus aplicaciones es la fusión de imágenes de distinta resolución espectral y espacial. En primer lugar, a partir de una composición RGB de una imagen multispectral se rota el espacio de color desde RGB hasta IHS, a continuación se sustituye la banda intensidad por una imagen pancromática de mayor resolución que la original. Finalmente se revierte el conjunto de las tres nuevas bandas al espacio de color original (RGB). Con ello quedan fusionadas en una misma imagen las características cromáticas de la imagen multispectral y la riqueza en detalles geométricos de la imagen de mayor resolución espacial.
- La intensidad es el brillo de la escena, varía entre 0 (blanco) y 1 (Negro).
  - La saturación es la pureza del color y también varía entre 0 y 1.
  - El matiz es el color más representativo o longitud de onda dominante del píxel, varía entre 0 y 255.
- La variación de estos componentes se puede representar por una esfera pero en este caso el matiz varía entre 0 y 360 (Ver Figura 4).

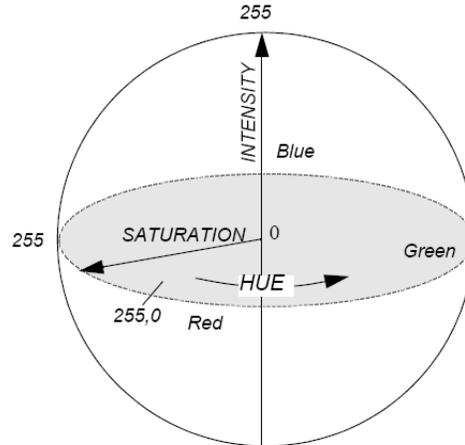


Figura 4. IHS

5. Filtro de Paso Alto (FPA): Una imagen puede ser resaltada así como sus bordes, atenuando los componentes de baja – frecuencia usando filtros de paso alto. La operación de paso – alto permite una nueva imagen cuyos ND son función de los ND originales y de los de las celdas contiguas realzando los rasgos lineales de la imagen.