

**DETERMINACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES A PARTIR DEL ESTUDIO
DE SU RESPUESTA RGB UTILIZANDO AEROFOTOGRAFÍAS DIGITALES**

JORGE ELIECER TORRES ANGARITA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN
2005**

**DETERMINACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES A PARTIR DEL ESTUDIO
DE SU RESPUESTA RGB UTILIZANDO AEROFOTOGRAFÍAS DIGITALES**

JORGE ELIECER TORRES ANGARITA

Anteproyecto de Investigación para Optar por el Título de Ingeniero Físico

Director:
MSc. Luis Fernando Echeverri

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN
2005**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2 JUSTIFICACIÓN	6
3 OBJETIVOS	7
3.1 OBJETIVO GENERAL	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4 MARCO REFERENCIAL	8
4.1 Espectro electromagnético.....	8
4.1.1 Interacción atmósfera - radiación.....	9
4.1.2 Interacción radiación - superficie.....	9
4.1.3 Respuesta espectral	9
4.2 Percepción Remota.....	10
4.2.1 Sensores activos.....	11
4.2.2 Sensores pasivos.....	11
4.3 Fotogrametría.....	12
4.4 Resolución	12
4.5 Representación digital de imágenes	13
4.6 Correcciones de la imagen.....	14
4.7 Dispositivo de captura	14
4.8 Software	15
5 DISEÑO METODOLÓGICO	16
6 PRESUPUESTO	18
7 CRONOGRAMA.....	19
8 PARTICIPANTES DEL PROYECTO	20
9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

INTRODUCCIÓN

Una de las técnicas en las que se trabaja actualmente para obtener información acerca de la superficie terrestre es la teledetección, la cual permite llevar a cabo actividades de percepción remota, en donde la adquisición de información se hace desde sensores instalados en plataformas aéreas o espaciales gracias a la interacción de la energía electromagnética que existe entre el sensor y la tierra; en interconexión con métodos de procesamiento digital de imágenes, que es la aplicación de algoritmos matemáticos a esa información para un estudio determinado¹.

La teledetección es una técnica que ha venido evolucionando desde mediados del siglo XX, y a su vez, todas las aplicaciones desarrolladas en este tiempo han sido una prerrogativa exclusiva de las naciones industrializadas. No obstante, esta situación esta cambiando con la creciente atención que se le esta dando en los países en desarrollo a las aplicaciones de percepción remota y al reconocimiento tardío de una de las primeras y más utilizadas técnicas de percepción remota, la fotografía aérea.

A nivel local, una de las dependencias de la Armada Nacional, la Dirección General Marítima, DIMAR, a través del Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP, ha encaminado sus esfuerzos en la implementación de un proceso teledetección a partir de aerofotografías digitales para la determinación coberturas vegetales existentes en la Bahía de Tumaco, en el departamento de Nariño.

DIMAR, tiene por objeto la dirección, coordinación y control de las actividades que promuevan y estimulen el desarrollo marítimo del país y por tanto debe contribuir

¹ CHUVIECO, Emilio. 1996.

al conocimiento, desarrollo y conservación de sus recursos marinos. Es por esto que se ha interesado en uno de los mas importantes recursos naturales que predominan en estas regiones costeras, la vegetación, gracias a su diversidad y a que alberga gran cantidad de ecosistemas.

La determinación de coberturas vegetales² (CV) haciendo uso de la teledetección es debido a que su identificación a nivel de asociaciones aplicando métodos convencionales tales como los trabajos in situ exigen procesos físico-químicos muy dispendiosos, además la utilización de estos métodos convencionales en grandes extensiones donde la diversidad es el denominador común demanda largos periodos de tiempo. Por otra parte, un proceso de teledetección espacial sería una interesante alternativa a la hora de resolver este problema, sin embargo, las imágenes satelitales que se ofrecen en el mercado padecen de una baja resolución con respecto a las aerofotografías digitales que resuelven objetos de hasta 0.30m. Además, las imágenes satelitales son tomadas en cualquier momento y bajo las condiciones meteorológicas que se estén presentado, esto se convierte en una gran desventaja a la hora de capturar imágenes de regiones donde el porcentaje de nubosidad anual es demasiado elevado y además se presenta a muy baja altura, tal y como es el caso de la Bahía de Tumaco y de toda la costa pacífica.

Es por tanto objeto del citado trabajo contribuir y agilizar la identificación de CV aplicando un proceso de teledetección a partir de aerofotografías digitales, una tecnología si bien no muy reciente, si muy eficiente, puesto que nos va a permitir contrarrestar algunos fenómenos atmosféricos siguiendo la filosofía de que sino se los puede eliminar, sí se los puede eludir, esto gracias a que disponemos a voluntad del proceso de adquisición y por tanto podremos buscar las condiciones más favorables para llevarlo a cabo.

² CV: diferentes tipos de vegetación que predominan en una determinada región.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Dirección General Marítima, DIMAR, a través del CCCP, adelanta el proyecto 'Caracterización y Evaluación del Litoral Pacífico Colombiano', el cual pretende establecer los límites territoriales entre el dominio público marítimo-terrestre y el dominio privado para generar información cartográfica que sirva como insumo en la determinación técnica de la jurisdicción.

El problema radica en que no se ha podido consolidar un método que permita adquirir información precisa de la superficie terrestre para el proceso de elaboración de cartografía de esta zona. Esto se debe a que la costa pacífica cuenta con unas características muy particulares, tales como el alto índice de nubosidad anual que además se presenta a baja altura y los terrenos de difícil acceso, debido a que esta constituida por grandes extensiones de vegetación, siendo el manglar una de las más predominantes. De allí que la aplicación de métodos convencionales como los trabajos in situ y tecnologías de punta como la teledetección espacial, presenten grandes inconvenientes a la hora de resolver el problema.

Por su parte, la legislación establece claramente las zonas que se encuentran bajo jurisdicción de la DIMAR, no obstante, el problema subsiste debido a que no se ha concretado los criterios técnicos aplicables para definir los límites de esta.

2 JUSTIFICACIÓN

La ubicación del recurso mar, playa, vegetación tipo playa, vegetación continental, la delimitación de su distribución espacial georeferenciada y el cálculo de su superficie, así como el estudio de su evolución espaciotemporal, son tareas que, realizadas con los métodos convencionales y siguiendo los esquemas científico-técnicos tradicionales, generan falsas apreciaciones o, por lo menos, imprecisas, de su morfología y su interacción con el entorno, provocando una errada ordenación e identificación de manejo de estos importantes recursos.

El presente trabajo abarca los aspectos teóricos, técnicos y metodológicos que permiten llevar a cabo las actividades de Percepción Remota, en interconexión con otros métodos de investigación y tecnologías de punta, dirigidos a obtener información georeferenciada sobre las diferentes coberturas vegetales existentes en la bahía de Tumaco, en apoyo a los estudios que se han venido llevando a cabo en el CCCP en el proceso de determinación de la jurisdicción DIMAR en el litoral pacífico colombiano.

La importancia de trabajar en un proceso alternativo para la adquisición de datos de la superficie terrestre a partir de aerofotografías digitales tomadas con una cámara digital no métrica; con la cual cuenta el CCCP, es la fácil y rápida actualización cartográfica, el bajo costo que esto representa en comparación con otros métodos y el permanente suministro de información, convirtiéndose así, en una opción de consulta con datos reales y recientes, y sin la necesidad de desplazarse hasta el sitio de observación, obteniendo así, un escenario más amplio, en los diferentes procesos de investigación sobre terrenos de difícil acceso para los especialistas que realizan trabajos in situ mediante los métodos convencionales.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de teledetección a partir de aerofotografías digitales que permita obtener información de la superficie terrestre para determinar las coberturas vegetales existentes dentro de la bahía de Tumaco apoyándose en el estudio de su respuesta en RGB.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⇒ Diseñar y construir un soporte de nivelación digital para el dispositivo de carga acoplada (CCD) que permita la captura adecuada de datos espaciales en plataformas aerotransportadas.
- ⇒ Implementar un sistema de adquisición de información automatizado que admita variaciones en el proceso de captura de las aerofotografías digitales.
- ⇒ Diseñar un plan de vuelo fotogramétrico para la ejecución y optimización de la adquisición de las aerofotografías digitales.
- ⇒ Ubicar y obtener los puntos de control para desarrollar el proceso de ortorectificación y georeferenciación.
- ⇒ Identificar y resolver los diferentes rasgos geomorfológicos con base en los aspectos exclusivos de la planimetría de la zona de estudio a partir del respectivo análisis de su firma espectral.
- ⇒ Clasificar y catalogar la cobertura vegetal aplicando técnicas adecuadas de tratamiento digital de imágenes y enlazar la información con datos in situ para una mejor precisión.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 Espectro electromagnético

Según la teoría ondulatoria la energía electromagnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí, eléctrico y magnético. Ésta energía se puede describir por dos elementos, frecuencia (f) y longitud de onda (λ). A mayor λ menor energía y a mayor f , mayor energía³.

Existen una serie de bandas donde la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. La organización de éstas bandas de λ o f se llama espectro electromagnético (Figura 1).

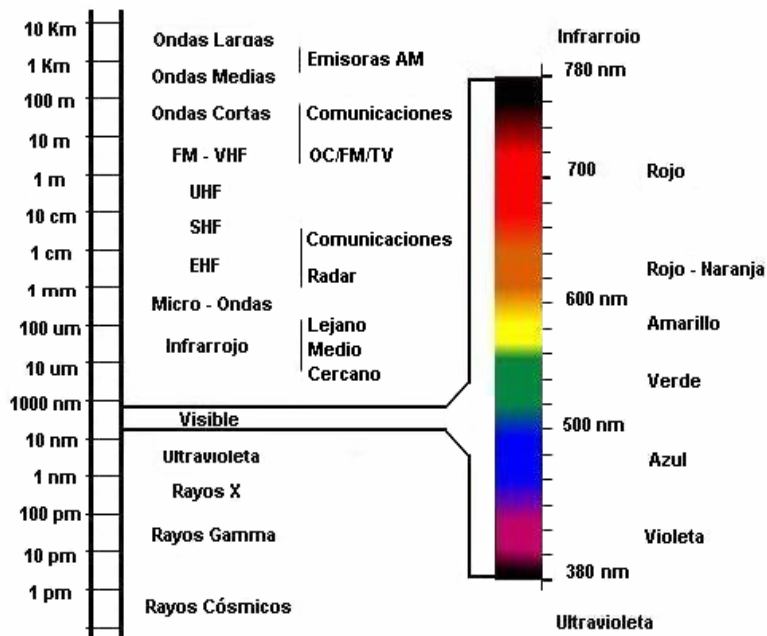


Figura No. 1. Espectro Electromagnético

³ HECHT, E., ZAJAC, A. 1977.

4.1.1 Interacción atmósfera - radiación

La atmósfera no es un cuerpo transparente, en ella se encuentran pequeñas partículas en suspensión que interactúan con la radiación incidente. La energía al chocar con estas partículas puede ser esparcida, absorbida o reemitida dependiendo de la longitud de onda. Las porciones del espectro electromagnético donde la radiación no es absorbida y llega a la superficie de la Tierra se denominan ventanas atmosféricas y son de gran importancia a la hora de diseñar los sensores.

4.1.2 Interacción radiación - superficie

La energía que llega a los cuerpos, incide en la superficie y puede sufrir tres procesos (Figura 2): ser reflejada (R), absorbida (A) o transmitida (T), por lo tanto la energía incidente (I) será la sumatoria de todos los anteriores valores.

La energía reflejada y el calor que los cuerpos emiten, es la energía que los sensores reciben, después de que esta interactúa nuevamente con la atmósfera.



Figura No. 2. Interacción atmósfera - superficie⁴

4.1.3 Respuesta espectral

La respuesta espectral es el comportamiento de los cuerpos ante la incidencia de radiaciones electromagnéticas de distinta frecuencia. El registro de esta y de las

⁴ <http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/teledeteccion.htm>

intensidades correspondientes a la energía emitida por un objeto o clase de objetos se denomina firma espectral, característica por medio de la cual se puede hacer la identificación de los diferentes elementos que componen una zona de estudio.

La respuesta espectral de los cuerpos a la energía incidente no siempre es la misma y depende de factores tales como:

- ⇒ Ángulo de incidencia de la energía con el cuerpo (varia según fecha, año y recorrido del satélite).
- ⇒ Aspecto del relieve.
- ⇒ Interacción atmosférica con las distintas longitudes de onda.
- ⇒ Variaciones ambientales.
- ⇒ Angulo de observación.

4.2 Percepción Remota

La percepción remota es una técnica que ha ido evolucionando aceleradamente durante las últimas décadas, sus orígenes se ubican con el inicio de las actividades aeronáuticas a principio de siglo XX y ha venido consolidándose con el desarrollo de las actividades espaciales. La teledetección como también se le conoce a la percepción remota es la ciencia de adquirir y procesar información de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales o aeronaves, gracias a la interacción de la energía electromagnética que existe entre el sensor y la tierra⁵.

Un sensor es un dispositivo que detecta y mide parámetros físicos tales como radiación, y hace la transducción del estímulo a una señal que puede ser utilizada directa o indirectamente como medida, de tal manera que sea almacenada o transmitida⁶.

⁵ CHUVIECO, Emilio. 1996.

⁶ <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0355S/T0355S00.HTM#Toc>

Para cualquier proceso de percepción remota es necesario que existan los siguientes aspectos:

- ⇒ Una fuente de iluminación o energía
- ⇒ Influencia de la atmósfera
- ⇒ Interacción con la superficie
- ⇒ Registro y procesamiento de datos
- ⇒ Aplicación a un estudio determinado

4.2.1 Sensores activos

Los sensores activos, se basan en que proveen su propia fuente de energía que emiten hacia los cuerpos y reciben la señal de retorno (Fig. 3, a). Estos sensores trabajan principalmente en la región de las microondas⁷.

4.2.2 Sensores pasivos

Los sensores pasivos de teledetección reciben la señal de una fuente de luz o energía externa reflejada por la superficie de los cuerpos (Fig. 3, b). Estos sensores están incluidos sobre la mayoría de los satélites que manejan las bandas del espectro visible⁵

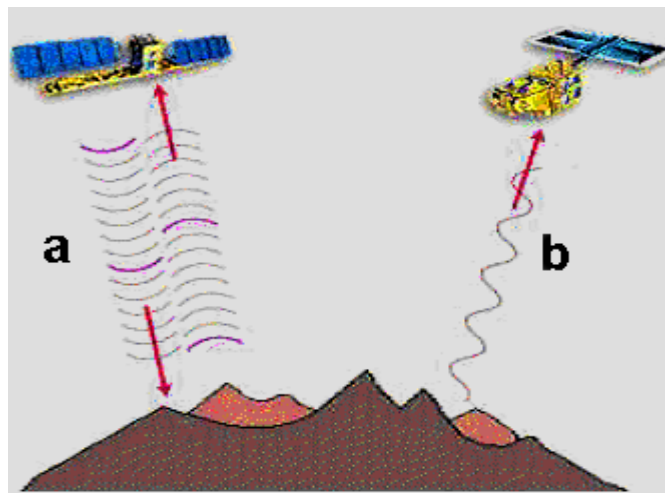


Figura No. 3. Sensores Activos y Pasivos⁵

⁷ <http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/sistemas.htm>

4.3 Fotogrametría

La fotogrametría es el arte y la ciencia de obtener, medir, interpretar y evaluar fotografías aéreas, imágenes y otros datos de sensores remotos⁸.

Fotografía Aérea

La fotografía aérea es un sistema de teledetección pasiva que utiliza la reflexión natural del sol, las cuales son obtenidas desde un avión o un satélite y presentan variaciones de tono, textura, forma y patrones que corresponden a diferencias en rasgos y estructuras en la superficie.

La fotografía está limitada a longitudes de ondas ópticas compuestas de las porciones ultravioleta (UV), visible e infrarrojo cercano (NIR) del espectro electromagnético. La primera y última de estas porciones son recuperables bajo condiciones especiales de películas y filtros.

Una desventaja que presenta la fotografía es que no puede ser utilizada en cualquier momento y en cualquier condición climática. No obstante, ofrece exposiciones instantáneas de una escena, alta resolución, facilidad de manejo y capacidad estereoscópica para propósitos de interpretación. De todos los sensores, la fotografía aérea ofrece la interpretación más exacta de lo que ve el ojo humano, en términos de respuesta a la longitud de onda, resolución, perspectiva, visión estereoscópica y valores de tonos y de color.

4.4 Resolución

La resolución de un sensor es su habilidad para registrar información en detalle de las distintas coberturas. La resolución depende de la capacidad de los sensores para distinguir variaciones de la energía electromagnética, del detalle espacial que captura y del número y ancho de las bandas que alberga⁹.

⁸ MIKHAIL, Edward. And MOFFITT, Francis. 1980.

⁹ <http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/resolucion.htm>

⇒ **Resolución espacial**

Determina el tamaño del menor objeto que es posible representar en la imagen, depende de la potencia resolutive del objetivo, de la apertura focal de la cámara, del número de celdas fotosensibles existentes en el CCD y de la distancia desde el centro de una celda hasta el centro de la siguiente, valor conocido con el nombre de separación. En un sistema, se mide en unidades de longitud sobre el terreno, es decir que define el tamaño del píxel de una imagen.

⇒ **Resolución espectral**

Número y ancho de bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Un sensor será "mejor" mientras más bandas proporcione y mientras más estrechas sean éstas.

⇒ **Resolución radiométrica**

Sensibilidad del sensor, es decir, la capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. Determina el número de niveles digitales recogidos (64, 128, 256 ó 1024). A mayor resolución radiométrica, mejor interpretación de la imagen.

⇒ **Resolución temporal**

Es la periodicidad con que el sensor adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. Esta en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad e inclinación) y del diseño del sensor (ángulo de observación y ángulo de cobertura).

4.5 Representación digital de imágenes

La unidad visual más pequeña que se puede visualizar en una imagen se denomina píxel, el cual generalmente está definido por un *byte*. El sensor detecta la radiancia media de una parcela de terreno equivalente al tamaño del píxel. Este

valor se traduce a un valor numérico llamado nivel digital, a partir del cual se realiza el tratamiento digital de las imágenes.

Cada píxel tiene un valor numérico entero o real, que corresponde al **nivel digital** (ND) percibido, el cual se traduce en un valor de gris en la pantalla o **nivel visual** (NV). El arreglo de varios píxeles generan la imagen que se puede interpretar como una matriz con coordenadas fila, columna, cuyo valor (o valores) de celda corresponden a la dimensión espectral. En el caso de sensores multiespectrales se tienen muchas matrices o bandas para cada una de las cuales, existe un sensor¹⁰.

4.6 Correcciones de la imagen

Las operaciones básicas de teledetección pueden incluir procesos de visualización y realce de la imagen, operaciones más avanzadas involucran procesos de correcciones geométricas, radiométricas y clasificación digital.

Las correcciones radiométricas y geométricas de la imagen se hacen con el propósito de preparar los datos para realizar estudios precisos. Los estudios de análisis multitemporal por ejemplo, requieren alta precisión en la corrección geométrica de la imagen.

4.7 Dispositivo de captura

Para la adquisición de imágenes se cuenta con una cámara no métrica Nikon D1H tipo reflex, su resolución es de 2.74 mega píxeles para una imagen de 2000 x 1312 píxeles, puede generar 40 disparos consecutivos lo que significa cinco fotos por segundo. Comparada con versiones antiguas posee menor tendencia al ruido.

La foto se guarda en memorias Compact Flash II (CF) compatibles con todas las tarjetas de memoria, en un Compact Flash de 96 MB se pueden guardar, a

¹⁰ <http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/tratamiento.htm#1>

máxima resolución, 12 imágenes en formato TIFF y hasta 246 en formato JPG, 32 Bits de profundidad de color. La cámara cuenta con obturador mecánico electrónico, temporizador de disparo de 20 a 2 seg. y un puerto RS-232 para conexión GPS.

4.8 Software

La cámara anteriormente mencionada brinda diferentes opciones de funcionamiento, cada una de las cuales serán controladas por la interfaz de usuario versión demo *Nikon Capture Control 4.1.0*, además este software nos permite descargar las aerofotografías directamente al computador con la ayuda de una tarjeta *PCMI/CA*, con puerto *firewall IEEE 1394*. Una vez adquiridas y descargadas las imágenes podrán ser visualizadas a través de *Nikon Capture View 5.1.3* y finalmente todas las correcciones e informaciones que inicialmente se requieran de las fotos se las hará con *Nikon Capture Editor 4.1.0*, quedando así listas para la fase de procesamiento.

Una vez lista las fotografías aéreas se hará el respectivo tratamiento digital con *Erdas Imagine*, que es un software sofisticado y poderoso para el procesamiento de imágenes adquiridas a partir de sensores remotos, análisis de datos geográficos y modelamiento gráfico de información espacial. Este software suministra un conjunto robusto de herramientas usadas para¹¹:

- ⇒ Entrada y manipulación de imágenes.
- ⇒ Despliegue y realce.
- ⇒ Análisis espectral
- ⇒ Fotogrametría digital
- ⇒ Modelamiento de información espacial
- ⇒ Integración de datos SIG
- ⇒ Realización de mapas y salidas impresas

⁹ <http://www.gis.leica-geosystems.com/Products/Imagine/>

5 DISEÑO METODOLÓGICO

Para lograr un desarrollo eficiente en las diferentes etapas evolutivas de esta investigación, se plantea una serie de pasos fundamentales que se describen a continuación:

Primera Fase. COMPENDIO DE INFORMACIÓN

Recopilación de tópicos referentes al Área de Modelado Integral de Zonas Costeras, tales como percepción remota, sistemas globales de adquisición, sensor Nikon D1H, aerofotografías, fotogrametría, sistemas de información geográfica, sistemas de posicionamiento global, modelado numérico, cartografía, batimetría y demás.

Segunda Fase. CAPACITACIÓN

Formación en el manejo de los software ArcGis 9.0, AutoCad 2000 y Erdas Imagine versión 8.5, para la captura y estructuración de información geográfica, manipulación de información cartográfica y procesamiento e interpretación de las imágenes aéreas, respectivamente.

Tercera Fase. OBTENCIÓN DE LAS AEROFOTOGRAFÍAS DIGITALES (AFD)

Captura de las AFD mediante el desarrollo de las siguientes tres etapas: diseño y construcción de un soporte de nivelación para el dispositivo de carga acoplada (CCD), implementación de un sistema de adquisición de información automatizado y por último, diseño de un plan de vuelo fotogramétrico.

Cuarta Fase. ORTORECTIFICACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE LAS AFD

Implementación de un proceso de corrección geométrica y georeferenciación en las AFD, para que los valores arrojados por estas tengan un alto índice de fiabilidad y además posean las mismas propiedades de un mapa.

Quinta Fase. PROCESAMIENTO DIGITAL DE LAS AEROFOTOGRAFÍAS

Aplicación de algoritmos propios del procesamiento digital que permitan la determinación de las diferentes coberturas vegetales. Para ello, se hace necesario el desarrollo de las cuatro etapas que se citan a continuación: interpretación y clasificación de los diferentes componentes de las AFD, determinación de los rasgos geomorfológicos, delimitación de las coberturas vegetales, e identificación de las asociaciones vegetales.

Sexta Etapa. CONTROL DE CALIDAD

Confirmación de los resultados obtenidos mediante verificaciones in situ para evaluar la precisión del tratamiento digital de las aerofotografías con base en los datos correspondientes en el mundo real.

Séptima Etapa. RESULTADOS FINALES

Elaboración del documento final en forma impresa y magnética que describa cualitativa y cuantitativamente los resultados obtenidos.

6 PRESUPUESTO

6.1 Presupuesto General

FUENTES DE FINANCIACIÓN RUBROS	UNIVERSIDAD DEL CAUCA	CCCP	PROPIOS	Total
HONORARIOS	\$ 700.000 ¹	\$5'600.000 ²	-	\$ 6'300.000
MATERIALES	-	\$24'700.000	-	\$ 24'700.000
VIATICOS	-	\$ 490.000	\$ 1.645.000	\$ 2'135.000
TOTAL				\$33'135.000

Cuadro 1. Presupuesto General

6.2 Descripción de Materiales

DISPOSITIVOS O SERVICIOS	V/U (\$)	CANTIDAD	COSTO(\$)
Sobre Vuelos	8'200.000	1	8'200.000
Cámara Nikon D1H	2'000.000	1	2'000.000 ³
Computador Personal	700.000	1	700.000 ³
Software Licenciado: WINDOWS 2000, OFFICE 2000, ERDAS IMAGINE 8.5, ArcGis 9.0, AutoCad 2000	-	-	3'000.000 ³
SUMINISTROS: Papelería, Recursos bibliográficos, Módulo de trabajo	-	-	800.000
Capacitación: Erdas Imagine 8.5, ArcGis 9.0, (50 horas c/u)	5'000.000	2	10'000.000
TOTAL			24'700.000

Cuadro 2. Descripción de Materiales

¹ Director de la Práctica: (2 Horas / Semana) x (4 Semanas / Mes) x (7 Meses) x (\$12500 / Hora)

² Tutor de la Práctica: (2 Horas/ Día) x (20 Días/ Mes) x (7 Meses) x (\$ 20.000/Hora)

³ Valor de alquiler estimado por el CCCP

7 CRONOGRAMA

Se estima que la elaboración del proyecto se llevará a cabo en 7 meses así:

7.1 Tiempo Estimado para cada Actividad

FASE	ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO (MES)						
		1	2	3	4	5	6	7
-	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	■	■	■	■	■	■	
1	COMPENDIO DE INFORMACIÓN	■						
2	CAPACITACIÓN		■					
3	OBTENCIÓN DE LAS AEROFOTOGRAFÍAS DIGITALES			■				
4	ORTORECTIFICACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE LAS AFD			■	■			
5	PROCESAMIENTO DIGITAL DE LAS AEROFOTOGRAFÍAS			■	■	■	■	
6	CONTROL DE CALIDAD				■	■	■	
7	RESULTADOS FINALES						■	■

Cuadro 3. Tiempo Estimado para cada Actividad

8 PARTICIPANTES DEL PROYECTO

Universidad del Cauca

Director:

Luis Fernando Echeverri

Físico

Msc. Física

Centro Control Contaminación del Pacífico

Asesores:

Capitán de Corbeta Luís Jesús Otero

Oceanógrafo Físico

Msc. Ingeniería de Costas y Puertos

Milton Puentes Galindo

Ingeniero Catastral y geodesta

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHUVIECO, Emilio. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S.A. Alcalá. Madrid. Pp 21-568.

DEAGOSTINI R., Daniel. 1990. Introducción a la Fotogrametría. Editorial Presencia Ltda.. Bogota, Colombia. Pp 3-267.

FERNÁNDEZ CH., Benjamín S. Y FERNÁNDEZ G. Piedad. 2002. Elementos de Fotogrametría Para Ingenieros. Geodesia Por Satélite de Colombia Ltda. Bogota, Colombia. Pp 21-212.

HECHT, E. Y A. ZAJAC. 1977. Óptica. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano.

JENSEN, J. 1996. Introductory Digital Image Processing. Prentice Hall.

MC LACHALAN, N. 1951. Teory of Vibration Dover, New York.

MEISENER, D. 1986. Fundamental of Airborne Video Remote Sensing, Remote Sensing of Environment. Vol. 19, N° 1, Pp 63- 79.

MIKHAIL, E. AND F. MOFFITT. 1980. Photogrammetry. New York: Harper and Row.

SNOOK, P. 1987. Comparison Between Digital and Manual Interpretation of High Altitude Aerial Photographs. Photogrammetrics Engineering and Remote Sensing. Vol. 53, N° 5, Pp 531- 534.

BOLAÑOS, S., G. LECLERC Y T. TOUTIN. *Generación de Modelos Digitales de Elevación con Imágenes RADARSAT: uso del método radargramétrico.* Centro de Investigación de Agricultura Tropical y Canada Center for Remote Sensing. <http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/teledeteccion.htm>. [Consulta: 02 de Abril de 2005].

BUTLER, M.J.A., MOUCHOT, M.C., BARALE, V., LEBLANC C. *Aplicación de la tecnología de percepción remota a las pesquerías marinas: manual introductorio,* Documento Técnico de Pesca. No. 295. Roma, FAO. 1990. 212 p. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0355S/T0355S00.HTM#Toc/>. [consulta: 01 de Abril de 2005].

LEICA GEOSYSTEMS. 2003. *Erdas Imagine® 8.7.* Leica Geosystems Geospatial Imaging. <http://www.gis.leica-geosystems.com/Products/Imagine/>. [Consulta: 15 de Junio de 2005].

SHORT N. M. 2003. *Remote Sensing Tutorial, NASA Goddard Training Manual on the Roles of Space Science and Technology for Using Remote Sensing to Monitor Earth and Distant Objects.* NASA/Goddard Space Flight Center. <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>. [Consulta: 12 de Marzo de 2005].