

## **CAPÍTULO 3 DISCUSIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

En varias reuniones celebradas entre el IGAC y el Equipo de Estudio JICA, se confirmaron los contenidos y especificaciones del estudio. En las reuniones sobre el contenido de los informes también se discutieron las especificaciones técnicas. En este capítulo se describen el alcance de los trabajos, y las especificaciones confirmadas en las reuniones.

### **3.1 Reunión del Informe Inicial**

Basándose en las especificaciones del IGAC, el Equipo de JICA hizo el plan para tres años de trabajo. Este plan que incluye contenidos, precisión y procedimientos, y este fue compilado como el Informe Inicial (Borrador), y se entregó al IGAC (Figura 3-1).

El contenido de dicho documento se discutió en reunión el día 31 de agosto de 2005, Los contenidos de la reunión se registraron en las Minutas (Apéndice 2).

- (1) El Equipo de Estudio solicitó al IGAC suministrar datos e información disponibles relacionados con el Estudio y también asignar el personal contraparte, con lo cual el IGAC manifestó su acuerdo. Y en seguida hizo gestión.
- (2) El IGAC informó que la toma de aerofotografías en el área de estudio se realizó con el 80% de recubrimiento longitudinal y fueron escaneadas las películas negativas con tamaño de pixel de 15 micrones, y el Equipo de Estudio aceptó la explicación.
- (3) El Equipo de Estudio solicitó al IGAC llevar a Japón las películas negativas, el archivo de datos digitales, copias de contacto, y el IGAC manifestó su acuerdo.
- (4) Ambas partes acordaron que son tentativos los límites del área de los mapas topográficos digitales a escala 1:2,000 mostrados en el Alcance del Trabajo. Así, ambas partes acordaron que los límites exactos fueran definidos a través de una discusión basada en el requerimiento de ese momento.
- (5) El Equipo de Estudio explicó que sería utilizada la ortofoto para la determinación del límite exacto del área de mapas topográficos digitales a escala 1:2,000 y el IGAC aceptó el criterio.
- (6) El Equipo de Estudio solicitó al IGAC realizar las acciones necesarias con el fin de

establecer un Comité de Coordinación y un Equipo Técnico.

(7) Ambas partes acordaron que el IGAC realizará una propuesta inicial de la distribución y densificación del fotocontrol. Dicha propuesta sería analizada por el Equipo de Estudio y se discutiría con el IGAC con el objeto de realizar los ajustes necesarios para producir el plan de fotocontrol definitivo.

(8) El IGAC solicitó al Equipo de Estudio considerar el cambio del cronograma de la clasificación de campo que se programó de enero a febrero debido a la disponibilidad del presupuesto del IGAC, y el Equipo de Estudio acordó considerar el ajuste del cronograma.

(9) El Equipo de Estudio explicó que con las imágenes digitales de aerofotografías y el resultado de la aerotriangulación, se producirán imágenes de ortofoto utilizando el mismo formato de los planos. El IGAC estuvo de acuerdo.

(10) El IGAC expresó la necesidad de realizar parte de la transferencia de tecnología en Japón. El Equipo de Estudio manifestó transmitir la solicitud del IGAC a la Sede de JICA.

(11) El Equipo de Estudio propuso al IGAC organizar un taller en enero de 2006 para realizar la transferencia de tecnología, y el IGAC lo aceptó.

(12) El Equipo de Estudio solicitó al IGAC preparar una oficina necesaria para el desarrollo del Estudio, lo cual se efectuó satisfactoriamente.



Figura 3-1 Reunión para el Informe Inicial

### **3.2 Discusión de símbolos cartográficos y especificaciones. Reunión 1**

Los símbolos cartográficos y las especificaciones se discutieron con el IGAC durante la primera visita del Equipo de JICA a Colombia, en el año 2005, con los siguientes resultados:

#### (1) Parámetros básicos para los levantamientos

Se determinó utilizar los siguientes parámetros básicos para los levantamientos, incluyendo la definición del datum a utilizar, iguales a los que emplea el IGAC para producir cartografía a escala 1:2000:

- Datum geodésico: MAGNA SIRGAS
- Proyección: Cartesiana.
- Sistema de coordenadas: Sistema local de cada una de las tres ciudades

#### (2) Distribución de cuadrícula

Se determinará después de ser definido el área exacta a cartografiar.

#### (3) Items a cartografiar

Con el fin de confirmar la definición de los objetos geográficos y los criterios para su identificación, el Equipo de JICA preparó el borrador del plan de los objetos geográficos a cartografiar y su simbología, basado en CO-U y CS2000. El IGAC presentó el Modelo Único de la especificación para la cartografía a escala 1:2000. En consecuencia el Equipo de Estudio verificó el contenido del Modelo Único para la discusión de las especificaciones cartográficas con el Instituto. El Equipo de Estudio también solicitó al IGAC aclarar las definiciones de objetos geográficos que no estaban claras en las especificaciones.

### **3.3 Discusión de símbolos cartográficos y especificaciones. Reunión 2**

Los símbolos cartográficos y las especificaciones se discutieron con el IGAC también durante la segunda visita del Equipo de JICA a Colombia, entre enero y febrero de 2006, con los siguientes resultados:

#### (1) Símbolos cartográficos

La discusión de los símbolos cartográficos se basó en el mapa de muestra preparado en Japón. Los símbolos utilizados en la cartografía a escala 1:2000 del estudio se encuentran en la Minuta de Discusiones en los (Apéndice 3).

(2) Área cartografiada

El Equipo Preparatorio y el IGAC acordaron en marzo de 2005 un área de 400 km<sup>2</sup> aproximadamente. Sin embargo, las mediciones hechas por el Equipo de Estudio en Japón, sobre las aerofotografías tomadas por el IGAC mostraron que el área indicada sobre el mapa usado para el cálculo era aproximadamente de 420 km<sup>2</sup>. El Equipo presentó este resultado para una revisión por parte del IGAC, después de lo cual se determinaron las siguientes áreas:

Cartagena	:	11,000 ha
Barranquilla	:	19,900 ha
Santa Marta	:	9,100 ha

(3) Información marginal

El Equipo de Estudio propuso incluir el siguiente texto en la información marginal a mostrar en el mapa:

**“This map was prepared jointly by Japan International Cooperation Agency (JICA) under the Japanese Government Technical Cooperation Program and the Government of Republic of Colombia.”**

El IGAC pidió incluir el nombre del Instituto, como sigue:

**“Este mapa fue preparado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón conjuntamente con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) bajo el Programa de Cooperación Técnica del Gobierno del Japón en la República de Colombia.”**

Tras consultarse con las oficinas de JICA, se acogió esta petición, y se acordó el siguiente texto:  
English sentence (reference) :

**“This map was prepared jointly by Japan International Cooperation Agency (JICA) and Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) under the Japanese Government Technical Cooperation Program in the Republic of Colombia.”**

(4) Determinación de la línea costera

La posición de la línea costera capturada en aerofotos varía debido a los intervalos de tiempo entre vuelos, por lo cual el Equipo de Estudio juzgó que la línea costera de las aerofotos no podía utilizarse para el trazado. El IGAC decidió suministrar al Equipo de Estudio los datos de posición de la línea costera.

(5) Uso de ortofotos y RECON en campo

En el Informe Inicial, el Equipo de Estudio había propuesto el uso de ortofotos impresas en papel durante el trabajo de clasificación de campo. Sin embargo, el IGAC solicitó que se usaran los dispositivos RECON GPS para realizar el trabajo de campo de manera eficiente en un tiempo muy limitado. El Equipo de Estudio estuvo de acuerdo en utilizar los sistemas, con la condición de que se adoptaría el método convencional en caso de presentarse algún inconveniente con la operación de los equipos móviles.

(6) Información a levantar en campo

Dado que el idioma de las anotaciones a aparecer en los mapas es el español, el IGAC verificaría su ortografía y suministraría al Equipo de Estudio los textos correctos en un formato digital.

El contenido de información a adquirir en la clasificación de campo se discutió con anterioridad al inicio de los trabajos (Anexo 4). Sin embargo, al presentarse algunas inconsistencias después del inicio del trabajo de campo, se hizo una nueva revisión el 10 de febrero, y se confirmó que los contenidos originales acordados no se cambiarían.

(7) Escaneo de las ortofotos usadas en la clasificación de campo.

El Equipo de Estudio llevó las fotos utilizadas en campo a Japón, después de su segunda visita, quedándose el IGAC con las imágenes escaneadas de las ortofotos.

(8) Propósito del estudio y alcances de la transferencia de tecnología

El propósito y contenidos del estudio se explicaron en el Informe Inicial y durante las reuniones iniciales entre el Equipo de Estudio y el IGAC en Agosto de 2005.

Sin embargo, el Equipo de Estudio explicó de nuevo los propósitos y alcances de los trabajos, incluyendo los del análisis de autosostenibilidad, con el fin de lograr una total claridad. En particular, se confirmó que el IGAC sería el responsable de la producción de la cartografía y datos SIG de los 100 municipios.

Con respecto al alcance de la transferencia de tecnología, se confirmó que se haría énfasis en el control de calidad y en el manejo de la producción, requeridos para la producción masiva de cartografía y datos SIG.

(9) Lista de los 100 municipios

Después de revisar la lista preliminar de los 100 municipios presentada al Equipo de Estudio Preparatorio en marzo de 2005, el IGAC suministró al Equipo de Estudio la lista revisada.

### 3.4 Reunión sobre el Informe Intermedio

Con el fin de hacer un informe de las actividades realizadas entre agosto de 2005 y junio de 2006, y para discutir el plan de trabajo entre julio de 2006 hasta la culminación del proyecto, el Equipo de Estudio preparó el Informe Intermedio y lo presentó al IGAC. Se realizó una reunión sobre este tema el día 14 de julio de 2006 (Figura 3-2). Se discutieron y confirmaron los siguientes puntos(Apéndice 4):

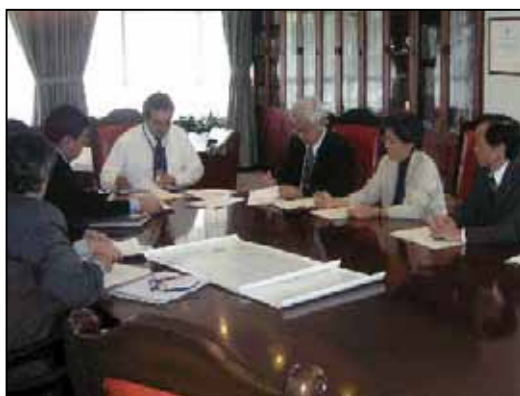


Figura 3-2 Reunión sobre el Informe Intermedio

#### 3.4.1 Informe Intermedio

(1). Informe Intermedio

1) El Equipo de Estudio explicó al IGAC el contenido del Informe Intermedio. El IGAC sugirió algunos cambios menores de redacción y nombres de lugares. También se solicitó incluir la descripción de los instrumentos y equipos obtenidos por JICA para el estudio, así como las razones para la selección de las marcas escogidas. Después de esta corrección, el IGAC y el Equipo de Estudio estuvieron de acuerdo en los contenidos del Informe.

2) El IGAC también solicitó al Equipo de Estudio una versión resumida del documento para ser distribuida a las Direcciones Territoriales y a las organizaciones relevantes. El Equipo de Estudio aceptó entregar este resumen, en formato digital, para permitir al IGAC imprimir la cantidad de copias necesarias de este documento.

### **3.4.2 Aspectos relacionados con la segunda fase del proyecto**

#### **(1) Determinación de las líneas costeras**

Según lo acordado en la primera fase del estudio, el Equipo de Estudio hizo solicitud al IGAC de proveer datos de la línea costera a ser dibujada en la cartografía a escala 1:2000 en producción. El IGAC informó lo siguiente:

Las líneas costeras capturadas en las aerofotos debían dibujarse en los mapas producidos. La discontinuidad de la línea entre líneas de vuelo adyacentes puede suavizarse manualmente durante la restitución.

Se incluirá una nota explicativa al margen de las planchas cartográficas, explicando el método de trazado de las líneas costeras, únicamente cuando aparezcan en el mapa. Esta nota será redactada por el IGAC, en español, y suministrada al Equipo de Estudio.

El Equipo de Estudio estuvo de acuerdo con la propuesta del IGAC sobre el trazado de la línea costera.

#### **(2) Revisión de anotaciones**

En la primera fase, el IGAC y el Equipo de Estudio acordaron que el IGAC se haría responsable de la correcta ortografía de las anotaciones en los mapas. El Equipo de Estudio solicitó al IGAC corregir anotaciones incorrectas o dudosas, encontradas durante la restitución en Japón. El IGAC estuvo de acuerdo en inspeccionar las anotaciones y hacer las correcciones necesarias.

#### **(3) Devolución de las películas negativas**

El Equipo de Estudio trasladó a Japón siete rollos de películas negativas del área del estudio, para realizar el trabajo de cartografía. Al haberse concluido el trabajo que requería el uso de estos rollos, el Equipo de Estudio informó que se haría su devolución a finales de octubre de 2006. El IGAC estuvo de acuerdo con este plan.

#### **(4) Entrenamiento técnico en Japón**

El IGAC pidió al Equipo de Estudio dar a sus contrapartes del Instituto la oportunidad de recibir en Japón entrenamiento relacionado con el estudio, tal como se había solicitado inicialmente, y como aparece en la Minuta de Discusiones sobre la discusión del alcance del trabajo.

El IGAC también señaló la importancia de enviar a su personal contraparte para inspeccionar y autorizar la cartografía que se producía en Japón por parte del Equipo de Estudio. El Equipo de

Estudio aceptó transmitir la solicitud a JICA.

### 3.5 Reunión sobre el Borrador del Informe Final

En septiembre del año 2007 se llevó a cabo una reunión entre el IGAC y el Equipo de Estudio de JICA para explicar y discutir sobre el Borrador del Informe Final. El Equipo de Estudio explicó el resumen del proyecto y el resultado de productos.

Después de la explicación y discusión entre el IGAC y el Equipo de Estudio, el IGAC confirmó un valor numérico citado en el Informe, y aceptó el contenido del Borrador del Informe Final.

El Equipo de Estudio explicó al IGAC que el resultado final será entregado a la Sede de JICA y luego al IGAC por vía de la Oficina de JICA en Colombia.

El resultado final del estudio es como sigue:

#### Items a entregar

- Informe Final
  - Informe principal Veinte (20) copias en inglés y diez (10) en español  
(Diez(10) de cada versión serán entregadas al IGAC)
  - Resumen del Informe Veinte(20) copias en inglés y diez (10) en español  
(Diez (10) de cada versión serán entregadas al IGAC)
  - Resumen en japonés Diez(10) copias en japonés
  
- Artículos resultantes
  - Mapa base de poliéster Dos (2) juegos ( 3 ciudades(419 hojas) × 2 juegos)
  - Archivo de mapa de datos digitales Cinco (5) juegos (CD)

Los ítems que ya fueron entregados al IGAC son los siguientes:

- Otros ítems
  - Resultado de la clasificación de campo Un (1) juego
  - Resultado de la aerotriangulación Un (1) juego
  - Sistema modelo de SIG Un (1) juego
  
- Artículos prestados por el IGAC y devueltos al mismo



- Fotografías aéreas (1:10000)	
- Películas negativas	Un (1) juego
- Archivo de datos digitales	Un (1) juego
- Copias de contacto	Un (1) juego
- Mapa índice de fotografía aérea	Un (1) juego

Un juego de películas negativas y de copias de contacto fueron devueltos al IGAC después de haber terminado el trabajo. El archivo de mapas de datos digitales fue creado utilizando un archivo de datos digitales, que fue escaneado desde las películas negativas por el IGAC. El mapa índice de fotografías aéreas fue entregado al IGAC, solapando sobre imágenes satelitales.

Después de la reunión sobre el Borrador del Informe Final se preparó y firmó la Minuta de Discusiones sobre el Borrador del Informe Final por parte del IGAC y del Equipo de Estudio el 22 de octubre del 2007. La copia de la Minuta de Discusiones se muestra en el Apéndice 5.

### **3.6 Otra discusión**

Además de las reuniones y discusiones oficiales, el Equipo de Estudio de JICA y el IGAC sostuvieron reuniones frecuentemente, para discutir aspectos técnicos e intercambiar opiniones. El Equipo de Estudio se esforzó en manejar los requerimientos del IGAC de manera flexible. Por ejemplo, el IGAC solicitó al Equipo de Estudio hacer cambios a los símbolos cartográficos, aún después de haber sido determinados oficialmente en febrero de 2006. El Equipo de Estudio discutió este asunto con el IGAC, e hizo lo que estuvo a su alcance para incorporar dichos cambios.

## **CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DEL IGAC**

Para hacer el plan de transferencia tecnológica, analizar la autosostenibilidad del programa de producción cartográfica, y planear la difusión del uso de SIG, se hacía necesario comprender las características y la capacidad del IGAC. Este capítulo resume la información recolectada por el Equipo de Estudio de JICA sobre el IGAC.

### **4.1. Organización del IGAC**

#### **4.1.1 Historia del IGAC**

El IGAC es la institución nacional responsable del levantamiento de información geográfica y producción de cartografía de Colombia, siendo un instituto geográfico líder en Centro y Sur América. El Instituto se estableció en 1935 bajo el nombre de Instituto Geográfico Militar, una organización afiliada a las fuerzas militares colombianas. En 1940, el instituto fue rebautizado como Instituto Geográfico Militar y Catastral, y quedó adscrito al Ministerio del Tesoro y Crédito Público.

A partir de 1999, por Resolución 1174 de 1999/6/29 , el Instituto pertenece al DANE.

El marco legal actual de las actividades del IGAC es el decreto 208 de 2004.

Si bien el IGAC es un instituto independiente, su administración es supervisada por un comité consistente en representantes de otros ministerios e instituciones públicas. Los miembros de este comité son:

- DANE (Director)
- Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- Ministerio de Defensa
- DNP (Director)
- Presidencia de la República (dos representantes)

#### **4.1.2 Estructura organizacional del IGAC**

El IGAC consiste de tres subdirecciones y una oficina de investigación y desarrollo.

El esquema de la organización se muestra en la Figura 4-1.

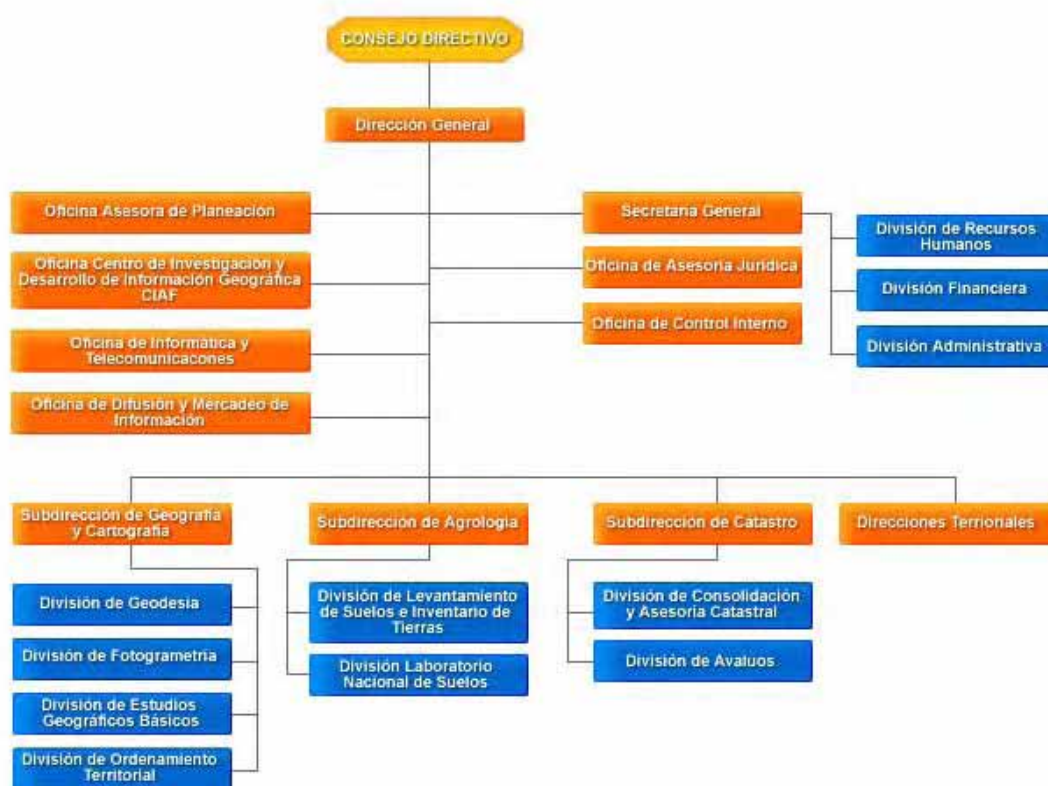


Figura 4-1 Organización del IGAC

La sigla CIAF corresponde al Centro Interamericano de Fotointerpretación. Como su nombre lo indicaba, el CIAF fue un instituto al interior del IGAC, especializado en fotointerpretación. Su nombre oficial actual es “Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica”, pero se sigue utilizando la sigla CIAF.

El CIAF es responsable de la investigación y el desarrollo técnico en el IGAC.

También el Instituto tiene la misión de liderar la construcción de la infraestructura colombiana de datos espaciales (ICDE). El CIAF ofrece también varios cursos de geodesia, fotogrametría, sensores remotos, y cartografía. Sus profesores vienen de distintas procedencias, incluyendo universidades y antiguos ingenieros del IGAC.

#### 4.1.3 Rol del IGAC

Como se ve en el esquema de la organización, el IGAC tiene cinco roles principales:

- Producción de mapas e información geográfica
- Mantenimiento y manejo de datos catastrales
- Producción de datos de suelos
- Investigación en el uso de SIG
- Investigación y desarrollo de tecnologías relacionadas geodesia, fotogrametría y sensores remotos, y para el uso y manejo de información geográfica

En cuanto a la producción cartográfica, el IGAC es responsable de la producción de los mapas topográficos de Colombia, a escalas 1/1.500.000, 1/500.000, 1/100.000, 1/50.000, 1/25.000, 1/10.000, y 1/2.000.

Los institutos cartográficos del mundo pertenecen en general a uno de dos grupos: el primero, el de los que tienen la capacidad de producir cartografía por sus propios medios, y otro grupo, el de los que contratan al sector privado la producción de mapas. El IGAC combina características de ambos.

Una característica única del IGAC es que es la entidad responsable del mantenimiento y el manejo de la información catastral, además de la producción de los mapas topográficos. Este hecho parece estar relacionado con los contenidos de la clasificación de campo que se hace en el IGAC: se registra una mayor variedad de datos que los que se colectan para la producción ordinaria de mapas topográficos.

#### **4.2 Plan de operaciones**

Según el plan de manejo publicado por el IGAC en febrero de 2006, existían las siguientes precondiciones para el plan correspondiente al período entre 2005 y 2010:

- La reducción en los recursos del presupuesto nacional retrasó la introducción de tecnologías modernas para cartografía. Sin embargo el Instituto debe seguir cumpliendo con su misión
- Desde 1994, se elabora ¿qué? de acuerdo con los recursos obtenidos del gobierno y propios. Actualmente todavía hay sectores del país sin cartografía actualizada
- Desde 1997, el IGAC ha sido el líder de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). El propósito de ésta es el de promover la producción, el acceso y el uso de la información geográfica
- El plan de desarrollo del Instituto debe hacerse de acuerdo al plan “Hacia un estado comunitario”

- Cumplir con el decreto 208 de 2004, innovando en la organización
- Produjeron los mapas con el DANE, para la realización del Censo del año 2005
- Modernizar el manejo del catastro con la asistencia del BID
- Activar un sistema de cartografía con la ayuda de la Unión Europea
- Crear los mecanismos del control de calidad para obtener el certificado ISO 9001:2000

Considerando las condiciones arriba listadas, a las cuales está sujeto el IGAC, fueron definidos los objetivos prácticos y estrategias para la producción de cartografía y datos geográficos, como se muestra en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1-1 Objetivos del IGAC para el año 2006

Objetivos y Estrategia	
1. Producción y actualización de datos básicos geográficos digitales al nivel nacional	
1.1	Implementación de proyectos concernientes a la producción de datos geográficos, mapas, agrología, y datos catastrales para desarrollo nacional
1.2	Fortalecimiento de instalaciones para producción (por socio estratégico)
1.3	Aumentar ingreso para cubrir costo de producción de información geográfica básica
2. Construir método de manejo de información geográfica del IGAC y promover el uso y cambio de tecnología de infraestructura de datos espaciales	
2.1	Implementar levantamiento y proyectos de desarrollo sobre temas prioritarios del IGAC
2.2	Transferir tecnología de información geográfica por programas de manejo de conocimiento
2.3	Guiar el establecimiento de normas para la producción de información geográfica.
2.4	Promover el desarrollo de infraestructura de datos espaciales al nivel organizacional, nacional e internacional .

Tabla 4-1-2 Objetivos del IGAC para el año 2007

Objetivo y Estrategia	
1. Producir y actualizar información geográfica básica digital que cubre la nación	
1.1	Implementar proyecto para la producción de información geográfica, cartográfica, agrológica y catastral para el desarrollo integral del país
1.2	Fortalecer infraestructura de producción
1.3	Generar ingresos para financiar la producción de información geográfica básica del país
2. Implementar el modelo de manejo de información geográfica del IGAC y promoverlos	
2.1	Realizar proyectos de alta prioridad del IGAC' para investigación y desarrollo
2.2	Adaptar, transferir y promover conocimiento en manejo de información geográfica
2.3	Guiar el establecimiento y aplicación de normas de información geográfica
2.4	Implementar el desarrollo de infraestructura de datos espaciales en el ámbito de institutos nacionales e internacionales

Los objetivos del IGAC para los años 2006 y 2007 son básicamente los mismos. Del hecho de que la estrategia “Fortalecer infraestructura de producción”, aparece de nuevo para el 2007, se observa que el Instituto se encuentra de manera continua mejorando su capacidad de producción.

### 4.3 Presupuesto

El total de presupuesto del IGAC para los años 2005, 2006 and 2007 son:

2005: CO\$84.260.264.321

2006: CO\$53.166.500.053

2007: CO\$72.823.500.000

Los presupuestos para cartografía para los años 2005, 2006 y 2007 se muestran en la Tabla4-2. Para el año 2005, se incluyen los recursos especiales para la cartografía DANE.

Tabla 4-2 Presupuesto para Cartografía del IGAC Años 2005, 2006 y 2007 (CO\$)

Item de Costo	2005	2006	2007
Presupuesto total para la cartografía	26.187.569.000	480.000.000	8.443.000.000
1. Producción y actuarización general de mapas	300.000.000	300.000.000	4.108.000.000
2. DANE	10.987.569.206	0	0
3. Contrato con otros ministerios	0	0	4.280.000.000
4. Modernización del sistema	14.900.000.000	180.000.000	55.000.000

Los recursos del IGAC provienen de las siguientes tres (3) fuentes:

- Presupuesto del gobierno central (Ministerio de Hacienda)
- Recursos provenientes de contratos con otros ministerios y entidades del Estado, como en el caso DANE
- Recursos propios del IGAC, provenientes de la venta de sus productos

El presupuesto cambia de acuerdo con las políticas del Gobierno. Por ejemplo, en el año 2007 la capacidad de producción deberá concentrarse en la cartografía topográfica a escala 1:25000. El Gobierno central también destina recursos para la operación básica del Instituto y para proyectos estratégicos.

El presupuesto del IGAC se prepara según el siguiente procedimiento:

- (1) Las discusiones preliminares entre el DNP e el IGAC acerca del presupuesto para el año siguiente comienzan antes del mes de septiembre.
- (2) Basado en estas discusiones, se hace un presupuesto preliminar en los meses de septiembre y octubre.
- (3) El DNP presenta al IGAC su plan de presupuesto hacia el final de octubre.
- (4) El IGAC revisa su plan original a la luz del plan del DNP, durante los meses de noviembre y diciembre.
- (5) El IGAC presenta su presupuesto final al DNP, a finales de diciembre.
- (6) El envío de recursos del DNP al IGAC comienza a finales de marzo.

#### **4.4 Ingresos**

El IGAC realiza esfuerzos para promover la venta de sus productos. Se están produciendo a un ritmo acelerado nuevos tipos de productos. Las ganancias por la venta de productos fue de CO\$ 7.127.400.000 en 2005 y CO\$ 8.034.000 en 2006.

Los ingresos por concepto de venta de productos son relativamente bajos en comparación con los gastos del IGAC, pero es significativo ya que es el Instituto quien controla el uso de estos recursos.

#### **4.5 Situación de la producción de cartografía e información geográfica**

La producción de los mapas a escala 1:100000 se completó en 2006. Se está implementando la producción de mapas a escalas 1:25000 y 1:2000, para lo cual se necesitan recursos. La Tabla 4-3 resume la cobertura cartográfica de Colombia.

Tabla 4-3 Cobertura cartográfica

Escala	Cobertura, a Julio de 2007
1/1.500.000	100%
1/500.000	100%
1/100.000	100%
1/50.000	Approx. 20%(Analoga)
1/25.000	Approx. 70%(Analoga) ,5% (Digital)
1/10.000	Approx. 30% (Analoga), 5% (Digital)
1/2000	251 Municipios, 48,000 ha en 2007

#### 4.6 Capacidad de producción de la División de Fotogrametría

Existen dos divisiones adscritas a la Subdirección de Geografía y Cartografía, a cargo de la producción de mapas fotogramétricos y datos geográficos básicos para SIG. Estas son:

- División de Fotogrametría, y
- División de Geodesia

En lo siguiente se describe su capacidad:

##### 4.6.1 Cantidad del Personal

En primera medida, el personal del IGAC se clasifica en las siguientes categorías:

###### (1) Personal administrativo

- Director
- Subdirector (Actualmente hay tres Subdirectores)
- Asesores :Consultores
- Jefes de Oficina y/o jefes de División (15 personas)

###### (2) Personal técnico

- Coordinadores
- Profesionales
- Técnicos

Los coordinadores son personal técnico con perfil similar al de Ingeniero Jefe, de otros países. Si bien el IGAC cuenta con un sistema sofisticado de planeación y de aprobación, recientemente se están haciendo esfuerzos para acelerar la toma de decisiones por medio de la simplificación de los procesos de informe y de aprobación.



Se encuentran 290 personas laborando en las oficinas centrales del IGAC en Bogotá, y 646 en las Direcciones Territoriales. El número del personal de la Subdirección de Cartografía y Geografía es como se lista abajo. Todos ellos trabajan en las oficinas centrales (Table 4-4).

Tabla 4-4 Número del personal de Subdirección de Geografía y Cartografía (2007)

	Coordinadores		Profesionales		Técnicos	
	Empleado	Contratista	Empleado	Contratista	Empleado	Contratista
Geodésia	2	0	18	10	1	17
Fotogrametría	3	0	8	8	14	25
Estudio Geográficos	1	0	9	3	4	4
Ordenamiento Territorial	1	0	8	0	14	0

Claramente, muchos de los contratistas se desempeñan como profesionales y como técnicos. Dado que se contratan para proyectos específicos y por tiempos limitados, su estatus es relativamente inestable en comparación con el de los empleados, y también existe la preocupación de que parte de las tecnologías y conocimientos adquiridos por sus contratistas no se convierten en ventajas para el Instituto. Si bien el reducir la cantidad de empleados contribuye a reducir el tamaño de la administración, también afecta negativamente al IGAC en cuanto a su mejoramiento y desarrollo técnico.

Por otra parte, según el IGAC, el número de profesionales en fotogrametría es de alrededor de 30 personas. Esta cifra es relativamente baja si se debe producir un gran volumen de trabajo de cartografía en un lapso relativamente corto de tiempo. Esto implica que utilizar la capacidad de la empresa privada parece hacerse imperativo.

#### 4.6.2 Entrenamiento del personal técnico

Varios cursos de entrenamiento están disponibles en el CIAF. Cada año, el CIAF elabora un programa de entrenamiento anual y lo remite a cada una de las tres Subdirecciones. Los Subdirectores seleccionan su personal que será entrenado ese año. Los asistentes no deben pagar los costos del entrenamiento. También, y en caso de que el IGAC así lo decida, se les dan oportunidades para obtener grados académicos más elevados en universidades e institutos. Sin embargo, debe mencionarse que estas oportunidades están abiertas para personal de planta del IGAC únicamente, y no están disponibles para contratistas o empleados temporales.

Además de los cursos regulares dictados en el CIAF, algunas compañías de software trasladan personal a las oficinas centrales del IGAC, para proveer asistencia técnica e instrucciones.

Este tipo de oportunidades no están disponibles por completo para el personal de las Direcciones Territoriales. Aunque la oficina central envía personal técnico a las oficinas locales como instructores, las Direcciones Territoriales parecen requerir programas de entrenamientos más frecuentes o de mayor duración.

#### 4.6.3 Instrumentos y equipos

El IGAC empezó la cartografía digital en 1990, cuando fue conectado el codificador a la máquina analógica de restitución Wild B8. El plotter analítico Leica SD2000 y KERN DSR15 se introdujeron en 1994. El primer equipo estereográfico digital para restitución se instaló en el año 1999. Y desde el año 2005, el IGAC se encuentra cambiando sus instrumentos fotogramétricos a estaciones digitales. JICA también proveyó un sistema de aerotriangulación, un sistema para restitución digital, un sistema para edición digital, y un software de SIG, en este estudio. Los instrumentos para levantamientos y cartografía del IGAC, a julio de 2006, se listan en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5 Instrumentos para levantamientos y cartografía del IGAC

Tipo de instrumento	Marca	Nombre/ Modelo	Tipo	Año de adquisición	Condi- ción	Cant idad
1. Instrumentos para trabajo en campo						
1 ) GPS	Leica	Sistema 500	520	1998	G	11
	Trimble			2001	R	1
	Leica			2002	N	1
	Leica			1999	G	1
2 ) Nivel	Leica	NA3	Geodési- co	2005	G	3
3 ) Distanciametro	Leica	702	Geodési- co	2005	G	3
2 . Aerofotografía						
1 ) Cámara	WILD	RC-30		1994	G	1
	Vexel	Ultracam D		2007	G	1
2) Sistema de navegación	IGI	CCNS 4		2003	G	1
3 ) Procesamiento de fotos	COLEX	RTBW	12360	2005	G	1
4 ) Escaner	VEXCEL	UltraScan Manual y Automático	5000	2005	G	2
3 . Fotogrametría						
1 ) Aerotriangulación	Sistemas BAE	SOCETSET MATCH AT		2000-2005	/	3

2) Restitución	INPHO	Summit Evolution		2006	/	3
	Leica	LPS		2005	/	5
	DVP	DVP		2006	/	8
	Sistemas BAE	SOCETSET		2006	/	5
3) Edición	ESRI Bentley	ARCGIS MicroStation		2000-2005	/	25
4) Generación de DTM	Sistemas BAE INPHO	SOCETSET MATCH-T		2004-2006	/	2
5) Producción de ortofoto	Sistemas BAE INPHO	SOCETSET Ortovista		2004-2006	/	2

G: Bueno    R: Reparación    N: Problema

#### 4.6.4 Asistencia de otros donantes

La Unión Europea, Suecia, Francia y los EEUU, brindaban apoyo técnico al IGAC en varios campos de la topografía, fotogrametría, sensores remotos y SIG. La Tabla 4-6 resume sus actividades.

Tabla 4-6 Resumen de actividades de donantes diferentes a JICA

Nombre del donante	Componente principal del proyecto
Unión Europea	<p><u>Nombre del Proyecto:</u> Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano.</p> <p><u>Período del proyecto:</u> 2003 – junio 2007</p> <p><u>Objetivos:</u> Incrementar la capacidad técnica de Colombia para producir y usar información geográfica adquirida mediante técnicas de percepción remota.</p> <p><u>Contenidos</u> Se contruye un Banco Nacional de Imágenes Adquisición de software y equipos para cartografía básica y temática Servicios de Consultoría para el mejoramiento del proceso de cartografía Estudio del mercadeo de productos cartográficos Entrenamiento de empleados del gobierno en percepción remota y cartografía digital, en colaboración con universidades de Colombia.</p>
U.S.A (NGA)	<p><u>Nombre del Proyecto</u> Producción de cartografía</p> <p><u>Objetivos:</u> Intercambio de productos y servicios de cartografía, fotografía y percepción remota entre el IGAC y la NGA. Temas como toponimia, geodesia y fotogrametría también están incluidos.</p> <p><u>Contenidos:</u> Actualización de los mapas 1/100.000 de los Departamentos de</p>

	Arauca y Casanare, así como actualización de 4 planchas vectoriales de los mapas 1/100.000 del Departamento de Norte de Santander
Suecia	<u>Nombre del proyecto</u> SIG para clasificación de suelos <u>Objetivos:</u> Hacer el diseño conceptual y metodológico de un SIG para la clasificación nacional de suelos.
Francia French Fund for World Environment (FFEM)	<u>Nombre del Proyecto:</u> Corine Land Cover Mapping <u>Objetivos:</u> Producción del mapa CORINE de cobertura del suelo a escala 1:100.000 para CorMagdalena. El proyecto se completó en mayo de 2007.

#### 4.7 Situación de las Direcciones Territoriales del IGAC

Actualmente, la producción de los mapas digitales a escala 1:2000 está a cargo de la oficina central del IGAC. El trabajo de campo, como el levantamiento de puntos de fotocontrol y el de clasificación de campo, requieren de grandes recursos. Es posible hacer ahorros en costos si algunos de los trabajos de campo que realiza la oficina central, se realizan por parte de las Direcciones Territoriales.

También, la participación del personal de las Direcciones Territoriales es importante porque conocen su territorio, y sería beneficioso para los trabajos de cartografía. Bajo esta hipótesis, se analizó la situación de las Direcciones Territoriales, y se visitaron las oficinas en Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Cali, Manizales y Pereira.

##### 4.7.1 Rol de las Direcciones Territoriales del IGAC

El IGAC tiene 22 Direcciones Territoriales en total, bajo la Subdirección de Catastro. Su rol principal es el manejo de la información catastral, incluyendo la actualización. Las Direcciones Territoriales venden al público mapas catastrales y datos geográficos.

Actualmente su participación en la producción de cartografía topográfica es limitada, pero el IGAC se encuentra intentado entrenar personal de las Direcciones Territoriales para realizar trabajo de campo para producir el mapa topográfico.

##### 4.7.2 Capacidad técnica

Las Direcciones Territoriales están equipadas con SIG catastrales con la asistencia del BID. Cada Dirección cuenta con entre 2 y 3 topógrafos y entre 2 y 3 personas que conocen de

cartografía y SIG.

#### **4.7.3 Problemáticas**

La mayoría de las Direcciones visitadas tienen la percepción de que requieren más entrenamiento comprensivo en SIG para su personal. En particular, se requiere de más educación formal y entrenamiento para manejar los problemas asociados a la digitalización de mapas con parámetros desconocidos, o el cambio entre sistemas de proyección.

Por otra parte, la mayoría de las Direcciones Territoriales no tienen experiencia en cartografía fotogramétrica. Por esto, si se piensa involucrar a las Direcciones Territoriales en el proceso de producción cartográfica, se requerirá de entrenamiento y educación en este campo también.

## **CAPÍTULO 5 CARTOGRAFÍA A ESCALA 1:2000 Y DATOS BÁSICOS SIG PRODUCIDOS EN ESTE ESTUDIO**

En este capítulo se describe el proceso de generación de los mapas a escala 1:2000 y los datos geográficos básicos<sup>1</sup> para ser usados en SIG.

### **5.1 Etapa preparatoria en Japón**

En una etapa preparatoria, se analizó toda la información recopilada preliminarmente por el Equipo de JICA y el IGAC, con el fin de formular la estrategia del Estudio. Se hizo énfasis en dos aspectos particulares:

- (1) Los métodos de producción de mapas a escala 1:2000 y datos SIG en el IGAC, así como el uso que se le da a la cartografía y a los datos en SIG.
- (2). El contenido de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), el contenido y los datos requeridos para SIG, y el catálogo de datos requerido para los POT.

También se preparó el plan para la toma de aerofotografías y el levantamiento de puntos de fotocontrol. El Equipo de Estudio hizo un plan adicional al plan ya existente del Instituto, con el fin de estimar el volumen total de trabajo, a pesar de que tanto la planeación como su ejecución de la aerofotografía como del trabajo de campo se llevaron a cabo por el IGAC. Se utilizó la información existente levantada en la etapa preliminar.

Los resultados de la etapa preliminar fueron consignados por el Equipo de Estudio en el Informe Inicial.

### **5.2 Aerofotografía y escaneo**

#### **5.2.1 Aerofotografía**

La planeación y toma de aerofotos y su escaneo se llevó a cabo por el IGAC con anterioridad a

---

<sup>1</sup> En este documento se utilizará la definición de datos geográficos básicos como aquellos datos asociados a la superficie terrestre, que puedan ser reconocidos como pertenecientes a alguna de las clases básicas extraídas de la cartografía, que se encuentran en el modelo de datos geográficos diseñado por JICA e el IGAC en este estudio.

agosto de 2005, fecha de la llegada del Equipo de JICA.

(1) Especificaciones de la fotografía

Escala:	1/10,000
Traslapo longitudinal:	80%
Traslapo lateral :	30%
Tipo:	Blanco y negro
Método:	Fotografía GPS cinemático

El método cinemático con GPS se utilizó por el IGAC para el área de Cartagena, no pudiendo obtenerse resultados satisfactorios debido a la falla de un receptor terrestre.

Por otra parte, se decidió adoptar un traslazo longitudinal del 80% , tras revisión por parte del IGAC de especificaciones internacionales.

(2) Instrumentos usados en la aerofotografía

Cámara :	Zeiss RC30
Lente:	15/4 UAG-S con longitud focal de 152.49 mm
Sistema de navegación :	CCNS

(3) Control de precisión

Los resultados del control de calidad realizado por el Instituto con base en sus estándares fueron consignados en las hojas de control de calidad (Figura 5-1). Se examinaron la altura de vuelo, rutas, traslazos lateral y frontal, nubosidad y calidad de la imagen, y defectos de iluminación.

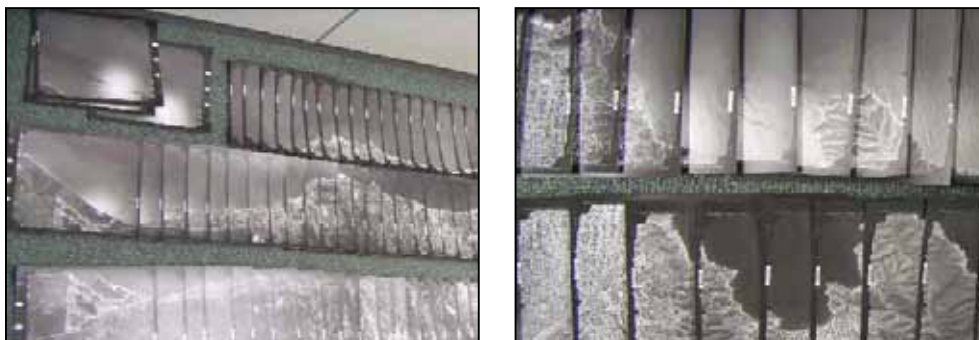


Figura 5-1 Aeorofotografias

(4) Resultados de la aerofotografía

Santa Marta: Aproximadamente 330 fotografías.  
Cartagena: Aproximadamente 380 fotografías.  
Área Metropolitana de Barranquilla: Aproximadamente 620 fotografías.

El índice de aerofotografías se muestra en la Figura 5-2

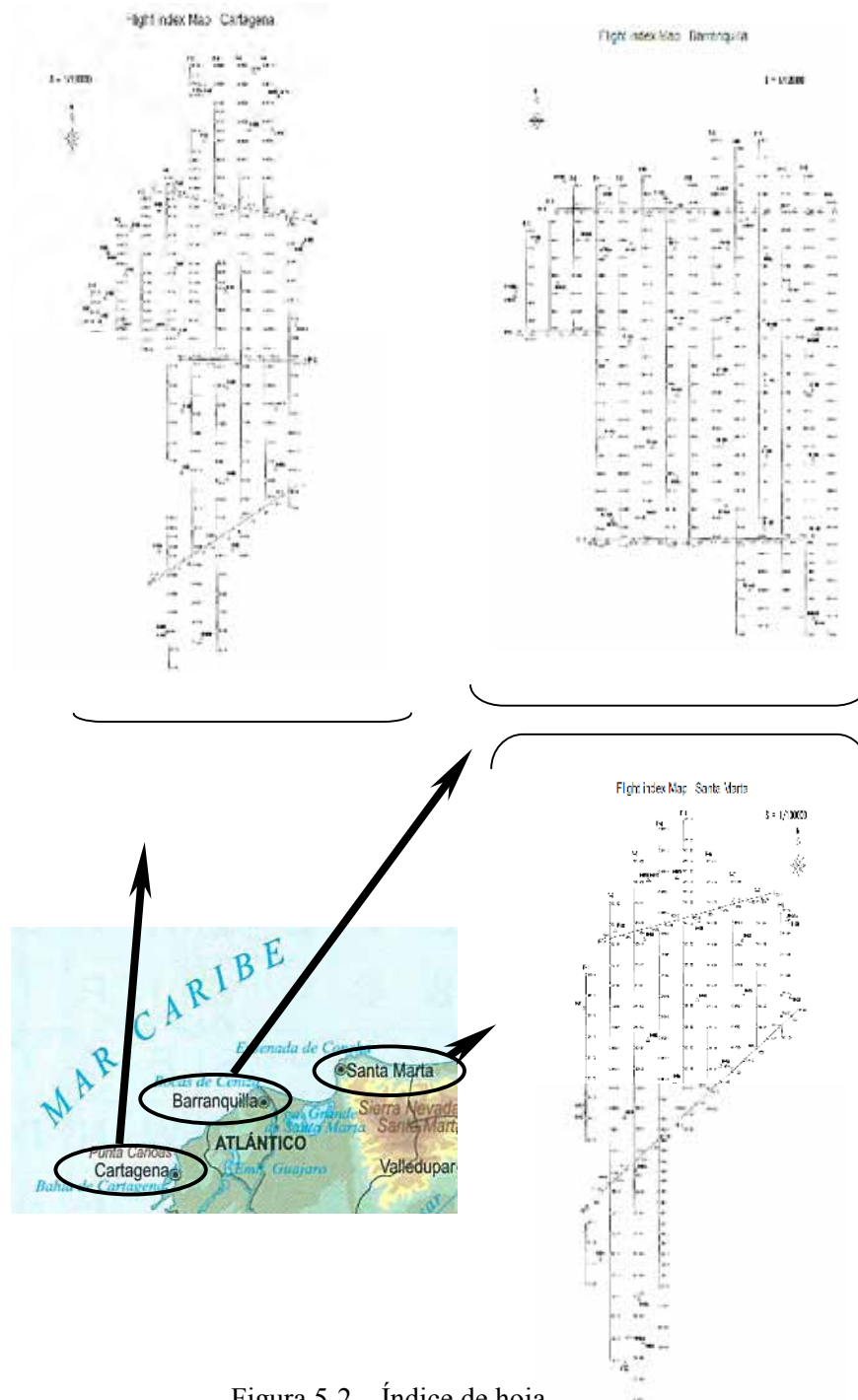


Figura 5-2 Índice de hoja



## 5.2.2 Digitalización de las aerofotografías

Se escanearon las aerofotografías utilizando los escáneres VEXCEL Ultrascan500 del Instituto, con la siguiente configuración:

Escala de grises: 256 niveles  
Resolución de escaneo : 15 micrones (Aprox. 1600dpi)

El tamaño de archivo de una imagen escaneada es de aproximadamente 221MB. Los archivos digitales y las películas originales en negativos fueron suministrados por el IGAC, y llevados a Japón por el Equipo de Estudio de JICA.

Los rollos en negativo fueron prestados por las siguientes razones:

- Normalmente, el escaneo de aerofotografías es realizado bajo un estricto control de calidad como calibración de escaner y estabilidad del escaner
- Si existe un tipo de problema, es detectado durante el proceso de aerotriangulación por error residual grande en la distancia entre marcas fiduciales o por el problema que se hace imposible la medición de elevación
- Si se ocurre este tipo de problema, nuevamente se debe escanear la película

## 5.3 Levantamientos de puntos de fotocontrol

### 5.3.1 Recolección de datos de puntos GPS existentes y puntos fijos

El Equipo de Estudio de JICA recolectó datos requeridas para el trabajo de levantamiento y elaboración de cartografía al IGAC. Estos son parámetros básicos para los levantamientos y especificaciones para la cartografía a escala 1:2000, y también las coordenadas de los puntos de control geodésico existentes.

#### (1) Especificaciones básicas del levantamiento

Al igual que en Japón, existen en Colombia un nuevo sistema geodésico basado en ITRF llamado Magna SIRGAS y un sistema antiguo llamado BOGOTÁ. El sistema antiguo utiliza Hayford como elipsoide de referencia. Los mapas topográficos existentes elaborados antes de establecer Magna SIRGAS son basados en el sistema BOGOTÁ. Los mapas elaborados en el estudio son basados en Magna SIRGAS.

La Tabla5-1 muestra las diferencias en las coordenadas de cada zona entre los sistemas

MAGNA-SIRGAS y BOGOTÁ.

Las coordenadas MAGNA SIRGAS de los orígenes Gauss-Kruger en Colombia corresponden con:

Tabla 5-1 Coordenadas MAGNA SIRGAS de los orígenes zona de proyección Gauss-Kruger en Colombia

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Gauss-Kruger	
	Latitud(N)	Longitud(W)	Norte(m)	Este(m)
Bogotá-MAGNA	4°35'46,3215"	74°04'39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central-MAGNA	4°35'46,3215"	71°04'39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este-MAGNA	4°35'46,3215"	68°04'39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste-MAGNA	4°35'46,3215"	77°04'39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste-MAGNA	4°35'46,3215"	80°04'39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0

Las coordenadas en Datum BOGOTÁ de los orígenes Gauss'-Kruger en Colombia corresponden con:

Tabla 5-2 Coordenadas en Datum BOGOTÁ de los orígenes de las zonas de proyección Gauss-Kruger en Colombia

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Gauss-Kruger	
	Latitud(N)	Longitud(W)	Norte(m)	Este(m)
Bogotá-BOGOTÁ	4°35'56,57"	74°04'51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central-BOGOTÁ	4°35'56,57"	71°04'51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este-BOGOTÁ	4°35'56,57"	68°04'51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste-BOGOTÁ	4°35'56,57"	77°04'51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste-BOGOTÁ	4°35'56,57"	80°04'51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0

Como muestra la tabla, se cambiaron las coordenadas geográficas de los orígenes por cambiar el sistema BOGOTÁ al sistema Magna SIRGAS. Por ello, cuando los mapas previamente elaborados son superpuestos a los mapas elaborados en este estudio, se requiere la transformación de coordenadas. Los parámetros definidos por el IGAC para mapas topográficos

a escala 1:2000 son los siguientes:

- Sistema geodésico: MAGNA-SIRGAS
- Elipsoide de referencia: GRS80
- Origen de posición horizontal: Origen BOGOTÁ
- Datum vertical: 2.579,118 m

## (2) Sistema de coordenadas

En Colombia se utilizan dos sistemas de coordenadas, uno para mapas a escala grande y otro para mapas a escala pequeña.

### 1) Mapas de escala pequeña

El sistema de coordenadas para mapas a escala pequeña cubre Colombia dividiéndola en cinco (5) zonas con 3 grados de ancho, cuyas zonas son llamadas como Oeste-Oeste, Oeste, Bogotá, Este y Este-Este. Las zonas de este estudio se encuentran en zona Bogotá.

Las coordenadas de origen de cada zona son definidas respectivamente como 1 000 000 metros. El factor de escala es de 1,0 . El sistema de coordenadas es soportado por software GIS como ArcGIS.

### 2) Mapas a escala grande

Para los mapas a escala grande tal como mapas a escala 1:2000, el IGAC establece sistema local de coordenadas casi para cada municipalidad o áreas locales. Esto quiere decir que casi cada ciudad tiene origen de coordenadas en sus centros geográficos. Entonces el número de sistemas locales de coordenadas es muy grande. Los valores de coordenadas planas de cada origen no son (0, 0) sino son arbitrarios, garantizando que no existan valores negativos.

El método de proyección del sistema de coordenadas locales es cartesiano. Sin embargo el IGAC emplea un método especial de proyección donde el plano de proyección no toca el superficie de elipsoide. La distancia entre el plano de proyección y el elipsoide es ajustada de acuerdo con la elevación promedio de terreno en cada sistema de coordenadas.

La distorsión se hacen grande cuando la distancia al origen exceda a los diez 10 kilómetros. Sin embargo, según el IGAC, el tamaño de la mayoría de las ciudades locales en Colombia está dentro de 10km x 10km. En el pasado, los orígenes de coordenadas fueron movidos de acuerdo con la expansión de áreas urbanas.

### **5.3.2 Especificaciones del IGAC para el levantamiento con GPS**

El plan de distribución de puntos de fotocontrol fue elaborado por el Equipo de Estudio de JICA para las áreas de cartografía planeadas por el IGAC.

El número de puntos de fotocontrol(puntos de GPS) fueron 24 puntos para Cartagena, 31 puntos para Barranquilla y 19 puntos para Santa Marta. El número total de los puntos son 74. El equipo también planeó que la longitud de nivelación directa fuera de 86km para Cartagena, 158km para Barranquilla y 95km para Santa Marta. La longitud total del levantamiento de nivelación planeada fue de 339 km. Basado en estas cifras, el equipo estimó que 35 días en total y 4 equipos de trabajo serian requeridos para terminar el levantamiento de puntos de fotocontrol.

Sin embargo, después de llegar a Colombia y tener reuniones con el IGAC sobre especificaciones técnicas para el levantamiento y cartografía, el Equipo de Estudio encontró que el IGAC usualmente no utiliza método de nivelación directa para medir la elevación de puntos de fotocontrol que no están dentro de 10 km de distancia desde los puntos conocidos. También el Equipo de Estudio confirmó que el volumen total de trabajo para el levantamiento de puntos de fotocontrol no se cambiaría demasiado. Por esta razón, el Equipo de Estudio acordó que se llevaría a cabo únicamente la captura con GPS para el levantamiento de puntos de fotocontrol.

### **5.3.3 Selección de puntos de fotocontrol**

El Equipo de Estudio de JICA explicó al IGAC el plan de distribución de puntos de fotocontrol preparado en Japón. El plan de distribución de puntos de fotocontrol fue para ajuste de bloque. Las localizaciones de GPS fueron marcadas sobre fotos de contacto. Como las aerofotografías fueron tomadas con el 80% de recubrimiento, fueron utilizadas las fotos con el número par o impar para esta marcación.

Cuando empezó el levantamiento de puntos de fotocontrol, las áreas de cartografía estaban en la época de lluvias y algunos sitios que fueron planeados en Bogotá como candidatos para el levantamiento estaban inundados. Por eso, se tuvo que buscar nuevos sitios para realizar los levantamientos.

### **5.3.4 Observación con GPS**

La captura en campo se realizó con receptores GPS Leica System 500, siguiendo las especificaciones del IGAC para levantamientos de cartografía a escala 1:2000.

El método seguido fue el siguiente: primero, se localizaron puntos de referencia, y se añadieron

puntos nuevos formando triángulos con pares de puntos de referencia, con una distancia para los lados del triángulo de aproximadamente 10 km. Para determinar las coordenadas de cada nuevo punto, se hicieron mediciones con GPS en los tres puntos del triángulo. El proceso se repitió para añadir todos los puntos nuevos.

La precisión en las mediciones de distancias puede ser menor con este método que las que se obtienen mediante cálculo de coordenadas con análisis de red. Con este método se obtienen precisiones mayores a las requeridas de  $H=V=0,25m$ . Adicionalmente este método presenta la ventaja de reducir los días requeridos para la observación.

Con el fin de verificar la precisión adecuada de los datos de elevación obtenidos con GPS, se hizo nivelación directa entre los mojones, bancos de nivel y puntos pinchados existentes.

La localización de los puntos de control se muestra en la Figura 5-3. En la Figura 5-4 se muestra una fotografía del trabajo de campo.



Figura 5-3-1 Ubicación de puntos de fotocontrol (puntos pinchados) área de Cartagena



Figura 5-3-2 Ubicación de puntos de fotocontrol (Puntos pinchados) Área Metropolitana de Barranquilla



Figura 5-3-3 Ubicación de puntos de fotocontrol (Puntos pinchados) Área de Santa Marta



Trabajo de campo acompañado por la Policía



Confirmación de localización de puntos



Levantamiento de GCP #1



Levantamiento de GCP #2  
(Confirmación de los puntos observados en las aerofotos y pinchados.)



Verificación de datos de elevación por nivelación directa

Figura 5-4 Levantamiento de GPS



### **5.3.5 Pinchado de puntos de control y descripción de puntos**

Para identificar las posiciones de los puntos de control en las aerofotografías se empleó el método de pinchado comúnmente usado por el IGAC. Las aeraseñales no son establecidas antes de tomar aerofotografías. También es utilizado el método de pinchado.

El pinchado es un proceso muy importante y determina la precisión de la cartografía. El Equipo de Estudio confirmó que no se presentaron puntos pinchados cuyas localizaciones causan problemas en los procesos subsiguientes.

Sin embargo, las coordenadas de algunos puntos de control parecían dudosas, con los cual se examinaron su elevación , la altura de antena GPS y los diagramas de las notas de campo y las descripciones de los puntos.

Aunque el IGAC realiza el pinchado sobre copias de contacto, se sugirió usar fotos ampliadas para mejorar la precisión del pinchado. Se utilizaron fotos ampliadas 1 a 2 de las imágenes escaneadas.

La descripción de los puntos de control se hizo de dos maneras, la descripción del IGAC, y la descripción utilizando el diseño propuesto por el Equipo de Estudio. Se propuso incluir una imagen de satélite obtenida via web, para comprender mejor las posiciones relativas de los puntos de control. Adicionalmente, se sugirió adicionar las fotografías tomadas en campo de los puntos de control y sus alrededores, a las hojas de descripción.

Estas fotografías facilitan la comprensión de la elevación de los puntos durante el proceso de aerotriangulación.

Descripción de puntos diseñada utilizando un método ampliamente usado en Japón (Figura 5-5).

DESCRIPCIÓN DE PUNTO ESTEREOSCÓPICO

Esterescópico No.	Municipio	Departamento	Preparado por	Fecha
AT-1016	PTO. COLOMBIA	ATLANTICO	Yutaka NAKADA	15/10/2005
Planas Cartecianas (MAGNA)		Mapa esbozo de la estación y vecindario		
Punt	Norte (X)	Este (Y)	h	
Objeto	1,707,533.505	904,353.229	10.99	
Al piso			8.6	
La Ubicación (Representar de satélite)				
F-1 No. C-2763-0047		Norte	Oeste	F-1 No. C-2763-0045
Foto 1		Foto 2		

Descripción de puntos del Japón

Descripción de puntos del IGAC

Figura 5-5 Descripción de puntos diseñada por el Equipo de JICA (Izquierda)

### **5.3.6 Cálculo de coordenadas de GCP**

Según el flujo de trabajo del IGAC, el cálculo de coordenadas después de la observación con GPS no es llevado a cabo mientras el equipo de levantamiento aún está en el área de levantamiento. El equipo de levantamiento devuelve y se hace el cálculo de coordenadas por los ingenieros encargados de cálculo. Un problema potencial de este método es que si los datos de GPS tienen algunos problemas, el equipo de levantamiento tiene que volver de nuevo al campo.

Si bien el IGAC normalmente utiliza efemérides precisas para el cálculo de coordenadas de GPS, y este trabajo toma alrededor de 15 días. El Equipo de Estudio sugirió utilizar efemérides publicadas porque el propósito es medir puntos de control para cartografía fotogramétrica. Se aceptó esta sugerencia y se utilizaron estas efemérides publicadas de acuerdo con el IGAC.

### **5.3.7 Control de calidad**

Los resultados del cálculo para las tres áreas de estudio se encontraron dentro de los rangos de las especificaciones, a saber:

- El valor de Sigma medido sobre los resultados finales estuvo entre 0 y 2mm para la dimensión horizontal, y entre 1y 5 mm para la dimensión vertical
- Todos los puntos pinchados pudieron ser identificados

La aerotriangulación fue llevada a cabo, utilizando los resultados de la observación con GPS. No se observó ningún problema en la identificación de puntos de fotocontrol.

### **5.3.8 Resultados**

Los resultados producidos en este proceso son:

- Descripción de los GCP: De 2 tipos (IGAC y JICA)
- Resultados del cálculo de GPS: Listado de coordenadas y tabla de precisión
- Mapa de localización de GCP

## **5.4 Aerotriangulación**

La aerotriangulación se llevó a cabo en Japón por el Equipo de Estudio.

### **5.4.1 Datos usados**

- Archivos de imágenes de las aerofotografías
- Mapas de índices de los vuelos
- Resultados de campo de los puntos de control (listados de coordenadas y descripciones)

- Parámetros de la cámara.

#### 5.4.2 Instrumentos

- Observación de marcas fiduciales, GCPs y puntos de paso: SocetSet
- Ajuste de bloques: In-Block

#### 5.4.3 Procedimiento

El procedimiento de la aerotriangulación se muestra en la Figura 5-6

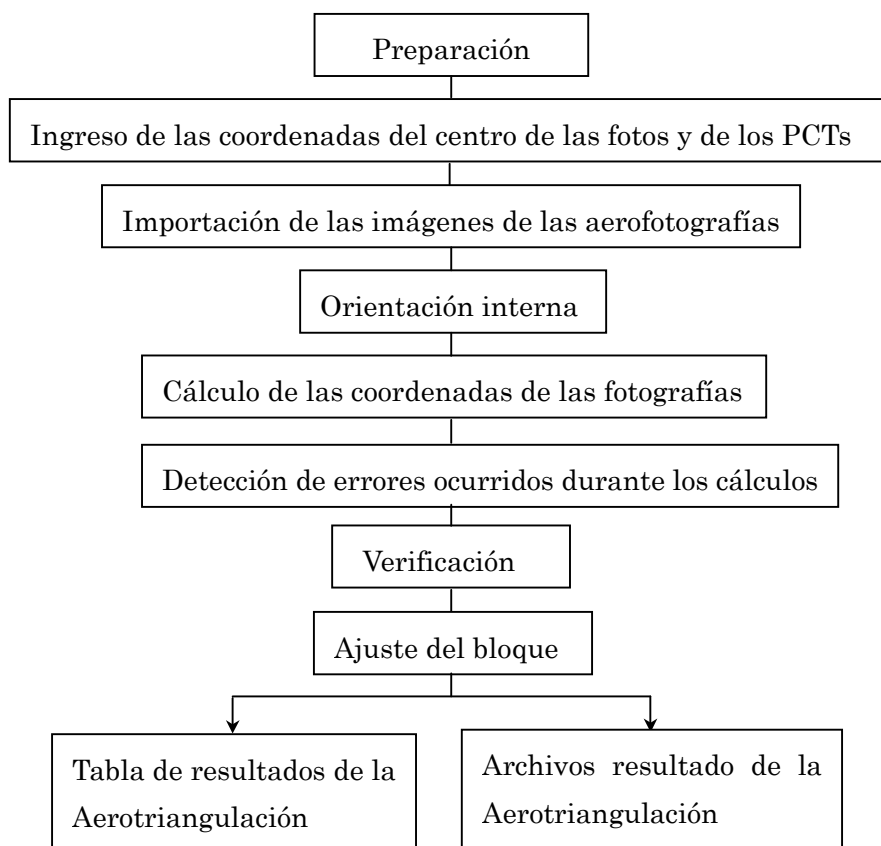


Figura 5-6 El procedimiento de la aerotriangulación

#### 5.4.4 Control de calidad

Se estableció la precisión requerida de acuerdo con las especificaciones del IGAC para la aerotriangulación, con un error de  $\pm 0.5$ m tanto en la horizontal como en la vertical para el 90% de los puntos de control.

Los resultados para las tres áreas cumplieron satisfactoriamente este requisito de precisión y se listan a continuación:

**【Área de Cartagena】** Modelos : 198 Orientaciones : 12

Método de ajuste: Ajuste de bloque Bundle

Número de puntos de control		Número de puntos excluidos		Residuales de puntos de control				Método Bundle	
Horizontal	Elevación	Horizontal	Elevación	Horizontal (m)		Elevación(m)		Horizontal(mm)	
				SD	Max	SD	Max	SD	SD
38	38	0	0	X=0,018	0,048	0,018	0,046	X=0,005	0,024
				Y=0,015	0,039			Y=0,005	0,022

**【Área Metropolitana de Barranquilla】** Modelos : 331 Orientaciones : 17

Método de ajuste: Ajuste de bloque Bundle

Número de puntos de control		Número de puntos excluidos		Residuales de puntos de control				Método Bundle	
Horizontal	Elevación	Horizontal	Elevación	Horizontal(m)		Elevación(m)		Horizontal(mm)	
				SD	Max	SD	Max	SD	Max
41	42	0	0	X=0,233	0,554	0,191	0,469	X=0,005	0,027
				Y=0,183	0,401			Y=0,005	0,030

**【Área de Santa Marta】** Modelos : 175 Orientaciones : 11

Método de ajuste: Ajuste de bloque Bundle

Número de puntos de control		Número de puntos excluidos		Residuales de puntos de control				Método Bundle	
Horizontal	Elevación	Horizontal	Elevación	Horizontal(m)		Elevación(m)		Horizontal(mm)	
				SD	Max	SD	Max	SD	Max
26	26	0	0	X=0,253	0,646	0,291	0,628	X=0,004	0,024
				Y=0,175	0,367			Y=0,005	0,020

## **5.5 Producción de ortofoto digital**

Con las fotos utilizadas durante la verificación del área y para registrar el trabajo de identificación de campo, el Equipo de Estudio JICA produjo en Japón una ortofoto mosaico.

### **5.5.1 Generación del Modelo Digital del Terreno (DTM)**

Se generó el modelo estéreo en cuadrícula de 30 m requerido para la producción de la ortofoto.

### **5.5.2 Proyección y mosaico de ortofotos**

La ortofoto fue producida con la utilización de imágenes digitales de aerofotografías, los resultados de la aerotriangulación y el DTM, y elaborada por cada modelo. Esta ortofoto fue utilizada para determinar las áreas cartográficas producidas en el estudio, para compilar los resultados de la identificación de campo y también para verificar si los objetos geográficos necesarios son identificados.

## **5.6 Restitución**

La cartografía digital se realizó en Japón, utilizando los resultados de la clasificación de campo conducida en Colombia.

### **5.6.1 Sistemas y datos utilizados**

#### (1) Sistemas

- Zuka meijin (Desarrollado por Asia Air Survey)
- SOCCETSET (Sistemas BAE )
- Summit Evolution (INPHO)
- MicroStation V.8 (Bently)

#### (2) Datos

- Imágenes de las fotos aéreas
- Resultados de la aerotriangulación
- Descripción de los puntos de control de campo

#### (3) Materiales de referencia

- Archivo de anotaciones CAD
- Estilos y símbolos del IGAC (Versión 2.0)

### **5.6.2 Resultados**

Los resultados se entregaron en el formato DGN de MicroStation.

### **5.6.3 Identificación de ítems no claros**

Fueron listados los siguientes ítems con el fin de elaborar materiales a usar en la identificación de campo:

- Ítems difíciles de identificar sobre imágenes de aerofotografías durante el proceso de cartografía digital.
- Objetos geográficos que no son definidos por los estilos y símbolos del IGAC

## **5.7 Clasificación de campo**

La clasificación de campo se llevó a cabo en tres etapas:

- Confirmación de las especificaciones del IGAC y sus métodos
- Investigación de inventario
- Clasificación de campo

### **5.7.1 Confirmación de las especificaciones del IGAC y sus métodos**

(1) Especificaciones

Existen tres especificaciones del IGAC para la clasificación de campo:

Anexo 2: Clasificación de campo (Apéndice 6)

Anexo 6: Modelo Único de datos (Apéndice 6)

Anexo 7: Símbolos (Apéndice 6)

El Equipo de Estudio estuvo de acuerdo en seguir las especificaciones del anexo 2, al encontrarse algunas inconsistencias entre los varios documentos del IGAC. Se le adicionaron dos modificaciones, a saber: el uso de la ortofoto y el uso de los receptores GPS.

1) Clasificación de campo con el uso de ortofotos

Normalmente se utilizan fotos aéreas ampliadas en la clasificación de campo. Esto conlleva a que se puedan omitir objetos situados hacia los bordes de la foto. Una solución será reducir la cantidad de fotos, para lo cual el Equipo de Estudio utilizó ortofotos conjuntamente ensambladas para cubrir la misma área de cada plancha.

2) Uso de dispositivos Recon de captura de datos con GPS

Una gran parte del trabajo de clasificación de campo es la producción de anotaciones, por lo cual el Equipo de Estudio aceptó la propuesta del IGAC de utilizar dispositivos móviles de

captura. Fue diseñado por parte del IGAC y el Equipo de JICA un método para usar los dispositivos. Se verificaron la configuración del sistema de coordenadas, el uso de la función GPS y los datos recolectados. También se ejecutó el entrenamiento.

## (2) Procedimiento

El método estándar del IGAC para la clasificación de campo se resume a continuación:

### 1) Trabajo preparatorio

Primero se trazan los límites del área de levantamiento sobre aerofotos. Luego se marcan los objetos geográficos a verificar en el campo. Este proceso se llama ILUMINACIÓN. Los objetos geográficos marcados serán drenajes, carreteras, vías férreas, equipamientos (escuelas, hospitales, iglesias y sitios de interés). También se dibujan las anotaciones recolectadas desde la información existente. Las aerofotografías del número impar son usadas para el trabajo de ILUMINACIÓN. Las fotos del número par son utilizadas en campo.

### 2) Trabajo de campo

#### Levantamiento de objetos geográficos

Se verifican en campo los objetos iluminados y los resultados de la verificación se describen sobre las fotos.

#### Levantamiento de anotaciones

Los nombres de vías y carreteras se verifican con las señales de carretera en campo. En el caso de las escuelas, se omiten edificios que tienen otros usos adicionales. Se crean anotaciones para todos los elementos naturales como cuerpos de agua, montañas, cerros, sitios de interés y todos los objetos topográficos importantes. Las iglesias no se clasifican de acuerdo con el tipo de religión.

Se utilizan los siguientes colores en la clasificación

- Azul: Cuerpos de agua
- Verde: Vegetación
- Rojo: Notas descriptivas
- Morado: Edificios abandonados o edificios sin paredes
- Negro: Nombres

En la Figura 5-7 se muestra el flujo de trabajo de la clasificación de campo.



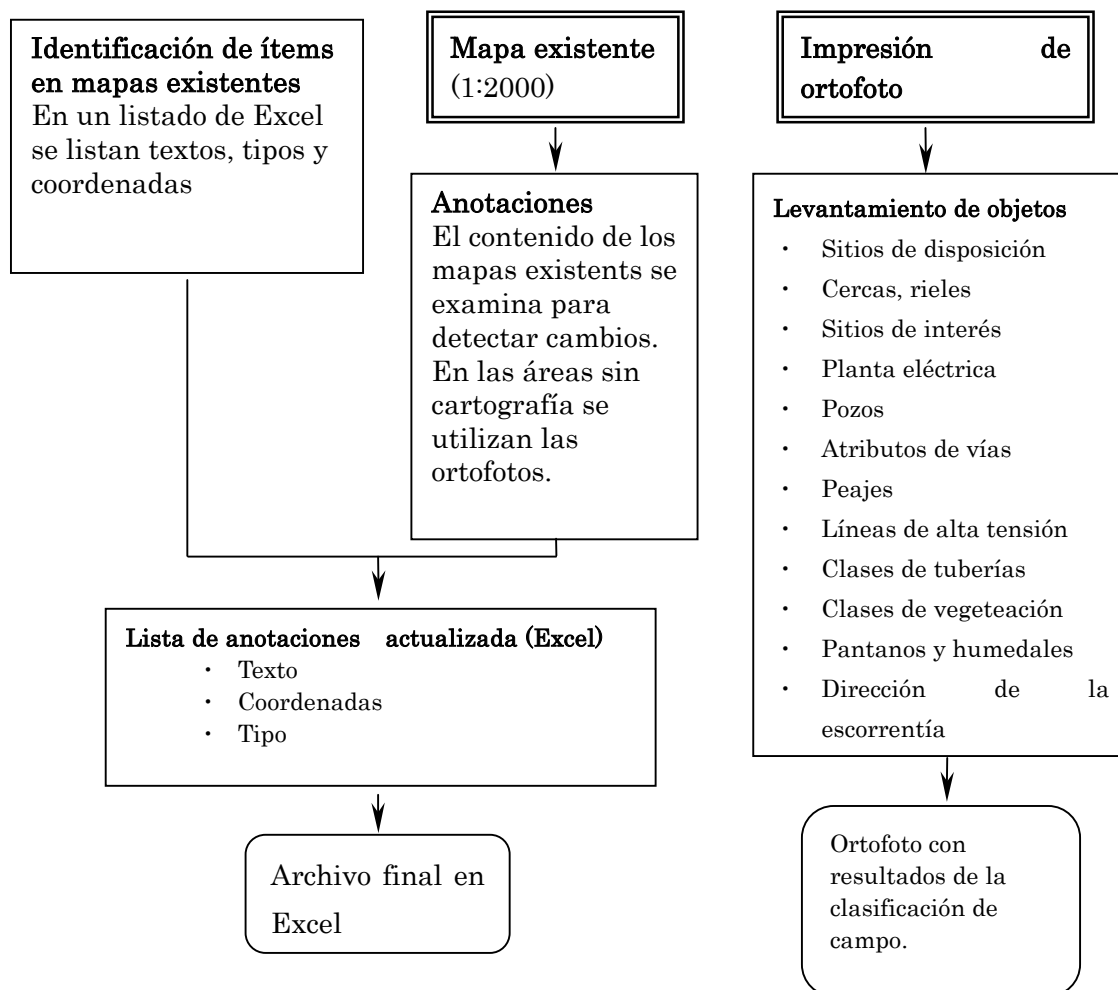


Figura 5-7 Procedimiento de la clasificación de campo

### 3) Materiales suministrados

Muestra del listado de topónimos.

#### 5.7.2 Inventario de levantamientos

Se recopiló la siguiente información, con la cual se pudo estimar el volumen de trabajo de campo:

- Mapas y datos estadísticos existentes
- Nombres y límites de áreas administrativas
- Nombre y tipos de vías y ríos
- Nombre y tipo de edificios públicos y edificios importantes
- Otras informaciones relevantes

### 5.7.3 Trabajo de campo

El trabajo de clasificación en campo fue hecho por el personal del IGAC. Se usaron códigos numéricos para indicarle al personal japonés de edición el tipo de los objetos geográficos identificados en el campo. Se acordó que el IGAC produciría completamente las anotaciones, para ser usadas directamente por el Equipo de JICA.

El procedimiento del trabajo de campo se muestra en la Figura 5-7.

#### (1) Inspección

El Equipo de Estudio JICA examinó las ortofotos con los resultados del trabajo de campo para detectar posibles necesidades de modificar o mejorar el método de levantamiento de información. Los datos capturados con los dispositivos móviles Recon se descargaron a computadores personales, y su exactitud posicional fue verificada por el Equipo JICA. La calidad mejoró rápidamente durante el proceso.

#### (2) Recopilación de datos

Las anotaciones recopiladas se convirtieron a formato shapefile, y observadas se pasaron a unapantalla para hacer correcciones. Para el área en donde Recon no fue utilizado, las localizaciones de puntos de anotación marcados sobre ortofotos fueron digitalizadas y compiladas en formato Shape File .

#### (3) Productos

Los resultados de la clasificación de campo de cada municipio se resumen como sigue (Tabla 5-3):

Table 5-3 Productos(Barranquilla, Cartagena, Santa Marta)

Producto	Barranquilla	Cartagena	Santa Marta
Ortofoto con trabajo de campo	196 planchas	120 planchas	103 planchas
Anotaciones (Shape file)	196 archivos	120 archivos	103 archivos

### 5.8 Edición

Se editaron los datos cartográficos originales de acuerdo a las reglas de símbolos cartográficos.

#### 5.8.1 Sistemas y datos

(1) Sistema utilizado: Microstation J

(2) Datos:

- Listado de elementos geográficos
- Ortofoto con resultados de clasificación de campo
- Cartografía digital

### 5.8.2 Procedimiento de edición digital

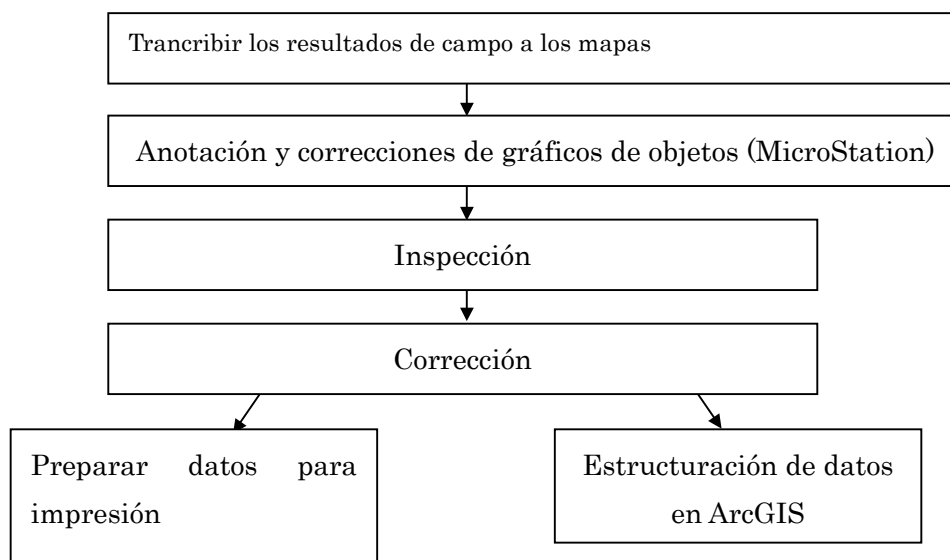


Figura 5-8 Procedimiento de edición cartográfica

### 5.8.3 Control de Calidad

Los datos editados fueron impresos en papel y se verificaron los siguientes factores.

(1) Datos completos: Todos los objetos geográficos aparecen dibujados, de acuerdo con el catálogo de objetos de cartografía.

(2) Reglas para la adquisición: Se verifica que los datos hayan sido capturados de acuerdo con las especificaciones.

(3) Exactitud posicional : se verifica que los objetos que aparecen en el mapa sean dibujados con gran exactitud.

(4) Exactitud de la clasificación: Se verifica la clasificación correcta de vías y objetos geográficos.

#### **5.8.4 Productos**

Cartografía en archivos digitales en formato MicroStation DGN.

#### **5.9 Clasificación de campo complementaria**

El IGAC no realiza la clasificación de campo complementaria. En el estudio, el Equipo de Estudio de JICA propuso al IGAC añadir este proceso como una introducción de un método japonés al IGAC. La clasificación de campo complementaria tiene como objetivo verificar los ítems que no son claros aún después del proceso de edición cartográfica. Los ítems a tratar en la clasificación complementaria se verificaron y se seleccionaron cuidadosamente por los topógrafos del IGAC, de los cuales sólo aquellos que son realmente necesarios de verificar para la cartografía a escala 1:2000 fueron verificados en el campo. Los resultados de la clasificación complementaria se trazo directamente sobre los mapas de papel y se llevaron a Japón. Con respecto a la información de anotación, el Equipo de Estudio solicitó al IGAC revisar la ortografía.

#### **5.10 Edición después de la clasificación de campo complementaria**

Como primer paso de la observación se seleccionó la localización de los puntos de control de tal manera que la distancia entre dos puntos adyacentes sea menor a 10 kilómetros. Entre los nuevos puntos de control se seleccionaron dos puntos con coordenadas para formar una línea base de la medición de triangulación independiente (en campo) para determinar las coordenadas del punto nuevo. La precisión relativa es menor a la que se obtiene del análisis de red que calcula los datos de cada punto con una precisión uniforme, sin embargo no hubo problema para satisfacer la precisión reglamentada en las normas de trabajo de puntos de control:  $H=V=$  menos de 0,25m. Además, este método permite seleccionar libremente el tiempo de observación sin preocupación, adicionalmente no es necesario que cada equipo de medición lleve a cabo la observación en el mismo tiempo y permite reducir los días requeridos para la observación. Además, con el fin de comprobar la precisión de los valores de las altitudes obtenidos con el levantamiento con GPS, se hizo una medición de revisión a partir de una nivelación directa de la diferencia de altitud hasta los puntos pinchados establecidos en lugares no muy distantes de los puntos de referencia existentes.

La segunda gran fase de edición se llevó a cabo desde octubre de 2006, utilizando los resultados del trabajo de clasificación de campo complementaria. Las tareas principales de esta fase fueron:

- Corrección de objetos geográficos y símbolos
- Corrección de objetos de la restitución que no estuvieran claros
- Corrección de información marginal que hubiera sufrido cambios

### **5.10.1 Sistemas y datos utilizados**

(1) Sistema: MicroStation J

(2) Datos

- Listado de objetos (resultados de clasificación de campo complementaria en campo)
- Resultados de la clasificación de campo complementaria en campo compilados en las ortofotos
- Cartografía digital

### **5.10.2 Control de Calidad**

Se verificó que todas las dudas hubieran sido aclaradas y hechas las correcciones necesarias. En caso de encontrarse ítems sin corregir, fueron corregidos durante la etapa de inspección.

## **5.11 Simbolización**

Después de terminada la etapa de edición digital, se crearon los mapas topográficos y se modificaron las anotaciones y topónimos para preparar los mapas para impresión.

### **5.11.1 Sistemas y datos**

- Sistemas: MicroStation
- Datos: Edited map data (datos del mapa editado)
- Especificaciones: Estilos y Símbolos (IGAC, Versión 2.0)

### **5.11.2 Control de calidad**

Después de las modificaciones para la impresión de mapas, se inspeccionaron los resultados. Los errores encontrados durante la inspección fueron enviados a restitución o edición, y corregidos.

### **5.11.3 Producto**

- Archivos para impresión de mapas en formato
- Microstation DGN y archivos de impresión en formato Adobe Portable Document (Acrobat PDF)

## **5.12 Inquietudes y soluciones**

Las inquietudes surgidas durante el proceso fueron atendidas por el Equipo de JICA, dando soluciones o recomendaciones al IGAC. Antes del final del Estudio, el IGAC hizo cambios y/o mejoras en el método de producción, o procesos para evitar dichos inconvenientes.

### **5.12.1 Modelos incompletos**

Algunas de las fotos de las áreas de Cartagena y Santa Marta situadas en áreas marinas no pudieron ser correlacionadas, dando lugar a modelos incompletos. La elevación de los cuerpos de agua en estas zonas incompletas fue estimada a partir de la elevación de las zonas terrestres vecinas.

### **5.12.2 Numeración de las fotos**

Se encontró que la numeración automática de las fotos generadas por la cámara aerotransportada no era consistente con la numeración de puntos de GPS en el vuelo y los números de archivos de las fotos digitalizadas. Se recomienda revisar las reglas de numeración o hacer alguna tabla relacional para evitar confusiones como las presentadas en la preparación de información para la aerotriangulación.

### **5.12.3 Posición de las bandas transversales**

Se hicieron líneas de vuelo transversales para conectar las líneas de vuelo principales. Sin embargo estas líneas de vuelo transversales no son planeadas para reducir el número de puntos de control.

### **5.12.4 Calidad de la imagen de las aerofotografías**

(1) Problemas encontrados

Después de iniciada la etapa de aerotriangulación en Japón, se encontraron discontinuidades en el tono de las fotografías escaneadas. El detalle de los problemas son como sigue:

- Al aumentar la imagen hasta el nivel del pixel, se encontró que el color en pixeles vecinos no era continuo
- Se encontraron variaciones aleatorias en el tono de pixeles vecinos, en lugares en donde debían ser similares, como en el caso de techos o superficies pavimentadas

Por causa de los desplazamientos o las líneas causadas por vibraciones durante el escaneo, fue difícil medir la elevación de superficies planas como techos y vías. Sin embargo se concluyó que se podría realizar la aerotriangulación y restitución con las fotografías digitalizadas por el

IGAC.

El Equipo de Estudio de JICA nunca había experimentado antes el problema de discontinuidad de tono. Por esta razón, el Equipo elaboró datos escaneados en Japón desde la película negativa usando el mismo tipo de Escaner Vexcel. El resultado fue satisfactorio, como se muestra en la Figura 5-9.



Figura 5-9 Imagen escaneada por el IGAC e imagen escaneada por el Equipo de JICA en Japón

El Equipo de Estudio concluyó que cierta irregularidad debió haber ocurrido durante el proceso de escaneo de películas en el IGAC y decidió verificar el proceso de escaneo en el IGAC.

#### (2) Inspección del proceso de escaneo en el IGAC

Durante enero y febrero de 2006 cuando el Equipo de Estudio estaba en Colombia, el Equipo verificó el proceso de escaneo de películas del IGAC, cuyo resultado se describe a continuación (Figura 5-10):

- El personal del IGAC no recibió el entrenamiento suficiente para utilizar el Vexcel UltraScan 5000 introducido por la UE
- Otras aerofotografías escaneadas para otros proyectos presentaban los mismos problemas

Después de observar el método de escaneo, e descubio que el operador del IGAC pone la

velocidad de escaneo al nivel máximo y también pone como ON al modo de manipulación de resolución de imagen.

Usualmente no es recomendable manipular la resolución de imagen en el método de interpretación pero nadie en JICA lo conocía. También después de hacer cierto experimento, se confirmo que una mejor calidad de imagen no podía obtenerse si la velocidad de escaneo erapuesta al máximo nivel. El Equipo de Estudio de JICA aconsejó al operador del IGAC encontrar el nivel de velocidad más apropiado de escaneo, considerando la calidad de imagen y el tiempo de escaneo.

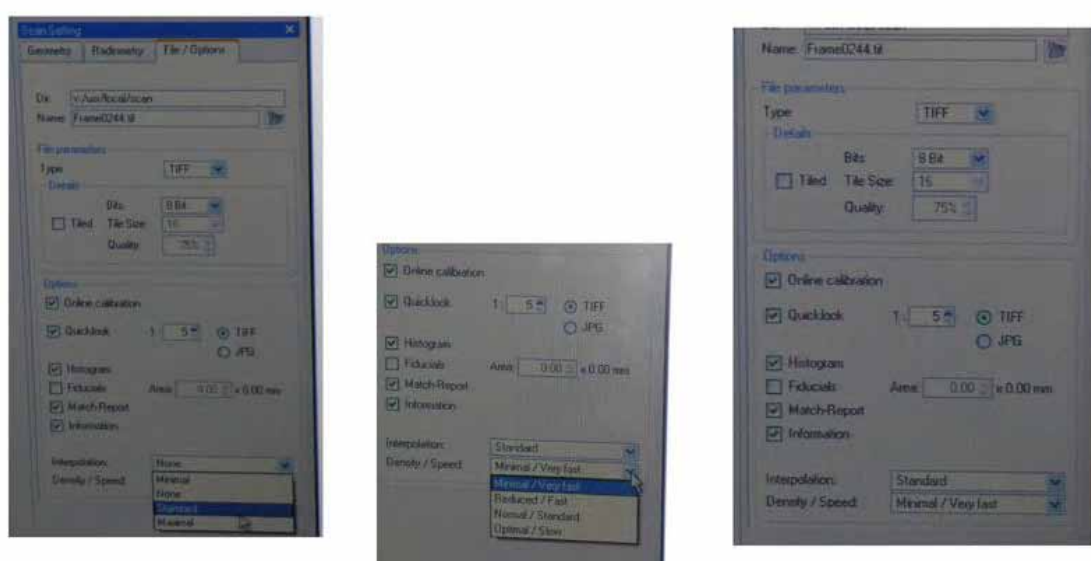


Figura 5-10 Configuración del escaner



## **CAPÍTULO 6 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS CONSEGUIDOS POR JICA**

JICA donó al IGAC los siguientes instrumentos y equipos con su respectivo software necesarios para la transferencia tecnológica:

- Software para aerotriangulación
- Software de restitución cartográfica digital
- Software de edición digital
- Software Sistema para estructurar datos (GIS)
- Equipos de red
- Impresora
- Plotter

### **6.1 Proceso de adquisición**

La oficina de JICA Colombia se encargó de los equipos y software. El Equipo de Estudio preparó un documento borrador de especificaciones técnicas para los instrumentos y equipos. La preparación de este documento se hizo en tres etapas:

- Se investigó el plan de modernización del Instituto y los equipos existentes
- Estudio de precios, tipo de compra y posibilidad de mantenimiento de los sistemas y equipos candidatos
- Preparación de las especificaciones finales

#### **6.1.1 Investigación de equipos del IGAC**

Se hizo el inventario de equipos de fotogrametría y se encontró que:

- El IGAC cuenta con más de un tipo de sistemas de cartografía fotogramétrica
- En el año 2005, el IGAC todavía estaba en proceso de análisis de diferentes tipos del sistema de cartografía fotogramétrica y no había llegado a ninguna conclusión en cuanto a la selección de un sistema particular

Después de la investigación, el Equipo de Estudio decidió emplear los siguientes criterios para determinar las especificaciones y hacer la adquisición :

(1) Para realizar la transferencia de tecnología en un tiempo muy limitado, se tenía que minimizar el tiempo requerido para conocer cual es la destreza básica operacional de un software. Por esta razón, el software seleccionado tenía ser igual a uno de los que ya estuvieran instalados en el IGAC.

(2) Los equipos y software a ser adquiridos deberían ser los adecuados no sólo para la transferencia de tecnología sino también para la producción actual de mapas y datos SIG en el IGAC.

### **6.1.2 Estudio de precios y disponibilidad de servicio técnico**

El Equipo de Estudio de JICA preparó un listado preliminar de software y equipos que podían satisfacer el criterio de selección. Luego, se recolectaron los datos sobre agentes de venta, precios y disponibilidad de servicio técnico de mantenimiento en Colombia.

### **6.1.3 Preparación del borrador de especificaciones para el IGAC**

El Equipo de Estudio consultó al IGAC sobre los sistemas a seleccionar. Sin embargo, el Instituto todavía estaba en proceso de evaluar los diferentes paquetes de software para la producción de cartografía, por lo cual el Equipo de JICA se abstuvo de especificar ningún sistema en particular, a excepción de pequeñas partes del sistema.

Las marcas de software que el Equipo de Estudio especificó, y las razones para su selección, se explican a continuación:

#### (1) Software CAD: Bentley MicroStation

- Bentley MicroStation es uno de los sistemas CAD (software) comunmente más usados en la industria de cartografía fotogramétrica. Todos los sistemas de cartografía digital fotogramétrica que el Equipo de Estudio puso en el listado como candidatos utilizan Microstation como software CAD para trazar o editar datos vectoriales.
- El IGAC también está utilizando Microstation para editar mapas y los cartógrafos del IGAC están familiares con este software.

#### (2) Software de procesador de palabras, hoja de calculo, Base de datos y Presentation de Microsoft Office Office Professional Edition.

- Ampliamente usado en Colombia y por las contrapartes del IGAC

#### (3) Software para edición y visualización de imágenes raster : Adobe Photoshop CS 2 .

- Ampliamente usado en el IGAC

#### (4) Software para editar y visualizar archivos grandes de gráficos pesados (software para dibujo) : Adobe Illustrator CS.

- Ampliamente usado en el IGAC

(5) Software GIS: ESRI ArcInfo versión .9.

- Ampliamente usado en el IGAC, e introducir otros tipos de software podría causar mucha confusión.

El Equipo de Estudio de JICA elaboró un documento borrador de especificaciones y lo suministró a JICA. El Equipo agregó una nota en el documento borrador de especificaciones, diciendo que en cuanto a aerotriangulación y sistema de cartografía digital, los equipos(hardware) y el software deben ser adquiridos desde uno proveedor, si no, el sistema no puede funcionar correctamente.

## 6.2 Sistemas y equipos adquiridos

Como resultado de la adquisición de la oficina de JICA en Colombia, se obtuvieron los siguientes sistemas y instrumentos que fueron instalados en el IGAC.

✧ 1 Sistema para aerotriangulación:

- LPS Stereo
- LPS Core
- LPS ATE
- LPS TE
- ORIMA TE GPS for LPS
- Hardware HP Workstation XW6200

✧ 1 Sistema cartográfico:

- LPS Stereo
- LPS Core
- PRO600 FOR LPS/DPW
- MICROSTATION
- Hardware HP Workstation XW6200

✧ 1 Sistema de edición digital:

- MICROSTATION
- Hardware HP Workstation XW4300

Digital editing system



❖ 1 Para el Sistema de Información geográfica:

- ArcInfo 9.2
- Hardware HP Workstation XW4300

❖ Impresoras:

- Plotter Gran formato (tamaño A0 ) a Color
- HP DESIGNJET 1055CM PLUS

HP DESIGNJET 1055CM PLUS



❖ Impresora Laser monocromática:

- Epson Laser Printer 2420DN

Laser 2420DN



❖ Otro software para procesamiento:

- Microsoft Office Professional Edition
- Adobe Photoshop CS 2
- Adobe Illustrator CS

## **CAPÍTULO 7 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

El objetivo básico de este estudio es el de transferir tecnologías de cartografía digital y construcción de datos básicos SIG, desde el Equipo de Estudio hacia el IGAC. Sin embargo, el IGAC se diferencia de otras entidades que producen cartografía por contar con personal capacitado y con experiencia en la operación de instrumentos y software de fotogrametría digital. Por esta razón, el Equipo de estudio JICA decidió hacer recomendaciones principalmente orientadas a mejorar la eficiencia de la producción.

El Equipo de Estudio JICA dio consejos y sugerencias al personal del IGAC con el que compartieron el trabajo de campo y de cartografía.

Los miembros del Equipo de estudio JICA a cargo de cada etapa del proceso de producción implementado en Japón, visitaron el IGAC para reconocer los métodos del Instituto y dar posibles sugerencias.

### **7.1 Aerotriangulación y cartografía digital**

Durante la primera fase de trabajo de campo en 2005, antes de iniciarse el trabajo de campo, el Equipo de Estudio JICA explicó el plan de localización de puntos de control para el ajuste de bloques por el método de haces de rayas.

Un miembro del Equipo a cargo de la cartografía digital visitó al IGAC en octubre de 2006 por un lapso de un mes. Revisó el método y el proceso de aerotriangulación del IGAC, constatando que sus operarios tienen la capacidad para producir cartografía digital. Se verificó que el IGAC está en facultad de hacer aerotriangulación usando las funciones de correlación automática del software. Se enseñó entonces al personal del IGAC un método para hacer aerotriangulación con correlación manual, para los casos en que la correlación automática fuera difícil.

### **7.2 Edición digital y simbología**

El IGAC realiza edición digital de la cartografía sin problemas, por lo cual el miembro del Equipo JICA a cargo de edición y cartografía dedicó la mayor parte de tiempo a acordar con el IGAC la definición de símbolos para los mapas a escala 1:2000 de las tres ciudades. Los detalles de estas discusiones sobre la especificación de símbolos se resume en el capítulo 8.

### **7.3 Estructuración de datos y archivos de ploteo**

Un integrante del Equipo de Estudio a cargo de la estructuración de datos y la generación de archivos de impresión visitó el IGAC en octubre de 2006. Tras analizar estos procesos en el IGAC, propuso un plan de estructuración de datos. Se discutió el tema entre el IGAC y el Equipo de Estudio JICA en una serie de ocasiones, y se definieron las reglas para crear las estructuras de datos. Las especificaciones de las estructuras de datos se explican en el capítulo 8.

## **CAPÍTULO 8 DISCUSIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS IMPORTANTES**

Después de revisar el proceso de producción de cartografía fotogramétrica en el IGAC, el Equipo de Estudio comprendió que no es necesario el entrenamiento en la operación de software y equipos de cartografía. El IGAC contaba con recursos humanos con destrezas operativas necesarias, y personal técnico o representantes de mantenimiento de software de empresas vendedoras localizados en el Instituto quienes pueden prestar la asistencia requerida. Por estas razones, la mayoría del tiempo el Equipo de Estudio de JICA se dedicó a discutir con el IGAC sobre las normas fundamentales de levantamiento y cartografía así como especificaciones técnicas.

En este capítulo se describen estas discusiones técnicas.

### **8.1 Sistema de coordenadas empleado por el IGAC**

#### **8.1.1 El sistema local de coordenadas**

(1) Casi todos los 1099 municipios tienen su propio origen de coordenadas.

(2) Anteriormente, las coordenadas de estos orígenes locales eran únicas por cada sistema de coordenadas. Pero ahora, estos valores de coordenadas se les ha asignado el mismo valor que tienen en el sistema de coordenadas para cartografía y trabajos de campo a escalas pequeñas.

(3) Básicamente la superficie de la tierra se proyecta a un plano que toca la superficie de la tierra en un punto. Sin embargo, considerando la gran diferencia en elevación o altura en algunas áreas, un plano se eleva de la superficie de la tierra.

(4) El IGAC define un factor de escala de 1,000. Así que este sistema de coordenadas local puede usarse en un área aproximadamente de 10 km por 10 km. Esto implica que en ciudades grandes se requieren más de un sistema de coordenadas local.

#### **8.1.2 Dificultades**

El Equipo de Estudio asume que este sistema de coordenadas local presenta los siguientes inconvenientes.

(1) Si existen muchos sistemas de coordenadas locales por área, los usuarios comunes de

información geográfica se confundirán.

(2) Si existen muchos sistemas de coordenadas locales, los fabricantes de software SIG vacilarán en desarrollar programas de conversión. O ¿El IGAC tiene un plan para distribuir software de conversión al público general?

En el caso de ArcGIS Ver.9.1, la situación es como se describe a continuación:

ArcGIS tiene un número de parámetros de proyección. Uno de ellos es “LOCAL (Cartesian)”. Este parece ser el que tiene los parámetros más parecidos, aplicables a la situación de sistemas de coordenadas local de Colombia. Sin embargo, ArcGIS no puede conmutar el valor vertical del plano de proyección elegido por el IGAC de acuerdo al promedio de elevaciones del terreno.

(3) Después de verificar algunos datos SIG creados por el IGAC, se encontró que los parámetros de elipsoide usados eran diferentes a los parámetros del GRS80. Parece que el cambio de tamaño del elipsoide es usado para sustituir el valor vertical del plano de proyección. Para los usuarios comunes de SIG, este tipo de solución puede ser difícil de entender.

(4) En el futuro, la red de puntos de control geodésicos se establecerá en muchos municipios. Si las coordenadas cambian a lo largo de períodos de tiempo cortos debido a que el origen fue movido, el manejo de los datos de trabajo de campo será muy complicado.

Uno de los objetivos de elaborar y usar datos SIG es de compartir información geográfica usando el mismo sistema de coordenadas. La existencia de múltiples sistemas de coordenadas en áreas pequeñas dificulta el uso de información geográfica.

(5) Los valores de coordenadas de los orígenes de los sistemas locales son iguales a los de las coordenadas de los orígenes de los mapas a pequeña escala. Los valores de coordenadas son idénticas entre los sistemas locales únicamente para sus puntos de origen, este sistema se presta para confusiones para los usuarios, debido a que no es fácil determinar el tipo de sistema de coordenadas únicamente examinando sus valores.

## **8.2 Uso de los receptores RECON con GPS**

El IGAC utilizó estos dispositivos móviles de captura de datos por primera vez durante la clasificación de campo. Se identificaron sus ventajas y desventajas, las cuales deberán ser



tenidas en cuenta para futuros planes de trabajo con estos dispositivos.

Uno de los aspectos positivos es que tanto las coordenadas como la información en forma de texto son capturadas en campo en formato digital, por lo cual se puede transferir a los sistemas cartográficos sin necesidad de una etapa de digitalización.

Su desventaja es que el sistema no soporta proyecciones cartesianas. También ya que GPS incorporado en la grabadora mide el posicionamiento del receptor sólo por un modo de posicionamiento simple, no es muy alta la precisión posicional.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Equipo de Estudio JICA recomendó al IGAC utilizar el dispositivo de captura de la siguiente forma:

- Tipo de trabajo adecuado para el uso de grabadora: Censo Nacional donde recolecta alta cantidad de datos y debe visitar cada edificación y/o vivienda.
- Tipo de trabajo no adecuado para el uso de grabadora: Identificar y dibujar items que no son claramente visibles sobre fotos aéreas .

### **8.3 Catálogo de datos**

El IGAC ha publicado varios catálogos de objetos geográficos. El Equipo de Estudio de JICA recopiló dichos catálogos y especificaciones para tratar de comprender cómo están relacionados entre sí. El catálogo de datos es la base del trabajo de cartografía y también está profundamente relacionado con la producción de datos SIG. Sin embargo, tras trabajar con su contraparte, el Equipo de JICA encontró que las especificaciones y catálogo existentes no habían sido seguidos en los levantamientos y el trabajo de cartografía. A continuación se explica lo entendido por el Equipo de Estudio sobre el catálogo y también los problemas que reconoció el Equipo de Estudio sobre el catálogo.

#### **8.3.1 Tipos de catálogo**

Desde el inicio del proyecto el Equipo de JICA recolectó los siguientes catálogos de datos disponibles en el IGAC:

(1) Modelo de datos Catálogo de Objetos CO-25 ver2(1995)..... A

Es un catálogo de información geográfica y símbolos cartográficos para cartografía a escala 1:25000.

(2) Modelo de datos urbano catálogo de objetos CO-U y Catálogo de símbolos CS-2000 (1996)

..... B

Este catálogo fue publicado por la Subdirección de Cartografía. (En este documento, se hace referencia a estos catálogos como CO-U para el catálogo y CS-2000 para la simbología) .

(3) PROYECTO DE NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2001-04-11  
CATÁLOGO DE OBJETOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS ..... C

(4) Modelo Único ..... D

(5) Catálogo de Geodatabase de abril de 2006 ..... E

### 8.3.2 Propósito y características de estos catálogos

El Equipo de Estudio analizó las características de los catálogos. Como el resultado de nuestro análisis, el Equipo de Estudio piensa que las características de cada catálogo son como siguen:

- A y B son catálogos de inventario que cubren información geográfica creada o perteneciente a las tres subdirecciones del IGAC.
- A y B no incluyen explicaciones sobre el manejo de datos usando algún software específico para la producción de mapas, y basado en AT KIS de Alemania.
- C fue creado dentro de la iniciativa de estandarización de información geográfica basado en ISO.TC211., y durante la producción de este catálogo participaron otras organizaciones además del IGAC.
- D y E parecen ser los catálogos usados para producción de datos en el IGAC.
- El Equipo de Estudio considera que el catálogo D está basado en B. Es decir que D extrajo sólo ítems cartográficos y atributos del B para el propósito de producción de cartografía.

Basado en estos catálogos, se prepararon los materiales como son la tabla de códigos de objetos, tabla de códigos para edición (Simbología 2000 para Microstation), etc, y para cada parte del proceso de producción se agregó información necesaria. Los tipos de información agregada son: Información requerida para ser utilizada por un tipo específico de software; selección de objetos de mapa para cada escala cartográfica; símbolos de mapa, etc.

- Hasta 2006 se utilizaba el catálogo D en el proceso actual de producción cartográfica. Sin embargo, el código de objetos de este catálogo incluye objetos que no son necesarios para la cartografía topográfica. Por esta razón, si la clasificación de campo es llevado a cabo basado en este catálogo D, resulta que el equipo de levantamiento recolecta

información que no es necesaria para la cartografía topográfica.

- Una cosa que se debe tener en cuenta es que como explicamos arriba, el catálogo D debería elaborarse basado en catálogo B. Sin embargo la mayoría del personal del IGAC quien participa en el trabajo de cartografía topográfica con respecto al uso del catálogo D dijo que pocas veces había visto el catálogo B.
- El catálogo E fue elaborado por el IGAC remodificando el contenido del catálogo D, cuando el IGAC cambió la herramienta de edición de cartografía de Microstation a ArcGIS. Las especificaciones de datos especificados en este catálogo E son para la edición de símbolos cartográficos de mapas topográficos a escala 1:2000 más que para la definición de infraestructura de datos espaciales en general.

### **8.3.3 Sugerencias del Equipo de Estudio**

- No se recomiendan mejoras a los catálogos A y B, puesto que ya están obsoletos.
- Sin embargo, y desde el punto de vista del uso de datos geográficos, sí se hace necesario o por lo menos sería de utilidad la elaboración de un catálogo similar al A o B. La razón de sugerir esta actividad es que las discusiones realizadas con participación de varias subdirecciones y divisiones del IGAC darán al personal del IGAC una buena oportunidad para reflexionar acerca del concepto de datos básicos SIG que contribuye a una planificación territorial más eficiente y confiable.
- El catálogo E especifica la estructura de datos para sólo un tipo de software GIS-ArcGIS. Y parece ser elaborado para ser utilizado durante el proceso de edición de símbolos. Es posible que el catálogo sea utilizado por usuarios fuera del IGAC, sin embargo, el Equipo de Estudio cree que el catálogo E puede no ser el modelo de datos geográficos más conveniente para los diferentes tipos de usuarios externos al IGAC.
- Los datos básicos SIG o el marco de referencia de datos espaciales propuesto por el Equipo de Estudio en octubre de 2006, tienen una estructura de datos que es fácil de utilizarse por usuarios con diferentes propósitos.
- Los catálogos D y E no contienen la definición de objetos geográficos, y no se encontró documentación al respecto. Es necesario definir claramente los objetos geográficos para elaborar en forma eficiente datos de alta calidad. Si el trabajo de cartografía procede de

la definición no clara de objetos geográficos, produce muchas confusiones. Actualmente, el Equipo de estudio JICA también tuvo problemas por la definición no clara de objetos geográficos elaborada por el IGAC. Si el IGAC planea subcontratar trabajos de cartografía con empresas privadas, es la responsabilidad del IGAC suministrar especificaciones muy claras a los subcontratistas locales.

Existen dos tipos de especificaciones técnicas para la contratación de trabajos de cartografía a empresas privadas locales, a saber:

- Anexo 6 : Modelo de datos
- Anexo 7: Simbología

Los ítems revisados durante el trabajo de clasificación de campo fueron listados basados en los reglamentos para el modelo de datos especificadas en el Anexo 6. Sin embargo, existen algunos objetos geográficos que no son cubiertos por este modelo de datos. También, el reglamento de simbolización se especifica en el Anexo 7, pero algunos de ellos no coinciden con el modelo de datos descrito en el Anexo 6. Además, se encontró que algunas partes del reglamento de clasificación de objetos del Anexo 6 no son lógicas.

Es comprensible que este tipo de confusiones ocurra, ya que el IGAC estaba en un proceso de construir el modelo de datos. Se recomienda revisar la estructura del modelo de datos, y también elaborar modelo de datos y símbolos compatibles.

Por otra parte, el modelo de datos del Anexo 6 fue diseñado para tratar con cualquier escala de mapas. Sin embargo, se encontró que algunos ítems de datos fueron específicos sólo para cierta escala de mapas. La relación entre datos y escala no está clara y esto confunde a las personas participantes en la clasificación de campo. Los ítems de datos que el Equipo de Estudio de JICA considera que son datos catastrales son también incluidos en el modelo. El Equipo de Estudio de JICA cree que sería mejor no incluirlos en el modelo de datos para “mapas topográficos”. Si la información sobre catastro es recolectada o identificada durante la clasificación de campo, la eficiencia de “cartografía topográfica” no se puede maximizar.

#### **8.4 Estructuración de datos**

El IGAC y el Equipo de Estudio de JICA gastaron bastante tiempo en discutir sobre la estructura de los datos de SIG. El Equipo de Estudio de JICA supuso que los datos básicos de SIG deberían ser el marco básico que pueda utilizarse en casi cualquier tipo de mapas temáticos.

El concepto del IGAC de datos básicos de SIG se incluyen ítems de datos que el Equipo de Estudio de JICA clasifica como los datos para mapas temáticos. El IGAC y el Equipo de Estudio también gastaron mucho tiempo para discutir la definición de datos básicos de SIG.

#### 8.4.1 Estructuración de datos implementada por el IGAC

El método de estructuración de datos del IGAC cambió después de iniciado el proyecto en 2005. La Tabla 8-1 resume los cambios.

Tabla 8-1 Cambios en la estructuración de datos del IGAC

	Software para cartografía digital	Software para edición y estructuración	Formato de salida de datos
Después de agosto 2006	INPHO, LPS, DVP, All with CAD MicroStation	ArcGIS V9.1	Geodatabase, Shape File, Dxf
Antes de agosto 2006	INPHO,LPS,DVP,LPS, Soccet Set con interfaces a MicroStation	ArcGIS, ArcInfo, Workstation y ocasionalmente MicroStation	Geodatabase, ArcInfo coverage, Shape File, Dxf

##### (1) Proceso

El proceso de estructuración de datos del IGAC se describe como sigue:

- Se utiliza el software Bentley Microstation para la cartografía. La salida de cartografía digital se encuentra en el formato DGN. Esto se convierte a formato Dxf antes de ser importado a ArcGIS. La importación de Dxf a Geodatabase de ArcGIS se hace capa por capa.
- Después de finalizada la restitución, se verifican manualmente sobre los archivos CAD la conectividad de datos, continuidad y cerradura de polígonos. Además, cuando los archivos de Dxf se convierten a Geodatabase, los datos también se verifican por los reglamentos topológicos predeterminados.

##### (2) Contenido de la estructuración de datos

El IGAC elaboró un nuevo modelo de datos después de decidir el uso de ArcGIS para editar mapas y estructurar los datos. El Equipo de Estudio de JICA reconoció que este nuevo modelo de datos es no solamente para producir datos de SIG sino también para elaborar datos destinados a la impresión de mapas. Por esta razón, el IGAC solicitó al Equipo de Estudio elaborar datos para mapas topográficos con el uso de ArcGIS.

Sin embargo, el Equipo de Estudio de JICA estaba utilizando el software CAD para elaborar un archivo de datos para mapas en el formato DGN según lo acordado en el año 2005. El IGAC

primero pensaba que Microstation no podía hacer geometría y topografía completas. El Equipo de Estudio de JICA explicó que si era posible hacer geometría y topografía completas utilizando Microstation Geographics, y se acordó con el IGAC que recibiera datos de cartografía en el formato DGN.

El Equipo de Estudio de JICA asumió lo siguiente con respecto a los datos básicos SIG:

- 1) Propósito. El propósito de producir datos básicos en SIG es el de proveer información geográfica exacta y confiable que pueda ser utilizada como estándar para la superposición de varias capas con diferentes tipos de información espacial.
- 2) Contenido. Información de vías, ríos, bordes de agua, y edificaciones que puedan ser utilizadas como referencias espaciales al adicionar información temática.
- 3) Estructura de datos. Los datos SIG básicos tienen un formato universal independiente del software con el que se manejen, por lo cual pueden servir a una gran variedad de usuarios. Además, el IGAC planteaba incluir todos los elementos de dibujo cartográfico como datos geográficos.

Para la cartografía topográfica en el estudio, se va a trazar cada objeto que puede ser identificado sobre aerofotografías. Sin embargo, los objetos tales como postes eléctricos o tapas de cámara no son fáciles de identificar sobre imágenes de fotos, y por eso es imposible elaborar la base de datos completa. Si la base de datos es incompleta, confundiría a los usuarios de datos de SIG.

Además sobre mapas topográficos, las líneas costeras se dividen en más de una clase como línea costera artificial o línea costera natural. Es más conveniente para los usuarios de SIG si estas líneas son combinadas conjuntamente para hacer una línea simple.

Como resultado de las discusiones arriba mencionadas, el IGAC y el Equipo de Estudio de JICA acordaron sobre la estructuración de datos lo que sigue.

- 1) Se incluyen en el modelo de datos básicos SIG todos los elementos a excepción de anotaciones y símbolos. Se incluyen nombres de vías, ríos y también el valor de elevación en las curvas de nivel.

## 2) Clases de Objetos (Feature Classes)

Básicamente se clasifican los datos en 5 grupos, y después se divide cada grupo en datos en: puntos, líneas y de polígonos.

- Datos Básicos (consiste en 12 feature classes)
- Elemento Divisorio (consiste en 2 feature classes)
- Urbano (consiste en 4 feature classes)
- Relieve (consiste en 2 feature classes)
- Infraestructura (consiste en 3 feature classes)

3) Atributos. Los nombres de carreteras, ríos, puntos con elevación y el valor de elevación de curvas de nivel se registran en atributos. En caso de existir nombre oficial y nombre común, se registran ambos.

## 4) Método de agrupamiento

Los objetos de mapas topográficos se reclasifican en feature classes del modelo. De ser necesario, se harían también cambios de geometría. El diagrama de clases en UML muestra los resultados de la reclasificación. Cada objeto geográfico pertenece a un CLASS y cada tema es un PACKAGE que combina clases.

### ✧ Clases

- Azul claro : Objetos del mapa topográfico a escala 1:2000 importados directamente a datos básicos de SIG.
- Blanco : Combinación de cuerpos de agua
- Gradación de blanco a azul : Objetos geográficos cuya geometría debe cambiarse para ser implementado como Geodatabase

### ✧ Empaquetamientos

Rosa pálido : Paquetes usado como datos geográficos básicos

- Paquete Orillas de agua
- Paquete Límites administrativos
- Paquete Corrientes y cursos de agua
- Paquete Carretera sencilla
- Paquete Vía férrea
- Paquete Borde de vía
- Paquete Estructuras acuáticas
- Paquete Centros de vía

Verde : datos que principalmente son usados en planeación urbana y del uso de suelo, incluyendo POT. Para ser usado en planeación urbana conjuntamente con datos en el paquete Rosado:

Edificios públicos

Cobertura del suelo y uso del suelo

Instalaciones

Magenta : Delimitaciones requeridas para catastro

- Paquete para levantamientos catastrales

Amarillo : terreno (puntos con elevación y curvas de nivel)

- Paquete Condiciones del Terreno

Rojo : Puntos de Control (GCP y puntos de aerotriangulación)

- Paquete de puntos de control

Negro : Objetos geográficos que son trazados en los mapas a escala 1:2000 pero no registrados como datos básicos de SIG. (Postes eléctricos y tapas de cámara cuyos datos completos deben ser obtenidos desde las compañías que administran utilidades).

Al implementar los datos en Geodatabase, basicamente este paquete se hace dataseet de objetos. El archivo maestro es un Geodatabase. Cuando los datos son entregados a los usuarios de SIG fuera del IGAC, sólo es importado la información necesaria desde los datos maestro (Figure 8-1 – Figure 8-7: Anexo 7).



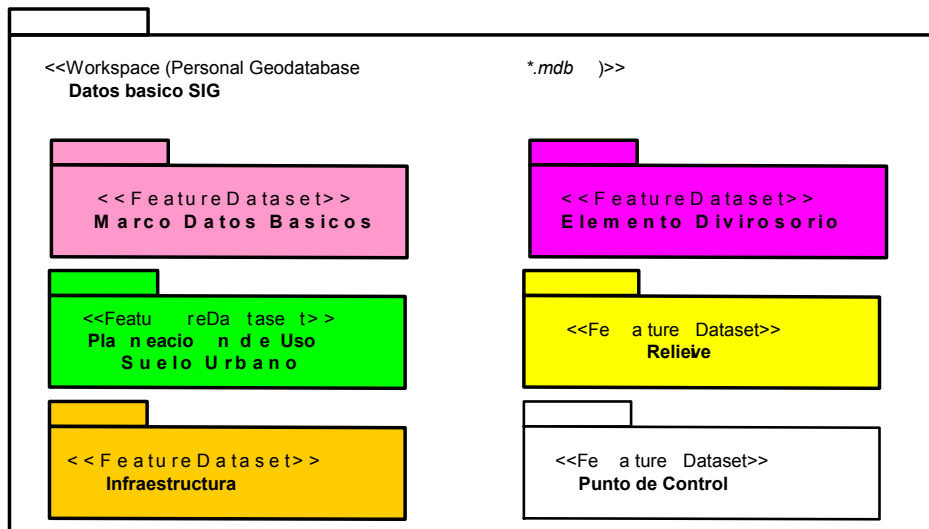


Figure 8-1 Database structure of Geodatabase

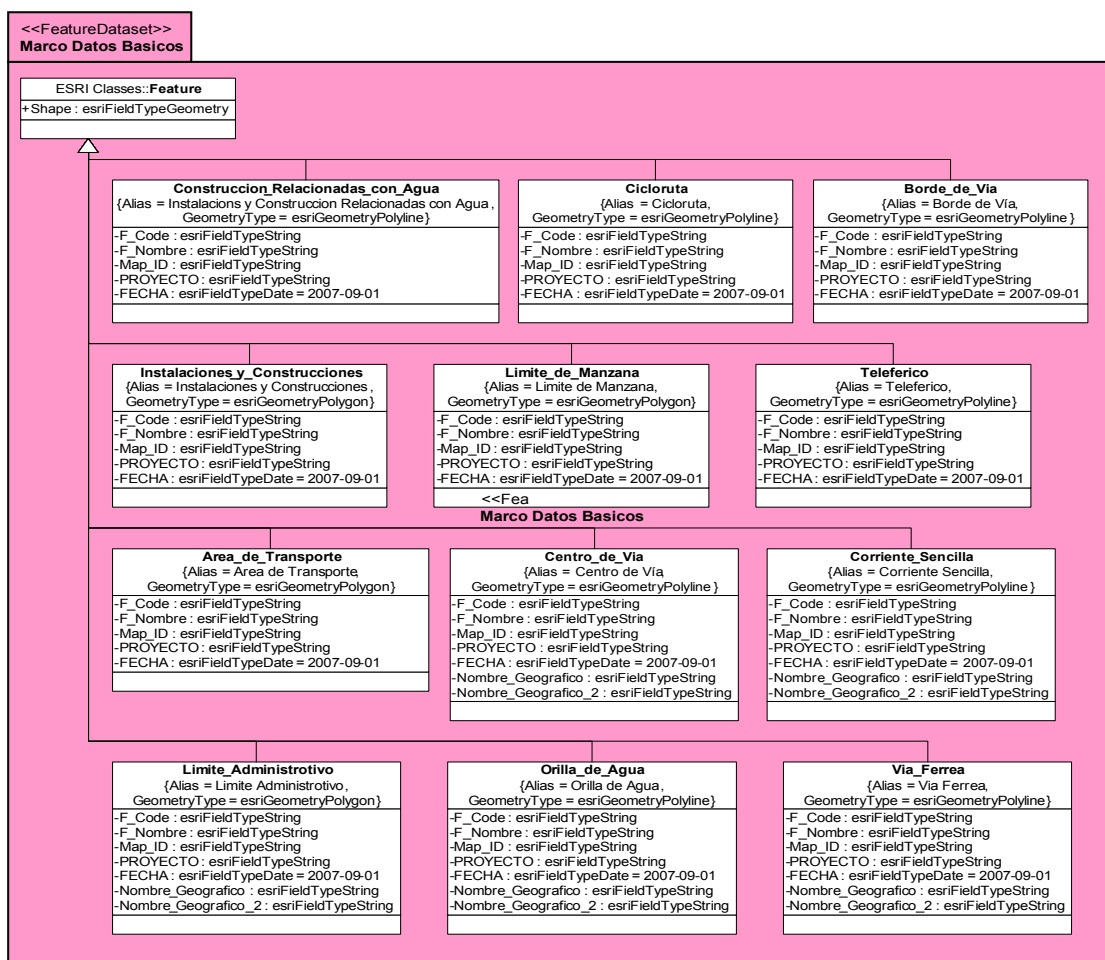


Figure 8-2 Feature classes of Feature Dataset of Marco Datos Basicos

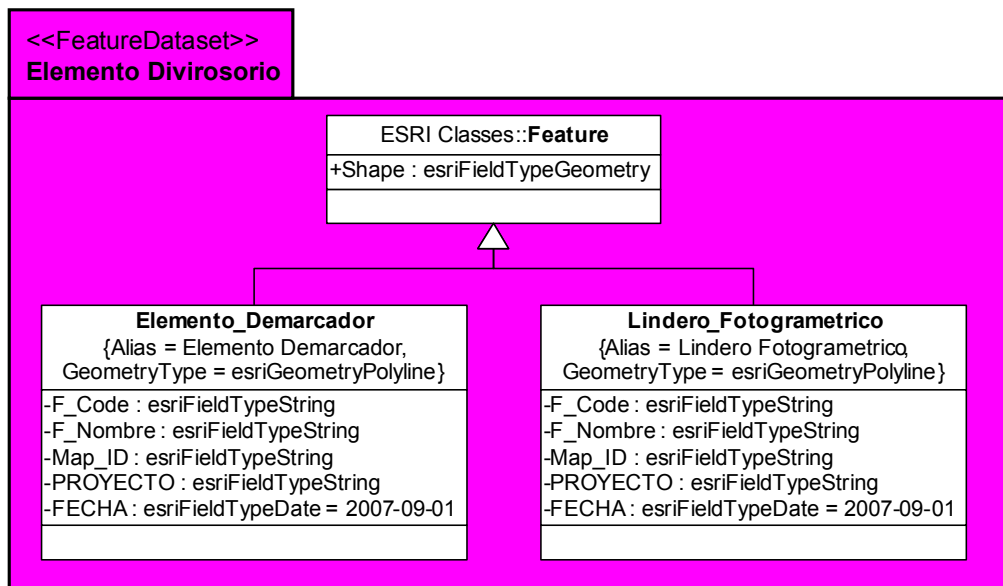


Figure 8.3 Feature classes of Feature Dataset Elemento Divisorio

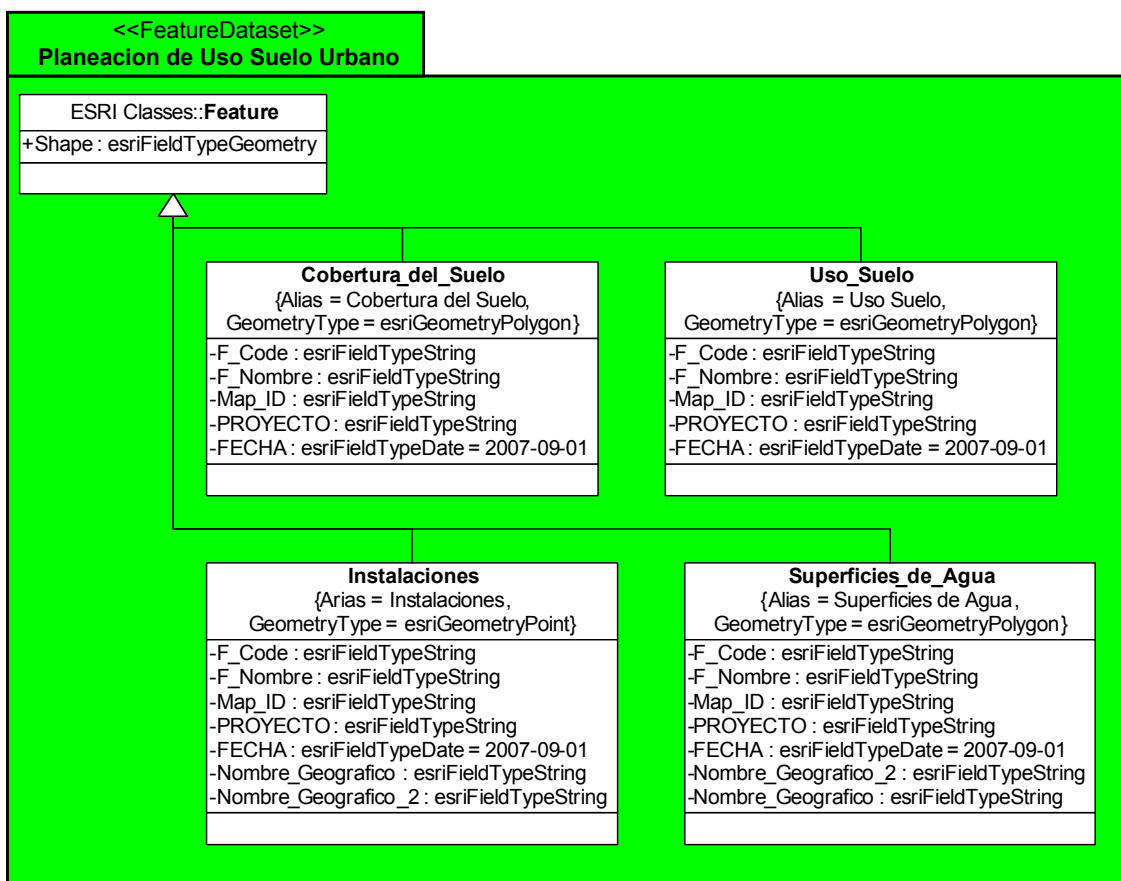


Figure 8-4 Feature classes of Feature Dataset Suelo Urbano

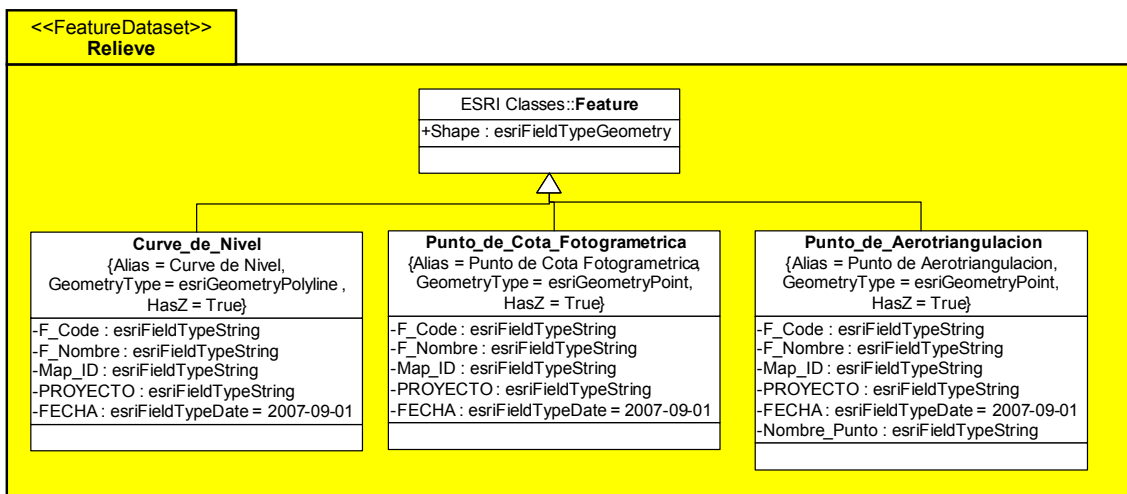


Figure 8-5 Feature classes of Feature Dataset Relieve

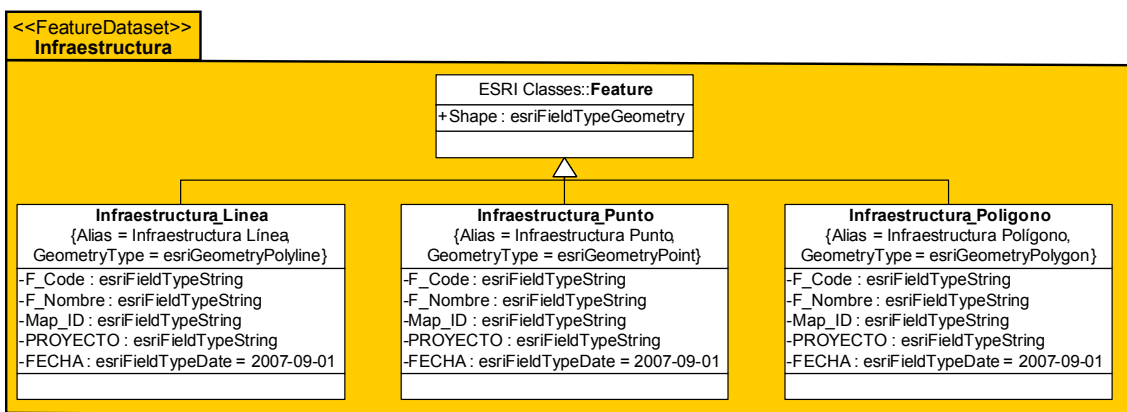


Figure 8-6 Feature classes of Feature Dataset Infraestructura

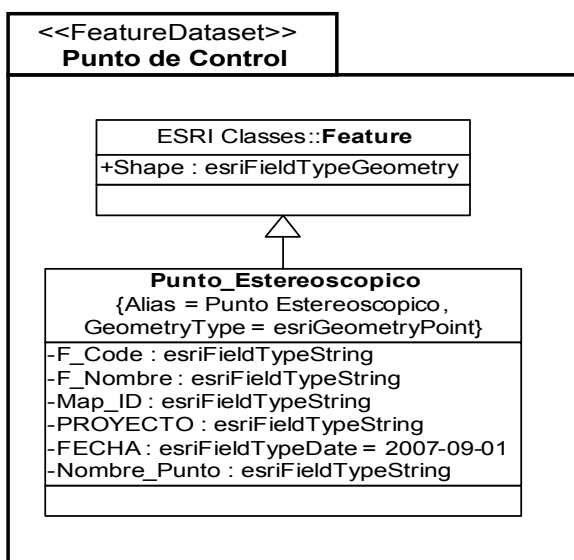


Figure 8-7 Feature classes of Feature Dataset Punto de Control

## **CAPÍTULO 9 PROMOCIÓN DEL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Para promover el uso de la información geográfica elaborada y suministrada por el IGAC, fue necesario comprender la situación actual de los usuarios de información geográfica. Para este fin, se visitaron los municipios de Cartagena, Santa Marta y Barranquilla y se recolectaron varios tipos de mapas temáticos usados en la elaboración del POT. Los mapas y materiales recolectados se analizaron para entender la calidad y precisión de la información. Además las respuestas al cuestionario también fueron recolectadas desde 48 municipios de los 100 municipios listados. Se visitaron los municipios de Cali, Manizales y Pereira para recolectar información sobre el uso actual de información geográfica.

### **9.1 Situación actual del uso de información geográfica**

En Colombia, cada municipio es responsable de elaborar su propio POT. Esto significa que existe una clara necesidad de información geográfica confiable.

Sin embargo, las respuestas de estos 48 municipios indican que los municipios que no cuentan con recursos humanos o equipos para la elaboración de mapas temáticos a ser utilizado para elaborar el POT, naturalmente, están aún en una etapa muy primitiva en cuanto al uso de información geográfica. La mayoría de los municipios tampoco cuentan con ningún recurso para manejar información geográfica.

#### **9.1.1 Cartografía temática para el POT**

Por mandato de la Ley 388 de 1997, cada municipio debe formular su propio POT, razón por la cual éstos están tratando de elaborar varios mapas. Las ciudades objeto del estudio: Santa Marta, Cartagena y Barranquilla, se encuentran muy avanzadas en cuanto a la producción de cartografía y POT, con respecto al resto de los municipios estudiados. Sus recursos se listan en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1 Capacidad de las tres ciudades para producir mapas (2005)

Item	Cartagena	Barranquilla	Santa Marta
Hardware	N/A	PC : 2	PC : 1
Software	MicroStation (Cantidad no conocida)	AutoCAD ArcView	AutoCAD ArcView3.1
Dispositivo E/S	N/A	A0color inkjet plotter: 1 Digitalizador: 1 (Fuera de trabajo)	

Personal para mantener POT	N/A	2 personas	0 personas
Topógrafo	N/A	2 personas (básicamente una de ellas es un ingeniero de planeación urbana y puede usar SIG)	1 persona (Ingeniero de Construcción)
Ingeniero de SIG	N/A	1	Nadie
Ingeniero de sistema	N/A	Nadie	Nadie

### 9.1.2 Mapas temáticos para el POT

Cada municipio tiene su propio programa de desarrollo y los mapas a usar para su POT son diferentes. Estos pueden dividirse en las siguientes categorías:

- Administración pública: límites administrativos, etc.
- Mapas de manejo del uso del suelo: usos del suelo actual, planes de uso del suelo, planes zonales y planes maestros.
- Mapas de infraestructura social: vías, acueducto, alcantarillado, electricidad, gas, y otros servicios.
- Mapas de manejo ambiental: áreas de conservación, áreas de protección de ecosistemas.
- Prevención de desastres: áreas inundables, áreas con probabilidades de deslizamientos de tierra, áreas de pendientes altas.

Los mapas y documentos recolectados en los municipios de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta se muestran en la Tabla 9-2 y Figura 9-1. Muchos de ellos se basan en cartografía producida por el IGAC o el DANE, pero tienen problemas como diferencias de escala, diferentes años de producción, cambios en el tiempo, e inexactitudes de posición. Para utilizar estos mapas para planeación urbana o regional, es absolutamente necesario examinar cuidadosamente la compatibilidad entre éstos y los mapas o datos nuevos.

Tabla 9-2 Mapas y materials recopilados en las tres ciudades

Item	Cartagena	Barranquilla	Santa Marta
Mapas	-Mapas POT: 85 archivos (dgn: 84)	- Mapas POT: 176 -Actualización de mapa:1 (AutoCAD) -Mapa topográfico DANE: 1 (AutoCAD) - Mapa topográfico AAA: 193 (AutoCAD) - Mapas temáticos CRA: 152 (AutoCAD y Shapefile)	-POT PDF: 44 - Mapas POT: 327 archivos (DWG, DXF, shp, bmp, doc, ppt, pdf)
Documentos	-Documentos de texto POT: 9	- Documentos de texto POT:7	- Documentos de texto POT:38
Otros		- Mapas digitales y documentos POT (Malambo, Puerto Colombia y Soledad): 180	

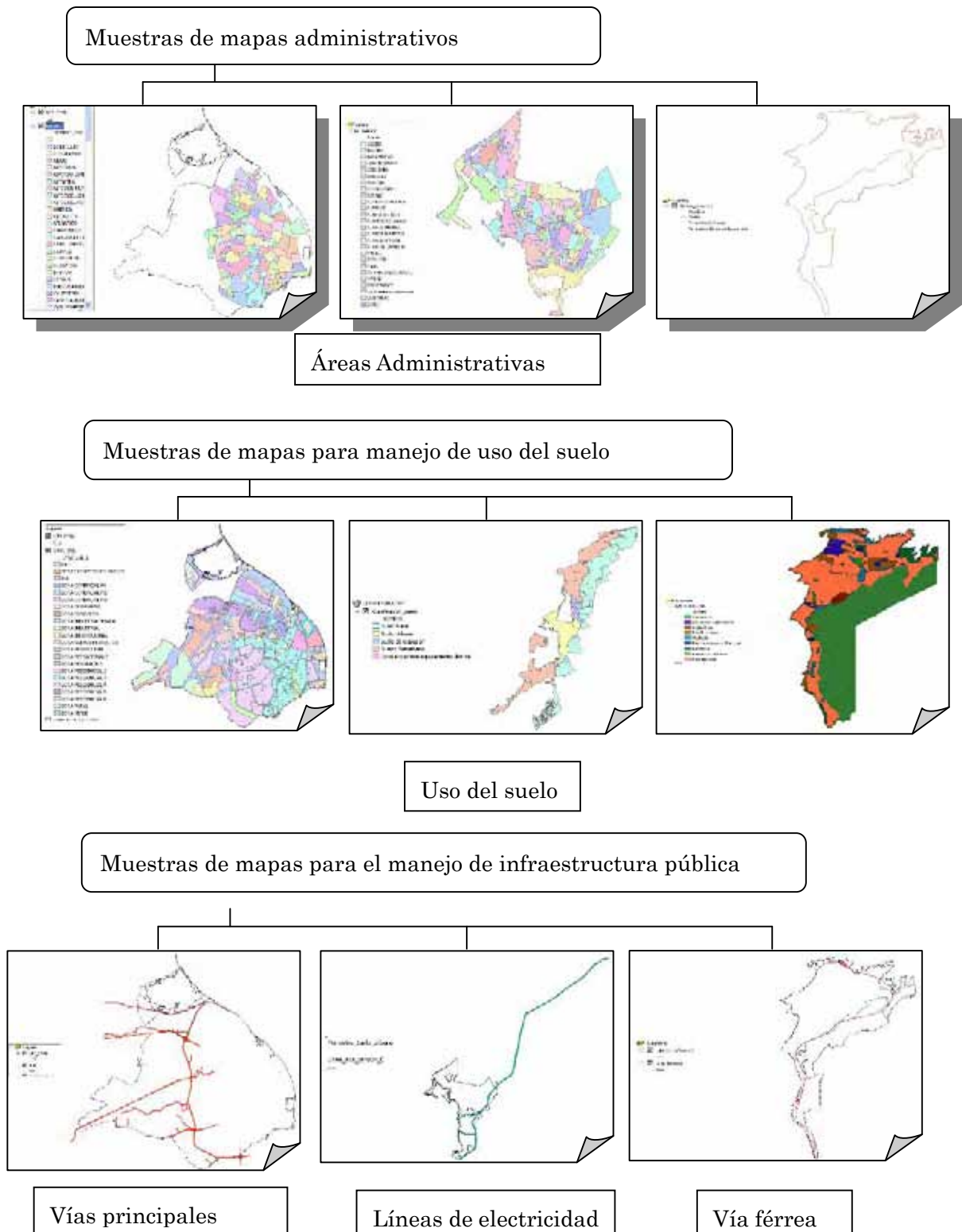


Figura 9-1-1 Muestras de los mapas recolectados ( 1 )

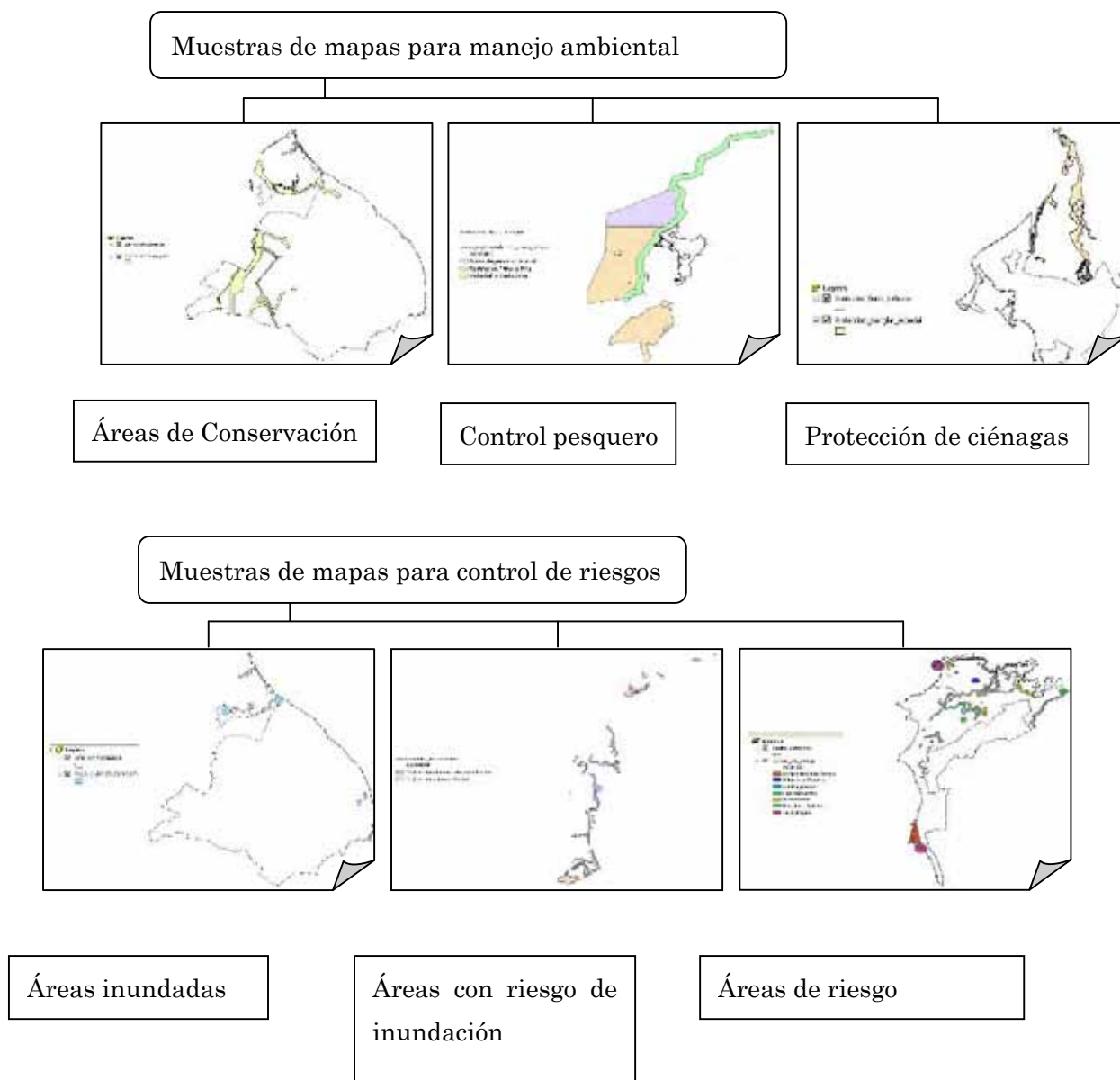


Figura 9-1-2 Muestras de los mapas recolectados (2)



### 9.1.3 Aspectos relacionados con el POT

El objetivo principal de los datos geográficos producidos por el IGAC para los municipios es el de promover información para la formulación y las actualizaciones del POT. Sin embargo, se deben resolver algunos problemas antes de que se extienda el uso de los datos del IGAC:

#### (1) Crear estándares para la cartografía POT

La mayoría de los mapas temáticos usados para elaborar los POT utilizan mapas topográficos del IGAC y del DANE como su base. Sin embargo, ambos mapas son diferentes en cuanto a escala, año de producción, referencia espacial y precisión. Por lo tanto, si ellos se superponen, no coinciden los objetos geográficos así como caminos y edificaciones. La diferencia máxima fue 20 metros en Barranquilla y 15 metros en Santa Marta (Figura 9-2). Algunos mapas tampoco pueden superponerse por estar desajustados.

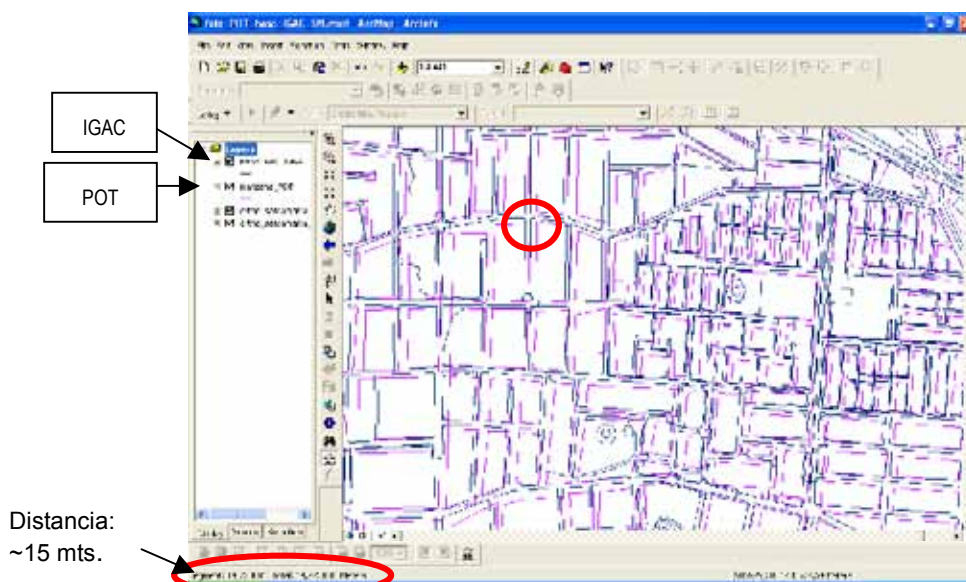


Figura 9-2. Superposición de mapas nuevos y antiguos (1994) de Santa Marta

#### (2) Manejo de la cartografía POT

Una vez producidos los mapas, ellos deben actualizarse constantemente, porque los objetos geográficos cambian a través del tiempo. Sin embargo, debido a la escasez de presupuesto o porque el personal del municipio no apreciaba muy bien que los objetos geográficos representados en los mapas cambian por el tiempo.

En Barranquilla, el municipio intentaba actualizar el POT utilizando los mapas de DANE del 2004 y los mapas producidos por la empresa de acueducto AAA. Santa Marta también estaba

actualizando sus datos POT, pero no usaba los mapas del IGAC porque ellos no podían esperar hasta que la última versión fuera publicada. Cartagena estaba esperando por el mapa básico del IGAC.

### (3) Estandarización del método para formular el POT

Se requieren varios tipos de mapas temáticos para elaborar el POT. Aunque el IGAC tiene pautas para elaborar mapas temáticos, el detalle para la elaboración de mapas para el POT aún no ha sido estandarizado.

## **9.2 Problemas técnicos para la promoción de la información geográfica y SIG**

Los municipios pequeños no cuentan con los recursos humanos, la organización y el presupuesto para usar SIGs. Los problemas asociados al fomento del uso de SIGs se pueden resumir como sigue:

### (1) Revisión de catálogos de objetos geográficos

El catálogo que define los objetos geográficos a cartografiar y su codificación es un documento muy importante para crear una base de datos para un SIG. Sin embargo, el catálogo actual del IGAC está orientado al manejo de información catastral, y no es el adecuado para una base de datos multipropósito para SIG.

Es necesario redefinir los objetos geográficos y sus atributos en una base de datos SIG que sea usada como marco de referencia básico para producir varios tipos de mapas temáticos.

Por otra parte, el IGAC tiene el modelo de datos CO-U y el catálogo de símbolos CS-2000 para manejar datos catastrales y urbanos. Estos son hechos con referencia a estándares de información geográfica pero no están relacionados al POT.

### (2) Producción de guías

Se utilizan mapas del IGAC y del DANE como base para los mapas del POT. Sin embargo, la mezcla de más de un mapa base genera problemas debido a las diferencias de escala, leyendas, y precisión. Estos problemas impiden que los planificadores o los usuarios de SIG hagan un uso más intensivo de los mapas y las herramientas. Es necesario crear las guías para producir datos geográficos básicos y temáticos del POT.

### (3) Presupuesto

Según la ley 388 los municipios deben hacer su POT. Sin embargo, la mayoría de los municipios no tienen el presupuesto suficiente para hacer POTs de buena calidad. La preparación de mapas temáticos y el POT se facilitarían mucho con la provisión de datos geográficos confiables.

Para evitar inversiones redundantes en producción de datos, se recomienda utilizar los mapas de alta calidad y la información geográfica suministrada por el IGAC.

### (4) Instituciones

Algunas veces el IGAC produce mapas si los municipios los solicitan . Sin embargo, el IGAC no maneja los mapas que producen los municipios, pues su organización no puede manejar la información geográfica y datos SIG en particular. Algunos municipios contratan personal temporal para operar softwareSIG, pero el conocimiento adquirido durante el contrato no puede ser retenido por el municipio al terminarse los contratos. Sería beneficioso para los municipios utilizar la capacidad de las Direcciones Territoriales del IGAC para suplir las carencias de capacidad técnica.

## **CAPÍTULO 10 FUNCIONALIDAD DE SOFTWARE SIG YEJEMPLO DE SIG**

### **10 .1 Propósito para desarrollar una funcionalidad de software SIG**

El propósito para desarrollar un una funcionalidad de software SIG es el de construir una herramienta que pueda ser usada para varios planes de desarrollo, sin limitarse a los POT, y ser utilizado para presentar las ventajas de SIG a sus usuarios potenciales.

### **10.2 Políticas para el desarrollo de una funcionalidad de software SIG**

#### **10.2.1 La funcionalidad de software SIG para apoyar la elaboración de los POT**

desarrollada en este estudio se espera que sea un apoyo en la producción de mapas temáticos para los POT, y que sirva para promover el uso de información geográfica. Por esta razón se determinó utilizar las funcionalidades básicas de ArcGIS sin añadir otro software. El formato de datos adoptado es el de Geodatabase, y el manual de operación fue hecho en idioma español.

#### **10.2.2 Descripción de la funcionalidad de software SIG**

El desarrollo se diseñó para correr sobre ArcGIS 9.1.

En cuanto a la función para mostrar el uso de SIG, se creó un ejemplo del uso de SIG para planear parques, y también un ejemplo de uso de información para los turistas de Cartagena. En total, la funcionalidad y el ejemplo SIG presentan los siguientes ítems:

- Elaboración y actualización de mapas temáticos para los POT
- Conversión de coordenadas (convertir a coordenadas cartesianas)
- Edición de datos
- Visualización de mapas temáticos
- Impresión de mapas temáticos

#### **(1) Función de elaboración y actualización de mapas temáticos para los POT**

Con este ejemplo se muestra como editar los datos digitales como puntos, líneas y polígonos al elaborar mapas temáticos y como se elaboran los temáticos. Además muestra como manejar y actualizar los registros de datos de objetos geográficos.

- Manejo de nomenclatura vial y atributos relacionados a la malla vial
- Manejo de datos relacionados con anotaciones cartográficas

- Manejo de datos relacionados con puntos de control geodésicos
- Manejo de otros tipos de información

(2) Función de transformación de coordenadas

La cartografía existente en las 3 ciudades usa un sistema especial de coordenadas, y por esta razón los usuarios normales de SIG no los pueden usar fácilmente. Por ello, se creó un comando para llevar a cabo la conversión de coordenadas mediante una operación simple.

(3) Función de visualización y edición de datos

Se creó una función para visualización y edición. Con esta función es posible desplegar las diferentes capas temáticas en pantalla y editar los datos.

(4) Impresión de mapas temáticos

Después de crear los planos de salida se pueden imprimir en papel o guardar como plantillas.

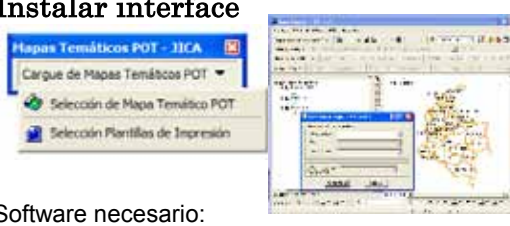
### **10.3 Contenidos de sistema modelo SIG**

El IGAC debe liderar actividades para promocionar el uso de SIG en varios campos. A medida que se incrementa el uso de SIGs, las necesidades de los municipios y del sector privado frente a estos sistemas se irán volviendo más sofisticadas. El interés se expandirá más allá de los POT, hacia aplicaciones tales como la prevención de emergencias o planificación que usa las especificaciones normales.

Contenidos de sistema modelo SIG y el uso de SIG en Figure 10-1, 10-2, 10-3.


Componentes SIG software

**Instalar interface**




Software necesario:  
*ArcGIS 9.1*

**Adicionar mapas a la interface**  
DEMO\_MAPAINTERFACE



**Edición de datos geográficos**  
DEMO\_EDICION

- Utilización de herramientas de edición personalizadas
- Uso de algunas herramientas de geoprocésamiento



**Documentos**

- Instalación de la interface personalizada
- Ejercicio de edición de mapas temáticos
- Transformación de datum datos utilizando el software ArcGIS 9.1.
- Ejercicio de despliegue de mapas temáticos sobre interface personalizada

Edición / Manejo de objetos geográficos relacionados / Operación de visualización / Tutoriales para la promoción de SIG / Demostración del uso de datos geográficos básicos como soporte para el POT

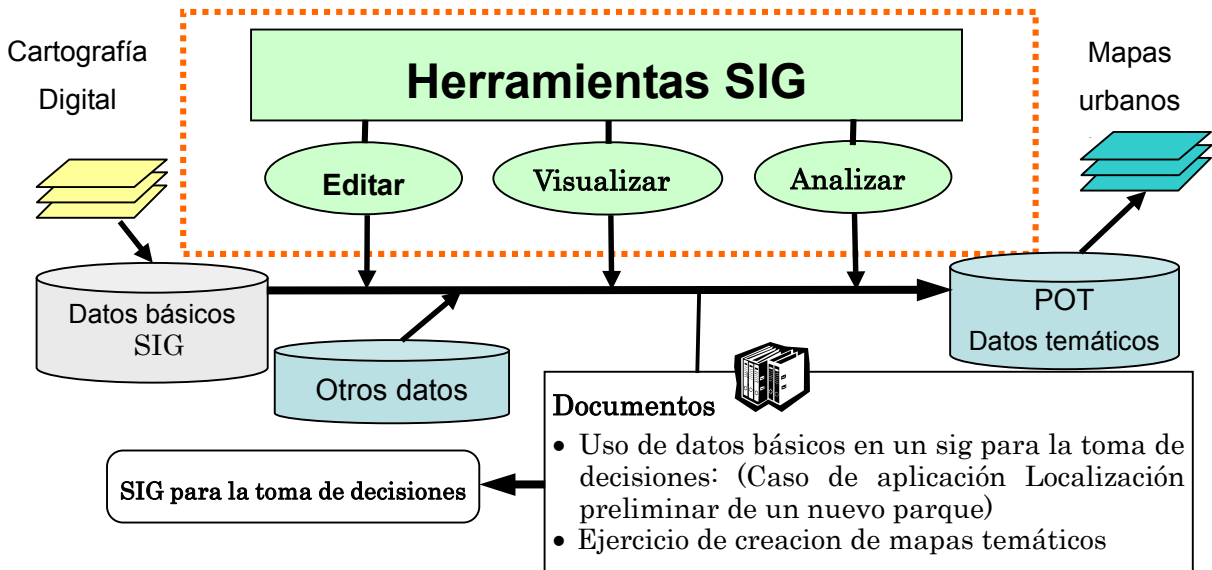


Figura 10-1 Componentes SIG software

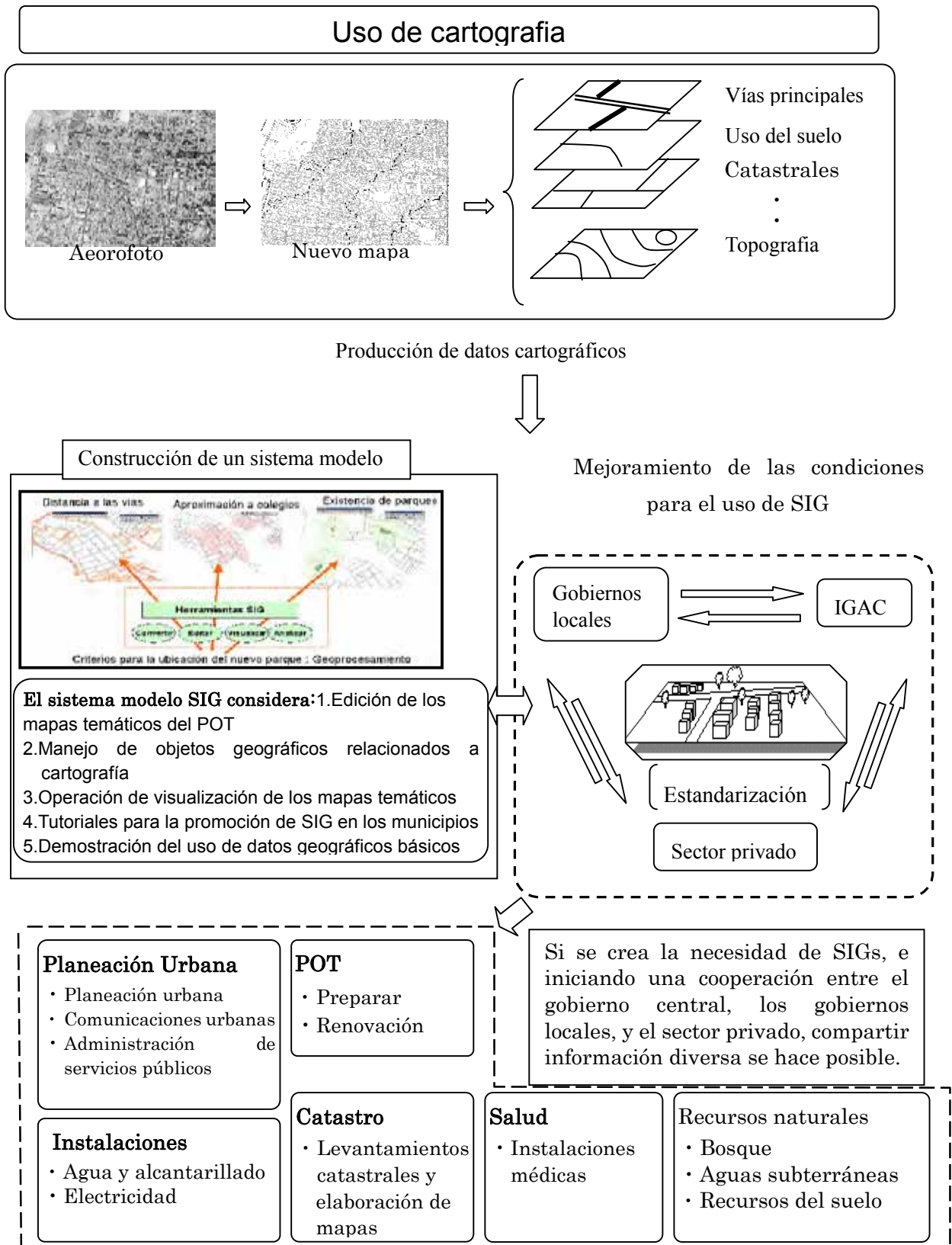


Figura 10-2 Procesamiento de datos con información espacial



Figura 10-3 Uso ideal de la información geográfica



## **CAPÍTULO 11 ANÁLISIS DE AUTOSOSTENIBILIDAD**

### **11.1 Propósito y metodología**

#### **11.1.1 Propósito**

El propósito del análisis es examinar si el IGAC puede producir cartografía digital a escala 1:2000 y datos básicos SIG de 100 municipios con base en su capacidad técnica y también utilizando tecnologías transferidas a través del estudio.

#### **11.1.2 Metodología de análisis**

El propósito es el análisis de autosostenibilidad del programa del IGAC para la elaboración de cartografía digital a escala 1:2000 y datos básicos SIG de 100 municipios, después de la finalización del proyecto de JICA. Hay tres factores que determinan el nivel de autosostenibilidad.

- Capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado
- Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios
- Resultados del programa de transferencia tecnológica de JICA

La Figura 11-1 muestra la relación entre los tres factores anteriormente citados.



Figura 11-1 Componentes del análisis de autosostenibilidad

### **11.1.3 Colección de datos**

Se recopiló información del IGAC a través de entrevistas a sus funcionarios, cuestionarios, la observación de los procesos de producción y análisis de los documentos existentes. También se visitaron las Direcciones Territoriales de Santa Marta, Cartagena, Barranquilla, Manizales, Pereira y Cali.

Se elaboró un cuestionario para averiguar la situación de los 100 municipios, estos fueron distribuidos a los 100 municipios, y recolectados por las Direcciones Territoriales del IGAC.

Igualmente, el período en Colombia para la investigación del análisis de autosostenibilidad en el primer año fue de 40 días y en el segundo año fue de 30 y luego 60 días más.

## **11.2 Registro cronológico de actividades**

### **11.2.1 Trabajo en Colombia (enero – marzo de 2006)**

(1) Se explicó el objetivo del estudio, así como el contenido del análisis de autosostenibilidad al IGAC

Se observó que el IGAC esperaba que JICA continuara con la producción de cartografía y datos básicos SIG de los 100 municipios, después de terminar los datos geográficos de las tres ciudades de la Costa Atlántica. El Equipo de JICA explicó al IGAC que el objetivo del estudio es apoyar al IGAC para establecer un proceso moderno de producción masiva de mapas digitales y de datos básicos SIG. Asimismo, se explicó que el IGAC debe ser responsable de los 100 municipios y por este motivo el estudio de análisis de autosostenibilidad es muy importante.

(2) Análisis de las condiciones y dificultades actuales del IGAC

Se recolectó información sobre la situación presente del IGAC a través de entrevistas y cuestionarios al personal del IGAC. Esta información se usó para entender la organización, la política, las principales actividades y la capacidad general del IGAC, para la elaboración de cartografía a grandes escalas y datos SIG. Información similar también fue recolectada en las Direcciones Territoriales de Santa Marta y Cali.

(3) Recolección de datos básicos para realizar un trabajo tentativo y los planes de costos.

Con el propósito de calcular el volumen total de trabajo para la elaboración de cartografía digital a escala 1:2000 y datos básicos SIG de los 100 municipios, se recopiló la tasa de

rendimiento típica del funcionamiento del IGAC, el volumen de trabajo contratado al sector privado y otros datos relevantes.

#### (4) Selección de los 100 municipios

Cuando se firmó el documento del alcance del estudio de JICA, el IGAC preparó originalmente una lista de los 100 municipios. Luego el IGAC cambió la lista a finales del año 2005. La razón de este cambio fue que durante ese período se elaboró la cartografía a escala 1:2000 para algunos municipios que estaban en esta lista. Es decir se modificó la tabla de acuerdo al cambio de prioridades.

La lista final de los 100 municipios se muestra en la Tabla 11-1.

Tabla 11-1 Lista de los 100 municipios (parte I)

No	Departamento	Municipio	respuesta	No.	Departamento	Municipio	Respuesta
1	ATLÁNTICO	CAMPO DE LA CRUZ		26	BOLIVAR	HATILLO DE LOBA	○
2	ATLÁNTICO	CANDELARIA		27	BOLIVAR	MAHATES	
3	ATLÁNTICO	JUAN DE ACOSTA		28	BOLIVAR	MARGARITA	
4	ATLÁNTICO	LURUACO	○	29	BOLIVAR	MORALES	
5	ATLÁNTICO	MANATI	○	30	BOLIVAR	PINILLOS	
6	ATLÁNTICO	POLONUEVO	○	31	BOLIVAR	REGIDOR	
7	ATLÁNTICO	PONEDERA		32	BOLIVAR	RIO VIEJO	
8	ATLÁNTICO	REPELON		33	BOLIVAR	SAN CRISTOBAL	
9	ATLÁNTICO	SANTA LUCIA		34	BOLIVAR	SAN ESTANISLAO	○
10	ATLÁNTICO	SUAN	○	35	BOLIVAR	SAN FERNANDO	○
11	ATLÁNTICO	TUBARA		36	BOLIVAR	SAN JACINTO	
12	ATLÁNTICO	USIACURI		37	BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	
13	BOLIVAR	ACHI		38	BOLIVAR	SAN MARTIN DE LOBA	○
14	BOLIVAR	ALTOS DEL ROSARIO		39	BOLIVAR	SAN PABLO	○
15	BOLIVAR	ARENAL		40	BOLIVAR	SANTA CATALINA	
16	BOLIVAR	ARJONA	○	41	BOLIVAR	SANTA ROSA	○
17	BOLIVAR	ARROYOHONDO	○	42	BOLIVAR	SIMITI	
18	BOLIVAR	BARRANCO DE LOBA		43	BOLIVAR	SOPLAVIENTO	
19	BOLIVAR	CALAMAR		44	BOLIVAR	TALAIQUA NUEVO	
20	BOLIVAR	CANTAGALLO		45	BOLIVAR	TIQUISIO	
21	BOLIVAR	CICUCO		46	BOLIVAR	TURBANA	
22	BOLIVAR	CLEMENCIA		47	BOLIVAR	VILLANUEVA	○
23	BOLIVAR	CORDOBA		48	BOLIVAR	ZAMBRANO	
24	BOLIVAR	EL GUAMO		49	CALDAS	ARANZAZU	○
25	BOLIVAR	EL PEÑON		50	CALDAS	FILADELFIA	○

Tabla 11- Lista de los 100 municipios (parte II)

No	Departamento	Municipio	respuesta	No.	Departamento	Municipio	Respuesta
51	CALDAS	LA MERCED	○	76	CUNDINAMARCA	ZIPACON	
52	CALDAS	MANZANARES	○	77	LA GUAJIRA	ALBANIA	
53	CALDAS	MARMATO		78	LA GUAJIRA	BARRANCAS	○
54	CALDAS	MARQUETALIA	○	79	LA GUAJIRA	DIBULLA	○
55	CALDAS	MARULANDA	○	80	LA GUAJIRA	DISTRACCION	○
56	CALDAS	PENSILVANIA	○	81	LA GUAJIRA	EL MOLINO	○
57	CALDAS	RIOSUCIO	○	82	LA GUAJIRA	FONSECA	○
58	CALDAS	SALAMINA	○	83	LA GUAJIRA	HATONUEVO	○
59	CALDAS	SAMANA	○	84	LA GUAJIRA	LA JAGUA DEL PILAR	
60	CALDAS	SUPIA	○	85	LA GUAJIRA	MANAURE	
61	CALDAS	VICTORIA	○	86	LA GUAJIRA	SAN JUAN DEL CESAR	○
62	CAQUETÁ	FLORENCIA	○	87	LA GUAJIRA	URIBIA	○
63	CAUCA	POPAYAN	○	88	LA GUAJIRA	URUMITA	○
64	CUNDINAMARCA	AGUA DE DIOS	○	89	LA GUAJIRA	VILLANUEVA	
65	CUNDINAMARCA	ALBAN		90	META	VILLAVICENCIO	○
66	CUNDINAMARCA	ANOLAIMA	○	91	RISARALDA	APIA	
67	CUNDINAMARCA	CACHIPAY		92	RISARALDA	BELEN DE UMBRIA	
68	CUNDINAMARCA	JERUSALEN	○	93	RISARALDA	GUATICA	
69	CUNDINAMARCA	LA MESA		94	RISARALDA	LA VIRGINIA	
70	CUNDINAMARCA	NILO	○	95	RISARALDA	MARSELLA	
71	CUNDINAMARCA	QUIPILE	○	96	RISARALDA	MISTRATO	
72	CUNDINAMARCA	RICAUARTE	○	97	RISARALDA	QUINCHIA	
73	CUNDINAMARCA	TOCAIMA	○	98	RISARALDA	SANTUARIO	○
74	CUNDINAMARCA	VILLETA		99	TOLIMA	IBAGUE	○
75	CUNDINAMARCA	VIOTA		100	VALLE DEL CAUCA	CALI	○

### **11.2.2 Trabajo en Colombia (junio – julio de 2006)**

#### (1) Recolección de las respuestas de los cuestionarios

Solamente 40 municipios devolvieron las respuestas a finales de julio de 2006. El Equipo de Estudio de JICA decidió esperar hasta finales de agosto.

#### (2) Análisis de las respuestas recolectadas

Las respuestas recogidas se ingresaron en formato Excel.

#### (3) Exigencia del envío de las respuestas

Se unieron esfuerzos con cooperación del IGAC, para recuperar las respuestas de los 100 municipios.

#### (4) Cálculo del volumen de producción de datos SIG

Se recopilaron del material existente, los datos de tamaño y población de los municipios y éstos se usaron para estimar los costos totales del programa de elaboración de cartografía para los cien municipios.

El IGAC hizo un cálculo detallado, mientras el Equipo de Estudio utilizaba los datos de la producción de cartografía digital de 65 municipios. Se compararon los dos resultados para evaluar su validez.

#### (5) Análisis de la función de las Territoriales del IGAC.

Primero la meta del análisis de la autosostenibilidad fue la División de Fotogrametría de la oficina central del IGAC. Sin embargo después de terminar el estudio del primer año, se dió cuenta de que las Direcciones Territoriales del IGAC tienen capacidad potencial para jugar un rol importante en trabajos de campo para cartografía. También se dió cuenta de que ellas son importantes para hacer entender a los usuarios el valor de datos básicos de SIG.

Por esta razón se decidió investigar la situación de las Direcciones Territoriales. Para lograr ese propósito se visitaron las oficinas de Santa Marta y Cali.

### **11.2.3 Trabajo en Japón (agosto de 2006)**

#### (1) Recolección de respuestas

A comienzos de agosto de 2006 se recibieron las respuestas de 48 municipios. A finales de julio el IGAC había solicitado las respuestas a los cuestionarios.

(2) Preprocesamiento de las respuestas recolectadas

Los contenidos de respuestas recolectadas se adicionaron en un formato de tabla. Se determinó que estos 48 municipios podrían representar los cien municipios teniendo en cuenta: el tamaño, la densidad de población, el patrón del uso del suelo mostrado sobre las fotografías aéreas existentes.

(3) El cálculo del volumen de trabajo para la elaboración de la cartografía digital a escala 1:2000

El área total de la cartografía para los 100 municipios es de aproximadamente 562 km<sup>2</sup>. A pesar de que el tamaño total no es grande, las zonas a cartografiar están dispersas alrededor del país. El Equipo planeaba al principio categorizar los municipios de acuerdo a la prioridad de cartografía. Sin embargo después se dió cuenta de que para mejorar la eficiencia del trabajo se debían agrupar los municipios cercanos.

(4) Recolección y análisis de información adicional

En el primer año se recolectó la información y material pertinentes para entender el trabajo y la capacidad de producción cartográfica del IGAC. Sin embargo, como el IGAC renovó algunos de sus manuales y especificaciones, fue necesario recolectar datos adicionales.

También se hizo un análisis de las dificultades encontradas por el Equipo de Estudio.

#### **11.2.4 Trabajo en el Segundo año (sep. – nov de 2006)**

(1) Planeación de la cartografía de los 100 municipios

Se revisó el programa de cartografía de los 100 municipios, con base en la información recolectada en el segundo año.

(2) Recolección de información adicional sobre la situación y los procedimientos de trabajo del IGAC

En los años 2005 y 2006, el IGAC introdujo equipos fotogramétricos modernos en un ritmo bastante rápido principalmente por el apoyo de donantes extranjeros. Esto significa que el método y procedimientos para la producción del IGAC cambió en un tiempo muy corto. Particularmente, desde que el IGAC cambió el software de edición digital de Microstation a ArcGIS, se hizo necesario el análisis completamente nuevo del flujo de trabajo.

(3) Visita a las Direcciones Territoriales del IGAC

Se visitaron las Direcciones Territoriales de Manizales y Pereira para conocer su capacidad



técnica.

(4) Verificación de los resultados de la transferencia técnica y entrega de recomendaciones

Teniendo en cuenta el espacio en blanco del trabajo entre el 2006 y el 2007 en Colombia, tuvo lugar una reunión para resumir las conclusiones del Equipo de Estudio y temas importantes en elaborar datos básicos de SIG para los 100 municipios.

### 11.3 Resultados

#### 11.3.1 Estudio a los 100 municipios

(1) Algunos aspectos de los 100 municipios

Dentro de los 100 municipios están incluidas 5 ciudades grandes, llamadas: Cali, Ibagué, Villavicencio, Popayán y Florencia. Pues su tamaño y población son grandes comparadas con los restantes 95 municipios, entonces el análisis de las características de “los 100 municipios” se hizo sobre “95” municipios.

Tabla. 11-2 muestra la población y el tamaño de los 95 municipios.

Tabla 11-2 Tamaño, población y densidad de población de los 95 municipios

Porcentaje	Tamaño del área urbana	Población	Densidad de población
10%	47,20	2.216,80	16,64
20%	88,80	4.389,40	28,74
30%	108,60	5.280,20	37,78
40%	136,00	6.331,00	43,26
50%	167,00	7.764,00	48,33
60%	203,80	9.117,80	56,16
70%	251,00	10.751,80	65,91
80%	336,20	13.395,20	78,96
90%	486,40	18.702,60	102,51
100%	1.154,00	50.351,00	272,00

El tamaño total y el promedio de las áreas urbanas de los 95 municipios son de 21.610 ha y de 227,39 ha respectivamente. El promedio de población es de 530.000 habitantes y la densidad promedio de población es de 2,86 personas por ha.

Los 99 de los 100 municipios tienen cubrimiento de fotografías aéreas. En las próximas páginas se muestran las fotografías aéreas de cuatro municipios. Como lo muestran estas fotos, muchas

de las áreas urbanas o ciudades de los municipios pueden cubrirse por un sólo modelo de aerógrafías (Figura 11-2, 11-3).



Figura 11-2 Fotografías aéreas existentes de Santa Catalina, Bolívar



Figura 11-3 Fotografías existentes de Marulanda, Caldas

Debido a que tan sólo 48 de los 100 municipios devolvieron las respuestas al Equipo de Estudio, fue necesario examinar si los 48 municipios podrían representar los 100 municipios. Realmente 5 municipios llamados Cali, Ibagué, Villavicencio, Popayán y Florencia son diferentes de los otros 95 municipios en términos de tamaño, por eso en esta exploración se excluyeron los cinco municipios.

La Tabla 11-3 muestra el tamaño y la población de los 95 municipios – Se excluyeron los cinco municipios más grandes. También los cinco municipios más grandes están dentro del grupo de los 48 que devolvieron las respuestas de los cuestionarios, por eso en esta exploración, se excluyeron estos de los 48 municipios, es decir el número de municipios que respondieron los cuestionarios fueron 43 en lugar de 48.

Tabla 11-3 Estadísticas de los 95 municipios

		Área ha	Población
Desviación estándar	43 municipios	242,55	8.581,65
	52 municipios	154,90	6.793,97
	95 municipios	203,78	7.666,20
Mediana	43 municipios	208,00	8.150,00
	52 municipios	136,00	6.944,50
	95 municipios	167,00	7.764,00
Promedio	43 municipios	273,58	10.062,30
	52 municipios	189,19	9.231,06
	95 municipios	227,39	9.607,31

El tamaño del área y la población de los 52 municipios que no enviaron las respuestas son más pequeños que el promedio de los 43 y de los 95 municipios.

El Equipo concluyó que el tamaño del área y la población de los 43 municipios que entregaron las respuestas son prácticamente iguales a las de los 95 municipios. Consecuentemente, el Equipo demostró que los 43 municipios pueden ser representantes de los 100 municipios.

## (2) Resumen de la encuesta a los 48 municipios

Las respuestas de los cuestionarios recolectados se resumen, así. Como fue conducido el levantamiento en campo por un método indirecto, es posible que no fueron interpretadas algunas preguntas correctamente por los personales de municipios quien las contestaron. Sin embargo,

aproximadamente las características de los 48 municipios pueden estimarse desde las respuestas recolectadas.

1) Existencia de mapas para el POT: Existen 42, No existen 5, No responden 1

2) Sobre los municipios que respondieron “Existen” en la anterior pregunta:

- La escala de los mapas: La escala varía entre 1:1750 y 1:110000.
- Año de producción de los mapas: No respondieron 9 ciudades. Una ciudad: 1961. Los mapas de las ciudades fueron elaborados entre 1981 y 2006.
- Productor de los mapas: No respondieron 10 ciudades. 11 ciudades respondieron “IGAC”. El resto de las ciudades respondieron “Corporaciones autónomas regionales” o la alcaldía.
- Costo en la elaboración de mapas: No respondieron 35 ciudades. El resto de las ciudades respondieron “entre 2 000 000 y 57 000 000 pesos colombianos”.
- Dificultades relacionadas con los mapas: 19 ciudades respondieron que no había problemas. No respondieron 15 ciudades. El resto de las ciudades respondieron que los mapas eran “desactualizados” e “inexactos”.

3) Existencia de secciones especializadas en cartografía y SIG.

Sólo 3 ciudades respondieron que ellos tienen una sección.

4) Si la respuesta a la pregunta anterior es si

Cantidad de personal técnico: 1 a 3

Principales instrumentos: Sólo una ciudad tiene un digitalizador y una ciudad no tiene Plotter.

5) Principal industria: Agricultura y ganadería

6) Población

La población varía de 2 691 a 2 423 381. Sólo 5 ciudades tienen una población mayor a 110 000 habitantes.

7) Tamaño del área designada como área urbana: No respondieron 11 ciudades. El tamaño y la definición son variados

8) Número de colegios

Menos de 10

23 ciudades

11-20	9 ciudades
21-30	2 ciudades
31-40	4 ciudades
41-50	3 ciudades
51-100	1 ciudad
Más de 100	3 ciudades
No respondieron	4 ciudades

9) Existencia del POT

48 ciudades respondieron que ellos tenían POT, el año de producción del POT varía entre 1998 a 2005

10) Organización que elaboró el POT

44 ciudades respondieron. Muchos de ellos respondieron que asesores elaboraron el POT. En las 15 ciudades la oficina de Planeación de la ciudad elaboró el POT.

11) Mapas temáticos elaborados para el POT

42 ciudades respondieron. Debido a los diversos mapas temáticos elaborados, el número total de los mapas temáticos es de 455.

Tabla 11-4 Mapas temáticos elaborados para el POT

Principales mapas temáticos		Número
1	Acueducto, alcantarillado y vivienda	26
2	Servicios públicos	51
3	Vías, comunicación, transporte	37
4	Medio ambiente, medio ambiente natural, bosque	41
5	Uso del suelo, tipo de suelos	66
6	Peligros, riesgos, vulnerabilidad	62
7	Geología y mineralogía	12
8	Geomorfología y topografía	22
9	Áreas homogéneas	14
10	Ríos, precipitación, sistema hidrológico	22
11	Límites políticos y administrativos	53
12	Otros temas difíciles de clasificar	49
Total		455

12) Tiempo requerido para la elaboración del POT: Entre 3 a 60 meses.(Respondieron 41 ciudades).

13) Costo de elaboración del POT

Respondieron las 28 ciudades. El presupuesto varía entre \$7 000 000 y 200 000 000 de pesos colombianos. Excepto una ciudad cuyo presupuesto fue de \$500 000 pesos colombianos.

- Menos de CO\$500 000 1 ciudad
- CO\$5 000 000~CO\$10 000 000 6 ciudades
- CO\$10 000 001~CO\$20 000 000 6 ciudades
- CO\$20 000 001~CO\$50 000 000 11 ciudades
- CO\$50 000 001~CO\$100 000 000 3 ciudades
- CO\$100 000 001~CO\$1 000 000 000 1 ciudad
- Más de CO\$1 000 000 001 1 ciudad

14) Fuentes de datos para la elaboración del POT

Las principales fuentes de datos son el DANE, IGAC, SISBEN y las Corporaciones Autónomas Regionales. Algunas ciudades mencionaron que los problemas eran los mapas obsoletos e imprecisos.

15) Problemas con la base de datos del POT

14 ciudades respondieron que no tenían problemas. 6 ciudades respondieron que no tenían bases de datos. Las ciudades que tenían bases de datos resaltaban que estas eran viejas.

16) Relación con la ley 388

39 ciudades respondieron que ellos elaboraron los POT con base a la ley 388.

17) Estandarización de las fuentes de datos para la construcción de información espacial

10 ciudades respondieron que no sería necesario

18) Estandarización de las especificaciones para la elaboración del POT

32 ciudades respondieron. La mayoría de ellas agregaron que es importante la estandarización de las especificaciones.

19) El monto del presupuesto para el mantenimiento del POT

35 ciudades respondieron. Si el subsidio es disponible para el mantenimiento del POT, el monto

requerido por municipios varía de CO\$2 000 000 to CO\$30 000 000.

20) Cooperación entre ciudades, Estado o con el gobierno central para el mantenimiento de los datos del POT

40 ciudades respondieron. La mayoría tiene alguna clase de acuerdo de cooperación con otras organizaciones públicas.

21) Existencia de un plan de desarrollo

44 ciudades respondieron que tenían un plan de desarrollo.

22) Componentes importantes dentro del desarrollo de la ciudad

- Educación
- Desarrollo de vivienda
- Desarrollo de recursos hídricos
- Desarrollo de la agricultura
- Red vial
- Suministro de agua
- Alcantarillado

23) Presupuesto anual

EL presupuesto varia aproximadamente entre CO\$2.000.000.000 y CO\$ 16.000.000.000.

El siguiente es el resumen de las respuestas de las 48 ciudades.

- Las principales industrias son agricultura y ganadería en la mayoría de los municipios. Esto supone que patrón del uso de suelo es también casi idéntico.
- La mayoría de las 48 ciudades listaron que “los mapas viejos e inexactos” son un problema para la elaboración del POT.
- Muchas ciudades piensan que es importante elaborar estándares para el POT.
- Sólo 3 ciudades tienen una sección especial encargada de los levantamientos y los SIG. Sin embargo, incluso en esas ciudades el número del personal técnico es entre uno y tres. Esto significa que la mayoría de las 48 ciudades no tienen la capacidad de manejar datos, mapas y datos SIG.

### **11.3.2 Costos para la elaboración de cartografía y datos básicos SIG para los 100 municipios**

La estimación de los costos se hizo para comparar el costo total de la elaboración de cartografía

y el presupuesto habitual del IGAC.

Se hicieron dos estimaciones. Una estimación se basó en los precios unitarios usados por el IGAC para estimar el presupuesto para contratar a las compañías privadas.

La otra estimación se basó en el monto destinado al proyecto de elaboración de cartografía de 65 municipios que se llevó a cabo por parte de compañías privadas en el 2006.

#### (1) Estimación de costos usando los precios unitario del IGAC

Se requiere bastante tiempo para realizar la estimación de costos para cada ciudad. Por esta razón, originalmente se planeó dividir los 100 municipios en diversos grupos de acuerdo a sus características, como su principal industria y uso del suelo. Sin embargo, después de evaluar las repuestas de las 48 ciudades se concluyó que en general todas las ciudades, excepto las 5 grandes, son casi idénticas y no se pueden dividir en grupos con base en sus características.

Entonces, se agruparon en base a su localización. La agrupación por localización es importante desde el punto de vista de minimizar costos para la clasificación de campo. Como resultado, los 100 municipios se dividieron en 10 grupos. Y por cada grupo se estimó el tiempo y los costos de los procesos de levantamiento de puntos de fotocontrol, de aerotriangulación y de cartografía fotogramétrica.

#### 1) Volumen de trabajo de la cartografía de los 100 municipios

- Área 56 210 ha
- Modelos 646 modelos
- Puntos de control 723 puntos

#### 2) Rendimiento del trabajo

- Levantamientos de puntos de fotocontrol: 4 Puntos/día/grupo
- Clasificación de campo: 130 ha/día/grupo
- Aerotriangulación: 10 modelos/hombre/día
- Cartografía digital / edición 200 ha/hombre/mes
- Edición digital: 600 ha/hombre/mes

Como se muestra en la Tabla 11-5, el total de trabajo es de 25 meses.

#### 3) Costos



• a) Levantamientos de puntos de fotocontrol:	CO\$549.480.000
• b) Clasificación de campo:	CO\$224.840.000
• c) Aerotriangulación:	CO\$81.719.000
• d) Cartografía digital / edición	CO\$2.810.500.000
• e) Clasificación de campo complementaria:	CO\$56.210.000
Total	CO\$3.694.766.000

Estos costos se calcularon con base en la hipótesis de que todo el trabajo sería subcontratado a compañías privadas locales. El IGAC frecuentemente usa compañías locales para realizar los levantamientos y la cartografía, cuando su capacidad de trabajo cartográfico no es suficiente. Los costos estimados de acuerdo a estas hipótesis es el mayor valor que el IGAC podría necesitar para elaborar mapas topográficos de los 100 municipios.

(2) Estimación de costos de acuerdo al proyecto de cartografía para los 65 municipios

El monto destinado para la contratación de las compañías privadas para la elaboración de la cartografía de los 65 municipios con un área total de 65 000 ha fue de \$4 500 000 000 pesos colombianos. Y teniendo en cuenta que el tamaño total de la cartografía de los 100 municipios es de 56,21ha, se estimó el costo de la elaboración de cartografía de los 100 municipios con base a los datos del valor de la cartografía para los 65 municipios.

Se hicieron dos estimaciones, una sin asumir los costos fijos y para la otra, supusieron los costos fijos como el 10 % y costos variables como el 90%.

Si el 10 % del monto contratado corresponde a los costos fijos, el costo total para la cartografía de los 100 municipios puede estimarse por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & (\text{CO\$}4\,500\,000\,000 \times 10\%) + (\text{CO\$}4\,500\,000\,000 \times 90\%) / 65\,000 \text{ ha} \times 56\,210 \text{ ha} \\ & = \text{CO\$}3\,952\,315\,385 \end{aligned}$$

Tabla 11-5 El total de trabajo es de 25 meses

Inputs	Estimations per activity		Zone	Activity	Month																								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ÁREA	2905	18.0	Zona 1 Atlántico	FOTOCONTROL	█																								
Puntos fotoc.	72	22.3		CLASIFICACIÓN DE CAMPO	█																								
Modelos aerot	27	2.7		AEROTRIANGULACIÓN		█																							
Municipios	12	3.9		RESTITUCIÓN			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ÁREA	5369	48	Zona 2 Bolívar	FOTOCONTROL	█																								
Puntos fotoc.	192	41.3		CLASIFICACIÓN DE CAMPO	█																								
Modelos aerot	82	8.2		AEROTRIANGULACIÓN		█																							
Municipios	36	7.16		RESTITUCIÓN			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ÁREA	3247	18	Zona 3 Caldas	FOTOCONTROL	█																								
Puntos fotoc.	72	25		CLASIFICACIÓN DE CAMPO	█																								
Modelos aerot	28	2.8		AEROTRIANGULACIÓN		█																							
Municipios	13	4.33		RESTITUCIÓN			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ÁREA	1590	3.75	Zona 4 Cauca	FOTOCONTROL		█																							
Puntos fotoc.	15	12.2		CLASIFICACIÓN DE CAMPO		█																							
Modelos aerot	28	2.8		AEROTRIANGULACIÓN			█																						
Municipios	1	2.12		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	3360	5.25	Zona 5 Cundinamarca	FOTOCONTROL			█																						
Puntos fotoc.	21	25.8		CLASIFICACIÓN DE CAMPO			█																						
Modelos aerot	53	5.3		AEROTRIANGULACIÓN				█																					
Municipios	1	4.48		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	3261	22.5	Zona 6 Guajira	FOTOCONTROL				█																					
Puntos fotoc.	90	25.1		CLASIFICACIÓN DE CAMPO				█																					
Modelos aerot	58	5.8		AEROTRIANGULACIÓN					█																				
Municipios	13	4.35		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	5436	20	Zona 7 Meta	FOTOCONTROL					█																				
Puntos fotoc.	80	41.8		CLASIFICACIÓN DE CAMPO					█																				
Modelos aerot	39	3.9		AEROTRIANGULACIÓN						█																			
Municipios	13	7.25		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	6760	7.75	Zona 8 Risarald	FOTOCONTROL						█																			
Puntos fotoc.	31	52		CLASIFICACIÓN DE CAMPO							█																		
Modelos aerot	70	7		AEROTRIANGULACIÓN								█																	
Municipios	1	9.01		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	1384	11.5	Zona 9 Tolima	FOTOCONTROL							█																		
Puntos fotoc.	46	10.6		CLASIFICACIÓN DE CAMPO								█																	
Modelos aerot	22	2.2		AEROTRIANGULACIÓN									█																
Municipios	8	1.85		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	6821	7.75	Zona 10 Valle	FOTOCONTROL								█																	
Puntos fotoc.	31	52.5		CLASIFICACIÓN DE CAMPO									█																
Modelos aerot	71	7.1		AEROTRIANGULACIÓN										█															
Municipios	1	9.09		RESTITUCIÓN																									
ÁREA	16077	18.3	Zona 11	FOTOCONTROL																									
Puntos fotoc.	73	124		CLASIFICACIÓN DE CAMPO																									
Modelos aerot	167	16.7		AEROTRIANGULACIÓN																									
Municipios	1	13.4		RESTITUCIÓN																									
		18.6		VERIFICACIÓN CLASIFIC																									

Y si el porcentaje de costos fijos es de cero peso (\$0), el precio total será \$ 3.891.461.538 pesos colombianos. Como es poco probable que todos precios contratados consisten de costo variable, con miras a esta aproximación, es usado el precio estimado como el 10 % de costo fijo, es decir, \$3.952.315.385 pesos colombianos.

(3) Evaluación de las dos estimaciones

Los costos estimados por los dos métodos son:

Estimación del IGAC:	CO\$3.694.766.000
Estimación por el contrato anterior	CO\$3.952.315.385

La diferencia es de 7%. Juzgando por el hecho de que ambos cálculos no fueron realizados basando en número exacto de puntos de control o la forma de áreas cartográficas, el Equipo de Estudio considera insignificante este 7 % de diferencia. La conclusión de estas estimaciones es que la cartografía de los 100 municipios podrá realizarse si es disponible aproximadamente el presupuesto de \$4 000 millones de pesos colombianos.

Se debe tenerse en cuenta que estas cifras son basadas en la suposición de que fotografías aéreas existentes son usadas para la cartografía.

En la siguiente Tabla 11-6, el costo estimado puede compararse con el presupuesto del IGAC. El presupuesto del IGAC directamente relacionado con cartografía es:

Tabla 11-6 El costo de la cartografía estimado compararse con el presupuesto del IGAC

Costos	2005	2006	2007
1. Producción y actualización del mapa general	300.000.000	300.000.000	4.108.000.000
2. DANE	10.987.569.206	0	0
3. Contratos con otras instituciones	0	0	4.280.000.000

El monto de presupuesto para cartografía varía drásticamente de un año a otro. Fundamentalmente el presupuesto de cartografía para el año 2007 es para producir mapas a escala 1:25000. Sin embargo, si esta magnitud de presupuesto es asignado para la cartografía a escala 1:2000, puede cubrirse fácilmente el costo total de cartografía que es de 3.952.315.385 pesos colombianos.

## **11.4 Capacidad del IGAC en cartografía y producción de datos SIG**

### **11.4.1 Recursos propios del IGAC**

El tipo y la cantidad de instrumentos, y el número de operarios técnicos de las Divisiones de Fotogrametría y Geodesia se describen en el Capítulo 6.

Los recursos totales del IGAC para la producción de mapas digitales a escala 1: 2000 y datos básicos SIG se resume como sigue:

#### **(1) Instrumentos y personal técnico**

En julio de 2007, la División de fotogrametría contaba con sistemas totalmente digitales para restitución y edición de mapas. En cuanto al número de operarios, es posible contratar un mayor número en caso de que se requiera incrementar la capacidad de producción. Por lo tanto, el IGAC cuenta con el personal suficiente para la cartografía fotogramétrica.

En cuanto al levantamiento de puntos de control, la División de Geodesia tiene una cantidad suficiente de GPS, niveles, y operarios para realizar el trabajo de campo.

#### **(2) Destreza para la operación de sistemas fotogramétricos**

El proceso de conversión de equipos análogos a equipos de cartografía digital se inició hace casi cuatro años. Para julio de 2007, todos los operadores de los sistemas análogos tradicionales han sido entrenados para utilizar máquinas digitales. Por lo tanto, el IGAC no tiene inconvenientes para operar los equipos de cartografía y edición.

#### **(3) Experiencia en cartografía fotogramétrica**

El IGAC tiene suficiente experiencia en restitución estereográfica y edición, al igual que en aerotriangulación, levantamientos de puntos de control e identificación de campo.

#### **(4) Capacidad para producir datos básicos SIG**

Desde 2005 el IGAC ha estado estudiando el uso del software ArcGIS para edición de mapas, y anunció en el 2006 un nuevo modelo de datos. Si bien se discutieron en repetidas ocasiones la definición y el contenido de los datos básicos SIG entre el Equipo de JICA y el IGAC, se considera que el IGAC tiene la capacidad de producir datos para SIG a partir de datos de mapas topográficos.

#### (5) Dificultades y transferencia tecnológica

El Equipo de Estudio de JICA identificó algunas dificultades con los métodos o reglamentos de producción del IGAC. La preocupación particular fue la comunicación entre cada grupo técnico. Pues falta de comunicación se presentó en diferentes procesos, endiferentes formas. Por ejemplo, el plan de localización de puntos de control no era comprendido por completo por quien planea las líneas de vuelo. Otro ejemplo es que la definición del catálogo de datos a utilizar en campo no estaba suficientemente clara.

Otras dificultades menores identificadas por el Equipo de Estudio fueron atendidas y revisadas por el IGAC. También, algunas de las sugerencias hechas por el Equipo de Estudio ya han sido aceptadas por el IGAC, cambiando su método anterior. Particularmente lo importante es que el IGAC ahora está tratando en mejorar la comunicación entre los diferentes grupos.

#### **11.4.2 Capacidad técnica de las compañías privadas colombianas de cartografía**

En el 2006, el IGAC hizo un contrato con compañías privadas colombianas de cartografía para la elaboración de mapas a escala 1:2000 de 65 municipios. La capacidad del sector privado fue importante para la elaboración de mapas a escala 1:2000 y datos básicos SIG en un corto período de tiempo. De esta manera se visitaron las principales 4 compañías con el propósito de conocer su capacidad.

- FAL LTDA
- GEOVITAL
- GEOSISTEMAS
- ATLAS INGENIERIA

Las cuatro compañías tienen relación con el IGAC. Por ejemplo, los antiguos funcionarios del IGAC están ahora trabajando en la gerencia de algunas firmas. Los instrumentos fotogramétricos de la mayoría de las compañías no son tan nuevos como los del IGAC, sin embargo todos estos tienen la capacidad suficiente para producir mapas digitales.

#### (1)FAL

Fundada en 1980. Es la única compañía de cartografía en Colombia que tiene el certificado ISO. FAL tiene su propio avión Cessna 206. Los instrumentos fotogramétricos de FAL son:

- PG2 x 4 juegos
- Topocarto D × 1 juego
- Planicomp × 1 juego
- Software de Aerotriangulación: PAT-M

Actualmente, la ciudad de Bogotá está elaborando mapas topográficos a escala 1:1000 y un grupo de compañías privadas están llevando a cabo este trabajo. FAL está trabajando como líder del grupo de compañías privadas. En la cartografía topográfica a escala 1:2000 de los 65 municipios, que el IGAC está subcontratando a las compañías privadas, FAL junto con otras compañías es responsable de los 28 municipios.

#### (2) ATLAS INGENIERÍA

El presidente de Atlas ingeniería, el señor Ricardo Galindo estudió en el ITC y en Estados Unidos y ha trabajado como instructor del CIAF. Además, Atlas tienen su propio instituto de operadores fotogramétricos. La compañía tiene su propio Cessna 206TU. Ellos tienen los siguientes instrumentos fotogramétricos:

- DVP x 6 juegos
- DVP académico x 6 juegos
- Sistema de Aerotriangulación: SPACE-M

#### (3) GEOVIAL

Muchos de los antiguos funcionarios del IGAC están trabajando en esta compañía. Los principales equipos son:

- Topocarto D (con encoder × 3 juegos
- CADMAP (Intergraph) +INPHO × 1 juego
- Microstation
- ArcInfo Software de Aerotriangulación: Ajuste simultáneo de bloques de la DMA

#### (4) GEOSISTEMAS

Todo el personal, excepto el presidente, son antiguos funcionarios del IGAC. Normalmente la compañía solamente tiene 4 miembros. Cuando la compañía obtiene un trabajo, se contratan empleados temporales. Sus principales instrumentos fotogramétricos son:

- PG2 + CADMAP × 3
- Imagestation (Intergraph) × 2
- AU3-WIN × 1
- Microstation V8
- ArcInfo

### **11.5 Resultados del análisis de autosostenibilidad**

Como se explicao anteriormente, el análisis de autosostenibilidad del programa para la

elaboración de cartografía y datos básicos SIG se establece por los siguientes tres factores

- Capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado.
- Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios.
- Resultados del programa de transferencia tecnológica de JICA

#### **11.5.1 Capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado**

Hasta julio de 2007 el IGAC se había terminado de equipar por su cuenta una línea de producción fotogramétrica digital. Se entrenaron los operadores de los antiguos equipos analógicos para que utilizaran los instrumentos digitales de restitución y edición.

Por el contrario las compañías privadas todavía usaban equipos analógicos además de instrumentos modernos de cartografía digital. Sin embargo, sus productos finales cumplían con las especificaciones del IGAC.

Si se combinan ambas capacidades, no será difícil producir mapas de los 100 municipios.

#### **11.5.2 Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios**

El presupuesto anual del IGAC es de \$ 72.823 millones de pesos colombianos en el año fiscal de 2007. Por otro lado, el presupuesto total a usar para la cartografía general es de \$ 8.388 millones de pesos colombianos. De otra parte, el presupuesto requerido para elaborar mapas a escala 1:2000 y los datos básicos SIG de los 100 municipios es aproximadamente \$3.694 millones de pesos colombianos. Entonces, si todo el presupuesto de cartografía se usa para elaborar mapas de los 100 municipios, este trabajo podría completarse en dos años.

Claro está que el IGAC tiene que elaborar mapas en otras escalas y otra clase de productos, y no sería posible utilizar todo el presupuesto para la elaboración de cartografía a escala 1:2000. Sin embargo, considerando que el monto del valor de la elaboración de cartografía a escala 1:2000 y el monto del presupuesto del IGAC, se concluye que con presupuesto propio, el IGAC puede elaborar la cartografía de los 100 municipios en un corto tiempo.

#### **11.5.3 Resultados del plan de transferencia tecnológica de JICA**

Como ya se mencionó en el capítulo 7, el equipo de estudio contribuyó revisando y modificando los métodos de producción del IGAC para obtener mejores resultados. Las modificaciones contribuyen a mejorar la eficiencia de la producción fotogramétrica de mapas 1:2000.

#### **11.5.4 Evaluación global de la autosostenibilidad**

Combinando todos los factores mencionados arriba, el Equipo de Estudio concluye :

(1) El IGAC cuenta con los recursos para producir los mapas digitales a escala 1:2000 y los datos básicos SIG de los 100 municipios en un lapso de tiempo razonable. En caso de encontrarse ocupados los recursos de producción del IGAC para otros proyectos de cartografía, firmas colombianas de cartografía pueden suplir la escasez de recursos.

(2) Sin embargo, el IGAC ha atravesado un proceso de modernización muy drástico en los últimos tres años, y este proceso acaba de ser completado a mediados del año 2007. Se han introducido muchos nuevos métodos. Si bien el IGAC ha adquirido las destrezas suficientes para operar cada sistema de producción, como el de cartografía digital, todavía existía incertidumbre con respecto a la combinación de todos los sistemas nuevos en una unidad de producción de cartografía digital.

Siguiendo los consejos del Equipo de Estudio, el IGAC ha comenzado a eliminar fuentes de posibles problemas para una producción fluida, tal como las fallas en la comunicación entre los diferentes grupos técnicos. Sin embargo tomará un tiempo antes de hacerse posible una evaluación completa para verificar si son eliminadas o no la mayoría de las fuentes de problemas.

(3) Además, quedan aún algunos aspectos que se deben examinar para determinar si se requieren modificaciones o mejoras.

Por ejemplo, el uso de los sistemas de coordenadas locales actualmente para la cartografía municipal, como se registró en el capítulo 8, el Equipo de Estudio sostuvo que el sistema cartesiano de coordenadas no era fácil de comprender por los usuarios ordinarios. Aunque el Equipo comprende que estos sistemas se han venido utilizando en Colombia por mucho tiempo, y que se escogió por encima de otros métodos por ofrecer algunas ventajas, el Equipo considera que vale la pena que el IGAC haga el esfuerzo de revisar de nuevo el sistema de coordenadas desde el punto de vista del fomento del uso de datos SIG. Una de las tareas más difíciles para los usuarios ordinarios de SIGs es la conversión entre sistemas de coordenadas o sistemas de proyección. Si cada municipio tiene su propio sistema de coordenadas local, se incrementan las posibilidades de confusión para el usuario normal.

Otro ejemplo de los temas que tienen potencial necesidad para revisión y mejoramiento es las



especificaciones técnicas para los objetos geográficos que se deben interpretar y trazar sobre los mapas. El IGAC ha publicado catálogos de datos pero el Equipo de Estudio considera que las definiciones de los objetos geográficos no siempre son suficientemente claras. La falta de claridad en las definiciones de los objetos geográficos es causa potencial de confusiones durante la restitución y la clasificación de campo.

(4) Combinando los anteriores argumentos, el Equipo de Estudio considera que el IGAC es autosostenible para producir mapas digitales a escala 1:2000 y datos básicos para SIG de los 100 municipios, si se asigna suficiente presupuesto. Sin embargo, serán requeridas otras revisiones y mejoras técnicas para erradicar causas potenciales de confusiones así como sistemas de coordenadas y catálogos de datos.

## **CAPÍTULO 12 COMPILACIÓN DE LO PROPUESTO AL IGAC**

A partir de la implementación del estudio, el Equipo resume sus recomendaciones al IGAC como se muestra a continuación.

### **12.1 Recursos propios y capacidad del IGAC**

#### **(1) Instrumentos y personal técnico**

A Julio de 2007, la División de Fotogrametría cuenta con un total de 21 sistemas digitales para restitución y 34 sistemas para edición. En cuanto al número de operadores, es posible para el IGAC vincular contratistas si se presentara la necesidad de incrementar la capacidad de producción. En consecuencia, el IGAC cuenta con el personal técnico en número suficiente para cartografía fotogramétrica.

En cuanto al levantamiento de puntos de fotocontrol, la División de Geodesia tiene un número suficiente de GPS's y niveles, así como operarios, para realizar los trabajos de campo.

#### **(2) Destreza operacional para sistemas de cartografía fotogramétrica**

La conversión a escala masiva de las máquinas analíticas a las máquinas digitales comenzó hace casi dos años. Para Julio de 2007, todos los operarios de las máquinas analíticas habían sido entrenados en el uso de las máquinas digitales. Por lo tanto, el IGAC no tiene inconvenientes para operar los sistemas de restitución y de edición.

#### **(3) Experiencia en cartografía fotogramétrica**

El IGAC tiene suficiente experiencia en aerotriangulación, fotocontrol, clasificación de campo, restitución y edición.

#### **(4) Capacidad para producir datos básicos para SIG**

Desde 2005 el IGAC se encontraba estudiando el uso de ArcGIS para edición cartográfica, y en 2006 se anunció un nuevo modelo de datos. Aunque el Equipo de Estudio y el IGAC tuvieron una serie de discusiones sobre la definición y el contenido de datos básicos para SIG, el Equipo considera que el IGAC tiene la capacidad para producir los datos geográficos para SIG desde los datos de cartografía topográfica.

### **12.2 Evaluación de la autosostenibilidad**

(1) El IGAC tiene suficientes recursos para producir los mapas a escala 1:2000 y datos

geográficos básicos de los 100 municipios en un lapso de tiempo razonable. En caso de encontrarse ocupados los recursos técnicos del IGAC en otros proyectos de cartografía, las firmas colombianas de cartografía pueden completar la escasez de estos recursos.

(2) El IGAC ha atravesado por un proceso de modernización bastante drástico, y este proceso acaba de completarse. Muchos nuevos métodos han sido introducidos. Aunque el IGAC ha ganado el nivel suficiente para operar los diferentes sistemas de producción, tales como el de cartografía digital, todavía existe incertidumbre para combinar todos los nuevos sistemas en una unidad única de producción de mapas.

(3) El sistema cartesiano actual del IGAC no era fácil de comprender por muchos usuarios habituales de SIG. Aunque el Equipo de Estudio comprende las ventajas de este método sobre otros, y que este sistema ha sido usado por largo tiempo en Colombia, el Equipo considera que para la promoción del uso de los datos, valdría la pena revisar estos sistemas de coordenadas.

### **12.3 Técnica de cartografía y especificaciones del IGAC**

El Equipo de Estudio estimó que la técnica cartográfica y las especificaciones del IGAC tenían algunos problemas.

Se explicaron los contenidos de las discrepancias, y se dieron los siguientes consejos por parte del Equipo:

#### **(1) Modelos incompletos**

Alguna de las fotos que cubrían superficies de agua en Cartagena y Santa Marta no pudieron ser correlacionadas. En otras palabras, existían varios modelos incompletos. Por ejemplo, bancos de arena en Cartagena no estaban cubiertos por una línea única. Para estos “modelos incompletos”, la elevación se estimó a partir de la elevación de tierra firme cercana.

Aunque se hiciera esta estimación, el Equipo de Estudio pensó que el IGAC no tenía casi ninguna experiencia en cartografía a escala 1:2000 en zonas costeras, por lo cual se guió al IGAC para el método de fotografía futuro.

#### **(2) Reglas de numeración de la fotografía**

Se encontró que los números de las fotos generadas automáticamente por la cámara aérea, la numeración de los puntos del GPS aéreos, y los números de archivo de las aerofotos digitalizadas, no estaban relacionados. Esto causó bastante confusión durante los trabajos

preparatorios para la aerotriangulación. Se recomienda revisar las reglas de numeración o al menos crear una tabla relacional.

### (3) Posición de las líneas transversales

El IGAC hizo vuelos transversales conectando las líneas de vuelo. Sin embargo, estas líneas en sentido perpendicular no se planearon pensando en reducir la cantidad de puntos de control terrestre.

Se explicó el propósito de las líneas transversales, y su correspondencia para futuros planes de fotografía.

### (4) Calidad de las imágenes de las aerofotos

#### 1) Explicación del problema

El tono de color en algunas de las imágenes digitales creadas por el IGAC no era continuo.

- Agrandando la imagen hasta el nivel del píxel, se encontró que el tono no era continuo entre píxeles vecinos.
- En áreas en donde el tono del color debería ser constante, como en techos de edificios, o en superficies de vías, el color variaba aleatoriamente entre píxeles vecinos.

#### 2) Inspección del proceso de escaneo del IGAC

No se recomienda en general manipular la resolución de las imágenes por métodos de interpolación. Después de algunos experimentos, se encontró que no era posible obtener la mejor calidad de imagen si la velocidad de escaneo era la máxima. El Equipo de Estudio JICA recomendó buscar el ajuste adecuado, buscando un compromiso entre calidad y tiempo de escaneo.

## **12.4 Mejoramiento de las habilidades tecnológicas del personal**

### (1) Manejo del mapa topográfico y de la base de datos geográfica

Uno de los requerimientos de los municipios es el de solucionar la necesidad de mapas actualizados, puesto que su carencia es inconveniente para propósitos de realizar planeación.

Cuando los datos de las tres ciudades estén terminados, el IGAC proveerá a cada una de ellas una copia de los datos. Estos datos serán utilizados en varios escenarios. Sin embargo, la actualización de los datos será un gran problema en el futuro. Se recomienda la utilización de personal en las Direcciones Territoriales para llevar a cabo la actualización de datos.

### (2) Entrenamiento al IGAC regional

El IGAC es una organización nacional de levantamiento y cartografía en Colombia y un instituto geográfico líder en Centro y Sur América.

Varios cursos en topografía, fotogramétrica, percepción remota y cartografía, están disponibles en el CIAF para personal del IGAC. Sin embargo, estas oportunidades no están disponibles completamente para el personal de las Direcciones Territoriales. Aunque la oficina central envía personal técnico como instructores a las oficinas locales, estas desearían programas de entrenamiento más frecuentes o de mayor duración.

Aunque actualmente su participación en la producción de mapas topográficos es limitada, el IGAC intenta entrenar personal en levantamientos topográficos. Por esto, es importante pensar en la capacitación en este campo de manera positiva.

### **12.5 Revisión del proceso de producción del IGAC**

(1) Revisión del proceso de producción y de las especificaciones, desde un punto de vista externo al IGAC

El IGAC es una entidad con más de 70 años de historia. Por esta razón, algunos de los procesos han cambiado y no se han hecho las revisiones necesarias. El Equipo de Estudio JICA pudo revisar las especificaciones desde un punto de vista diferente al del IGAC, e hizo un informe de sus observaciones.

El Equipo de Estudio piensa que aún es necesario incrementar las ocasiones para intercambiar información entre las diferentes secciones, para poder manejar la producción en masa en el futuro.

También, es necesario introducir una persona encargada de manejar y supervisar el proceso completo.

(2) Recomendaciones al IGAC

- Aerotriangulación y cartografía digital

Los operarios del IGAC no tienen problemas con la producción de cartografía. En cuanto a la aerotriangulación, se verificó que el IGAC está en capacidad de hacer aerotriangulación usando las funciones de correlación automática del software. Se enseñó entonces a personal del IGAC un método para hacer aerotriangulación con correlación manual, para los casos en que la correlación automática fuera difícil.

- El sistema de coordenadas empleado por el IGAC  
Casi el total de los 1099 municipios tienen su propio origen de coordenadas. Como resultado, el sistema de coordenadas en Colombia tiene los siguientes inconvenientes:

- 1) Los usuarios normales de información geográfica podrían confundirse si existe más de un sistema de coordenadas para un área.
- 2) Los fabricantes de software GIS dudarían en crear un software para conversión e ignoran si el IGAC tiene algún plan para distribuir un software para conversión al público general.
- 3) En un futuro, la red de puntos de control será establecida por varios municipios. Si las coordenadas varían por un corto tiempo debido al movimiento del origen, el manejo de los datos topográficos será muy complicado.

Uno de los propósitos de crear datos geográficos y de usar SIG, es el de compartir información geográfica usando un único sistema de coordenadas. La existencia de múltiples sistemas de coordenadas en áreas pequeñas hace muy difícil el uso de información geográfica.

- 4) Los valores de coordenadas de los orígenes de los sistemas locales son iguales a los de las coordenadas de los orígenes de los mapas a pequeña escala. Los valores de coordenadas son idénticas entre los sistemas locales únicamente para sus puntos de origen, este sistema puede ser confuso para los usuarios, debido a que no es fácil determinar el tipo de sistema de coordenadas únicamente examinando sus valores.

## **12.6 Verificar las especificaciones del IGAC**

Los levantamientos en campo se llevaron a cabo siguiendo las especificaciones del IGAC, sin seguir las técnicas del Japón. Por esta razón el Equipo de Estudio debió confirmar las especificaciones en detalle. Con el resultado, el Equipo de Estudio pudo identificar un punto para ser examinado. Era muy importante explicar este punto a las personas del IGAC.

### **(1) Catálogo de datos**

El IGAC ha publicado varios catálogos de objetos geográficos

Existen las siguientes dos especificaciones técnicas del IGAC, usadas para la contratación de firmas privadas locales.

Anexo No.6	Modelo de datos
Anexo No.7	Simbología

Los ítems señalados durante la clasificación de campo fueron listados de acuerdo a las reglas del modelo de datos del Anexo 6. Sin embargo, algunos objetos geográficos no están cubiertos por dicho modelo. También la simbolización cartográfica se especifica en el Anexo 7, pero algunos de sus ítems no tienen correspondencia en el modelo 6. Además, se encontró que algunas de las reglas para la clasificación de objetos del Anexo 6 no eran muy lógicas.

Es comprensible que existan esta clase de confusiones, dado que el IGAC se encuentra en el proceso de construir su modelo de datos. Se recomienda revisar la estructura del modelo y también hacer que el modelo y los símbolos cartográficos sean consistentes entre sí.

### **12.7 Proposición de una nueva técnica para clasificación de campo realizada por el IGAC**

El IGAC se encuentra en transición del método analógico al digital por lo cual está en disposición de introducir en forma positiva tecnologías que sean útiles en el futuro.

La introducción de RECON y el uso de la ortofotografía es un ejemplo concreto, y se considera un aspecto importante que se debe conectar a la producción masiva para la cual el IGAC no tiene mucha experiencia.

#### **(1) Uso del dispositivo de captura de datos (RECON) con GPS**

El IGAC propuso utilizar un dispositivo de captura de datos conectado a GPS en la clasificación de campo. Sus ventajas y desventajas pudieron ser aclaradas durante el trabajo de campo, que deben ser tenidas en cuenta en la elaboración de futuros planes de trabajo.

Una ventaja del dispositivo es que las coordenadas y la información textual es almacenada en formato digital, con lo cual puede transferirse al sistema para la digitalización.

Una desventaja es que el sistema no soporta proyecciones cartesianas. Además, dado que el GPS instalado registra posiciones por el método de posicionamiento simple, la exactitud no es muy alta.

Considerando estos aspectos, el Equipo de Estudio recomienda utilizar los dispositivos de la siguiente manera:

- Trabajos en los que el uso es adecuado: Censo nacional, en el cual la cantidad de datos a recolectar es alta y cada edificio u hogar debe ser visitado
- El dispositivo de captura no es el adecuado para identificar y trazar ítems que no son claramente visibles en las aerofotos.

## **CAPÍTULO 13 RECOMENDACIONES PARA EL USO Y APLICACIÓN DE LOS DATOS DIGITALES CREADOS POR EL PROYECTO**

### **13.1 Rol del IGAC en el uso de SIG**

El rol potencial de los datos creados en este proyecto es el de ser usados para la actualización de los POT. Sin embargo, los datos necesitan ser mantenidos después de haber sido creados. El IGAC debe actuar más como líder en la distribución de información.

#### **(1) Conceptualización de algunas tareas**

La conceptualización de algunas de las tareas se documenta a continuación:

1) El IGAC debe ser responsable de coordinar, integrar, y monitorear las actividades de SIG de Colombia.

2) El IGAC debe proveer asistencia técnica y entrenamiento en las diferentes etapas de proyectos usando SIG, y también actuar como centro de información.

3) El IGAC debe jugar un rol central en aconsejar al Gobierno y los Municipios en aspectos relacionados con políticas de la información geográfica, tales como estándares, formatos de intercambio, precios de los datos, unidades encargadas de recolectar datos, y aspectos legales.

4) Mientras los municipios adquieren la capacidad de realizar los trabajos por sí mismos, el IGAC debe hacerse cargo de la actualización e integración de los datos digitales.

#### **5) Proveer estándares funcionales y guías para:**

- Protocolos para adquisición de datos y levantamientos
- Validación de datos
- Documentación y aseguramiento de la calidad
- Análisis y modelamiento
- Desarrollo de informes y productos
- Auditorías de datos

La Figura 13-1 muestra un tipo de usuario de SIG y el rol del IGAC como proveedor de datos.



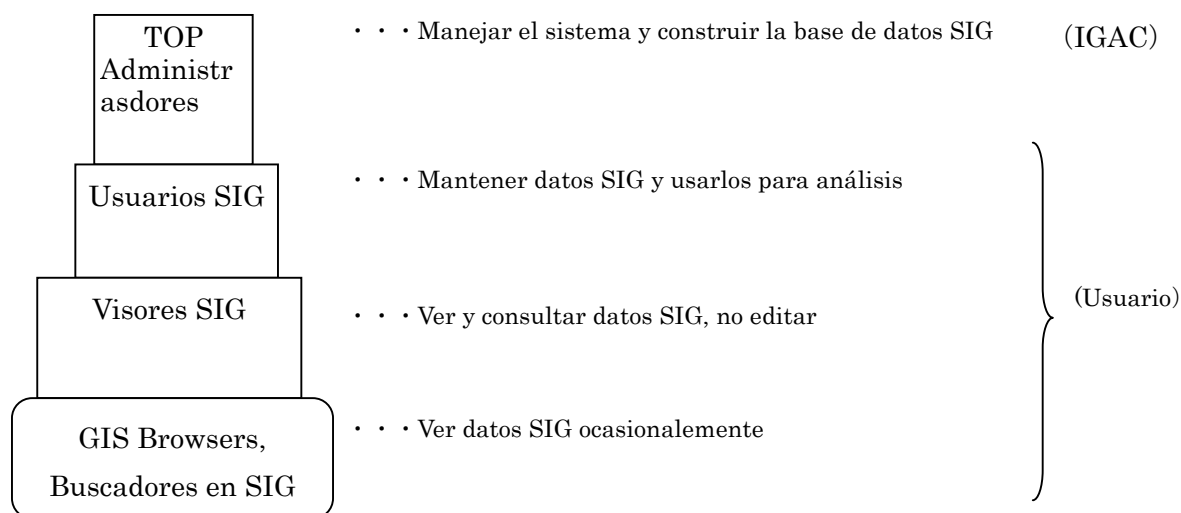


Figura 13-1 Tipos de usuarios SIG y sus roles

(2) Entrenamiento especialmente para propósito cartográfico

- Entrenan los usuarios de SIG
- Entrenamiento para personal operador (mantenimiento de datos para análisis)
- Entrenamiento para visores de SIG
- Entrenamiento para Browsers (para adquirir conocimientos básicos de SIG)

**13.2 Usuario de la base de datos de SIG**

Los datos básicos de SIG proveen datos geográficos precisos y confiables que pueden ser usados como estándar para superponer más de un tipo de datos espaciales, tales como carreteras, ríos, y edificios.

Muchos usuarios utilizan los datos básicos existentes del IGAC, y si se requiere, añaden otro tipo de datos para su actual uso. Por ello, es importante la confiabilidad de la base de datos de SIG. Actualmente existen los siguientes usuarios de SIG en Bogotá (Tabla 13-1).

Tabla 13-1 Usuario de la base de datos de SIG

No	Name	Comments	Jurisdiction
1	DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística	Statistical data producer	National
2	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Ministry of the Environment, Housing and territorial development	National
3	ECOGAS – Empresa Colombiana de Gas	Gas company	National
4	IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Institute for hidrology, meteorology and environmental studies	National
5	DNP – Departamento Nacional de Planeación	National Planning Department	National
6	Bogota Municipality – Alcaldía de Bogota	(*) In general, institutions of Bogota do not use IGAC– produced data for their tasks.	Local (Bogota)
6.1	DAPD Departamento Administrativo de Planeacion Distrital	Planning Office	Local (Bogota)
6.2	IDRD Instituto Distrital de Recreacion y Deporte	Recreation – Sports	Local (Bogota)
6.3	IDU Instituto de desarrollo urbano	Urban development	Local (Bogota)
6.4	DACD Departamento Administrativo del Catastro Distrital	Cadaster	Local (Bogota)
6.5	CVP– Caja de vivienda popular	Popular Housing	Local (Bogota)
6.6	DABS– Departamento Administrativo de bienestar social del distrito	Social welfare	Local (Bogota)
6.7	DADEP – Departamento administrativo defensoria de espacio publico	Public spaces	Local (Bogota)
6.8	DAMA – Departamento administrativo del Medio Ambiente	Environment	Local (Bogota)
6.9	Empresa de renovacion urbana	Urban renewal	Local (Bogota)
6.10	ETB – Empresa de telecomunicaciones de Bogota	Telecommunicacions	Local (Bogota)
6.11	BSH – Bogota sin hambre		Local (Bogota)
6.12	Canal Capital	Television channel	Local (Bogota)
6.13	FAVIDI – Fondo de ahorro y vivienda distrital	Housing fund	Local (Bogota)
6.14	DPAE - Departamento Administrativo La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogota	Emergencies prevention & attention	Local (Bogota)
6.15	Metrovivienda	Social housing	Local (Bogota)
6.16	Secretaria de educacion	Secretary of Education	Local (Bogota)
6.17	Secretaria de hacienda	Secretary of	Local (Bogota)
6.18	Secreatria de gobierno	Secretary of government	Local (Bogota)
6.19	Secretaria de obras	Secretary of public infrastructure	Local (Bogota)
6.20	Secretaria de salud	Secretary of health	Local (Bogota)
6.21	Secretaria de transito y transporte	Secretary of transportation	Local (Bogota)
6.22	Transmilenio	Transmilenio Transportation system	Local (Bogota)
6.23	Empresa de Acueducto de Bogota	Aqueduct	Local (Bogota)
7	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	Cundinamarca environmental regional office	Regional (Cundinamarca)

### 13.3 Uso específico de los datos SIG

#### (1) Preparación de los datos básicos y datos especiales

El Equipo de Estudio asumió que existen dos tipos de datos requeridos por el proyecto. Por un lado, los datos espaciales, que son un tipo de datos básicos para SIG comúnmente necesarios para la formulación de varios proyectos, y por otro lado, otros tipos de datos específicos de varios proyectos (Tabla 13-2).

Tabla 13-2 Uso específico de los datos SIG

		Construcción de Vías	Agricultura	Industria	Pesca	Vivienda	Turismo	Desastres	Conservación ambiental
Datos espaciales	Vía, vía férrea	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Línea costera	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>
	Cuerpos de agua (ríos, lagos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Objetos geográficos (elevación, curvas de nivel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>			
	Puntos de control	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	Vegetación						<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
	Equipamientos públicos					<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	Nombres de lugares						<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Otros	Uso del suelo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Suelo		<input type="radio"/>						
	Geología	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	
	Historial de desastres	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

(2) Uso de datos SIG acordes a un propósito

La base de datos geográficos creada cubre todos los contenidos listados como “datos espaciales”. Sin embargo, otra información listada arriba, como uso del suelo, suelos, geología, historial de desastres, etc., listadas como “otros”, será recolectada cuando se requiera.

Tabla 13-3 Muestra los datos organizados para proyectos principales

Tabla 13-3 Uso de datos SIG

Campo	Resumen	Datos a utilizar
Planeación urbana	Decisiones de planeación urbana, control de planes urbanos	Vías, Ríos, Perímetros (límites administrativos), curvas de nivel, puntos de control, uso del suelo, equipamientos educativos
Manejo de instalaciones	Manejo de alcantarillados Transmisión de energía	Canales de drenaje, ductos, plantas de agua potable,

		bombas, información de los beneficiarios
Manejo de terreno	Manejo de la propiedad, evaluación de impuesto a la propiedad	Números prediales, vivienda, clasificación del suelo, estructura.
Administración de recursos	Agricultura, Manejo agrícola, diagnóstico del suelo Recursos subterráneos (agua, otros, etc)	Áreas, vocación agrícola del suelo, pendientes, geología.

Planeación Urbana: En la información necesaria para la toma de decisiones para planeación urbana, el control de planes urbanos, el soporte a la planeación urbana, se incluyen ríos, perímetros, etc. También se requiere información estadística y demográfica.

Manejo de instalaciones: Requiere recolectar mucha información y tiempos considerables para construir los datos. Especialmente en el caso de las redes de tuberías, los datos son una gran clave del éxito y requieren una enorme cantidad de trabajo.

Manejo catastral: El IGAC ya utiliza datos digitales para el catastro. Para preparar estos datos son necesarios los levantamientos en campo. También se requiere de los límites de la tierra y de los datos de propietarios como anotaciones. Para esto, la información a escala 1:2000 es adecuada para indicar cada vivienda definidamente.

Manejo de Recursos: Para los proyectos agrícolas la cartografía 1:2000 es adecuada para indicar cultivos. Los atributos de propiedad del suelo deben añadirse como anotación.

## **CAPÍTULO 14 CONCLUSIÓN**

El estudio se implementó a partir de julio de 2005, cuando el Equipo de Estudio de JICA inició su trabajo preparatorio, en Japón. El estudio se termina en diciembre de 2007, cuando el Equipo de Estudio entregó los resultados finales a la oficina de JICA en Tokio.

Se planearon e implementaron por parte del IGAC la toma de fotografías aéreas, el escaneo, el levantamiento de puntos de fotocontrol, y la clasificación de campo, para los cuales el Equipo de Estudio de JICA intervino haciendo varias recomendaciones.

Puesto que el personal del IGAC tenía ya los conocimientos necesarios para operar los instrumentos de cartografía digital, la transferencia tecnológica se hizo principalmente a través de discusiones técnicas, más que dando instrucciones sobre la operación de los instrumentos. Se llevaron a cabo una serie de discusiones para investigar problemas en el proceso de producción actual, y para intercambiar opiniones sobre las técnicas de producción. Estas discusiones están orientadas a fortalecer la capacidad de producción del IGAC.

La producción de la cartografía digital a escala 1:2000 está siendo manejada por la oficina central del IGAC. Si las Direcciones Territoriales pudiesen hacerse cargo de alguna parte del trabajo de campo que actualmente realiza la oficina central, sería posible ahorrar costos y sería además altamente beneficioso para los trabajos de cartografía futuros. Pero actualmente el rol de las personas en las Direcciones Territoriales es el de manejar y actualizar la información catastral. Por esto, la mayoría de las Direcciones Territoriales no tienen experiencia en cartografía fotogramétrica. Para involucrar activamente al personal de las Territoriales en el proceso de producir los mapas topográficos, se requerirán entrenamiento y educación en estos temas.

El presupuesto para la producción de cartografía en 2007 es principalmente para mapas a escala 1:25000, más que para mapas a escala 1:2000. Sin embargo, el Equipo de Estudio JICA estima que el IGAC es básicamente auto sostenible para producir la cartografía de los 100 municipios. Si los recursos del IGAC se encuentran ocupados en la producción de mapas a escala 1:25000, las firmas colombianas de cartografía pueden suplir esta escasez de recursos.

Finalmente, el Equipo de Estudio desea expresar su sincero aprecio por el gran apoyo y cooperación brindados durante el período de implementación del estudio, por el Director del IGAC, los interlocutores en el IGAC, la Embajada del Japón en Bogotá, y la Oficina de JICA Colombia.

## Apéndice 1

ALCANCE TRABAJO CORRESPONDIENTE AL ESTUDIO PARA LA ELABORACIÓN  
DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LAS PRINCIPALES CIUDADES EN LA  
COSTA ATLÁNTICA EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

## Apéndice 2

MINUTA DE DISCUSIONES SOBRE EL INFORME INICIAL DEL ESTUDIO PARA LA  
ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LAS PRINCIPALES  
CIUDADES EN LA COSTA ATLÁNTICA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

(8<sup>th</sup> septiembre de 2005)

Apéndice 3

ACTA DE REUNIONES SOBRE ESPECIFICACIONES DEL ESTUDIO PARA LA  
ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LAS PRINCIPALES  
CIUDADES EN LA COSTA ATLÁNTICA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

(13 de febrero de 2006)



Apéndice 4

ACTA DE REUNIONES SOBRE EL INTERMEDIO DEL ESTUDIO PARA LA  
ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LAS PRINCIPALES  
CIUDADES EN LA COSTA ATLÁNTICA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (19 de  
julio de 2006)

## Apéndice 5

ACTA DE REUNIONES SOBRE EL BORRADOR DEL INFORME FINAL DEL ESTUDIO  
PARA LA ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LAS  
PRINCIPALES CIUDADES EN LA COSTA ATLÁNTICA DE LA REPÚBLICA DE  
COLOMBIA (22nd October, 2007)

## Apéndice 6

- ANEXO No.2 Clasificación de Campo
- ANEXO No.6 Modelo Unico de Datos
- ANEXO No.7 Simbología

Apéndice 7

ACTA DE REUNIÓN SOBRE ESPECIFICACIÓN DE LA BASE DE DATOS  
GEOGRÁFICOS DE LAS PRINCIPALES CIUDADES EN LA COSTA ATLÁNTICA DE LA  
REPUBLICA DE COLOMBIA (7 de November, 2006)

## Apéndice 8

ÍNDICE DE HOJAS (CARTAGENA, METROPOLITAN AREA OF BARRANQUILLA,  
SANTA MART)

Estudio para la Elaboración de la Base de Datos Geográficos de las Principales  
Ciudades en la Costa Atlántica en la República de Colombia  
Informe Final Apéndice

- Parámetros de la cámara.

#### 5.4.2 Instrumentos

- Observación de marcas fiduciales, GCPs y puntos de paso: SocetSet
- Ajuste de bloques: In-Block

#### 5.4.3 Procedimiento

El procedimiento de la aerotriangulación se muestra en la Figura 5-6

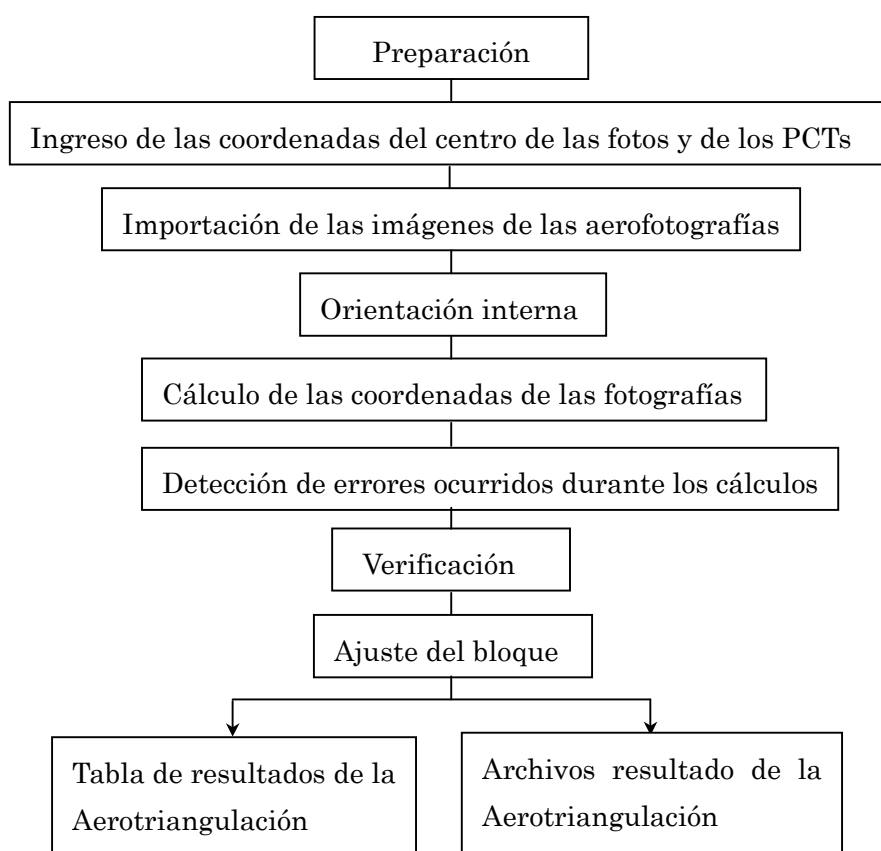


Figura 5-6 El procedimiento de la aerotriangulación

#### 5.4.4 Control de calidad

Se estableció la precisión requerida de acuerdo con las especificaciones del IGAC para la aerotriangulación, con un error de  $\pm 0.5m$  tanto en la horizontal como en la vertical para el 90% de los puntos de control.

Los resultados para las tres áreas cumplieron satisfactoriamente este requisito de precisión y se

listan a continuación:

**【Área de Cartagena】** Modelos : 198 Orientaciones : 12

Método de ajuste: Ajuste de bloque Bundle

Número de puntos de control		Número de puntos excluidos		Residuales de puntos de control				Método Bundle	
Horizontal	Elevación	Horizontal	Elevación	Horizontal (m)		Elevación(m)		Horizontal(mm)	
				SD	Max	SD	Max	SD	SD
38	38	0	0	X=0,018	0,048	0,018	0,046	X=0,005	0,024
				Y=0,015	0,039			Y=0,005	0,022

**【Área Metropolitana de Barranquilla】** Modelos : 331 Orientaciones : 17

Método de ajuste: Ajuste de bloque Bundle

Número de puntos de control		Número de puntos excluidos		Residuales de puntos de control				Método Bundle	
Horizontal	Elevación	Horizontal	Elevación	Horizontal(m)		Elevación(m)		Horizontal(mm)	
				SD	Max	SD	Max	SD	Max
41	42	0	0	X=0,233	0,554	0,191	0,469	X=0,005	0,027
				Y=0,183	0,401			Y=0,005	0,030

**【Área de Santa Marta】** Modelos : 175 Orientaciones : 11

Método de ajuste: Ajuste de bloque Bundle

Número de puntos de control		Número de puntos excluidos		Residuales de puntos de control				Método Bundle	
Horizontal	Elevación	Horizontal	Elevación	Horizontal(m)		Elevación(m)		Horizontal(mm)	
				SD	Max	SD	Max	SD	Max
26	26	0	0	X=0,253	0,646	0,291	0,628	X=0,004	0,024
				Y=0,175	0,367			Y=0,005	0,020



## **5.5 Producción de ortofoto digital**

Con las fotos utilizadas durante la verificación del área y para registrar el trabajo de identificación de campo, el Equipo de Estudio JICA produjo en Japón una ortofoto mosaico.

### **5.5.1 Generación del Modelo Digital del Terreno (DTM)**

Se generó el modelo estéreo en cuadrícula de 30 m requerido para la producción de la ortofoto.

### **5.5.2 Proyección y mosaico de ortofotos**

La ortofoto fue producida con la utilización de imágenes digitales de aerofotografías, los resultados de la aerotriangulación y el DTM, y elaborada por cada modelo. Esta ortofoto fue utilizada para determinar las áreas cartográficas producidas en el estudio, para compilar los resultados de la identificación de campo y también para verificar si los objetos geográficos necesarios son identificados.

## **5.6 Restitución**

La cartografía digital se realizó en Japón, utilizando los resultados de la clasificación de campo conducida en Colombia.

### **5.6.1 Sistemas y datos utilizados**

#### (1) Sistemas

- Zuka meijin (Desarrollado por Asia Air Survey)
- SOCCETSET (Sistemas BAE )
- Summit Evolution (INPHO)
- MicroStation V.8 (Bently)

#### (2) Datos

- Imágenes de las fotos aéreas
- Resultados de la aerotriangulación
- Descripción de los puntos de control de campo

#### (3) Materiales de referencia

- Archivo de anotaciones CAD
- Estilos y símbolos del IGAC (Versión 2.0)

### **5.6.2 Resultados**

Los resultados se entregaron en el formato DGN de MicroStation.

### **5.6.3 Identificación de ítems no claros**

Fueron listados los siguientes ítems con el fin de elaborar materiales a usar en la identificación de campo:

- Ítems difíciles de identificar sobre imágenes de aerofotografías durante el proceso de cartografía digital.
- Objetos geográficos que no son definidos por los estilos y símbolos del IGAC

## **5.7 Clasificación de campo**

La clasificación de campo se llevó a cabo en tres etapas:

- Confirmación de las especificaciones del IGAC y sus métodos
- Investigación de inventario
- Clasificación de campo

### **5.7.1 Confirmación de las especificaciones del IGAC y sus métodos**

(1) Especificaciones

Existen tres especificaciones del IGAC para la clasificación de campo:

Anexo 2: Clasificación de campo (Apéndice 6)

Anexo 6: Modelo Único de datos (Apéndice 6)

Anexo 7: Símbolos (Apéndice 6)

El Equipo de Estudio estuvo de acuerdo en seguir las especificaciones del anexo 2, al encontrarse algunas inconsistencias entre los varios documentos del IGAC. Se le adicionaron dos modificaciones, a saber: el uso de la ortofoto y el uso de los receptores GPS.

1) Clasificación de campo con el uso de ortofotos

Normalmente se utilizan fotos aéreas ampliadas en la clasificación de campo. Esto conlleva a que se puedan omitir objetos situados hacia los bordes de la foto. Una solución será reducir la cantidad de fotos, para lo cual el Equipo de Estudio utilizó ortofotos conjuntamente ensambladas para cubrir la misma área de cada plancha.

2) Uso de dispositivos Recon de captura de datos con GPS

Una gran parte del trabajo de clasificación de campo es la producción de anotaciones, por lo cual el Equipo de Estudio aceptó la propuesta del IGAC de utilizar dispositivos móviles de

captura. Fue diseñado por parte del IGAC y el Equipo de JICA un método para usar los dispositivos. Se verificaron la configuración del sistema de coordenadas, el uso de la función GPS y los datos recolectados. También se ejecutó el entrenamiento.

## (2) Procedimiento

El método estándar del IGAC para la clasificación de campo se resume a continuación:

### 1) Trabajo preparatorio

Primero se trazan los límites del área de levantamiento sobre aerofotos. Luego se marcan los objetos geográficos a verificar en el campo. Este proceso se llama ILUMINACIÓN. Los objetos geográficos marcados serán drenajes, carreteras, vías férreas, equipamientos (escuelas, hospitales, iglesias y sitios de interés). También se dibujan las anotaciones recolectadas desde la información existente. Las aerofotografías del número impar son usadas para el trabajo de ILUMINACIÓN. Las fotos del número par son utilizadas en campo.

### 2) Trabajo de campo

#### Levantamiento de objetos geográficos

Se verifican en campo los objetos iluminados y los resultados de la verificación se describen sobre las fotos.

#### Levantamiento de anotaciones

Los nombres de vías y carreteras se verifican con las señales de carretera en campo. En el caso de las escuelas, se omiten edificios que tienen otros usos adicionales. Se crean anotaciones para todos los elementos naturales como cuerpos de agua, montañas, cerros, sitios de interés y todos los objetos topográficos importantes. Las iglesias no se clasifican de acuerdo con el tipo de religión.

Se utilizan los siguientes colores en la clasificación

- Azul: Cuerpos de agua
- Verde: Vegetación
- Rojo: Notas descriptivas
- Morado: Edificios abandonados o edificios sin paredes
- Negro: Nombres

En la Figura 5-7 se muestra el flujo de trabajo de la clasificación de campo.

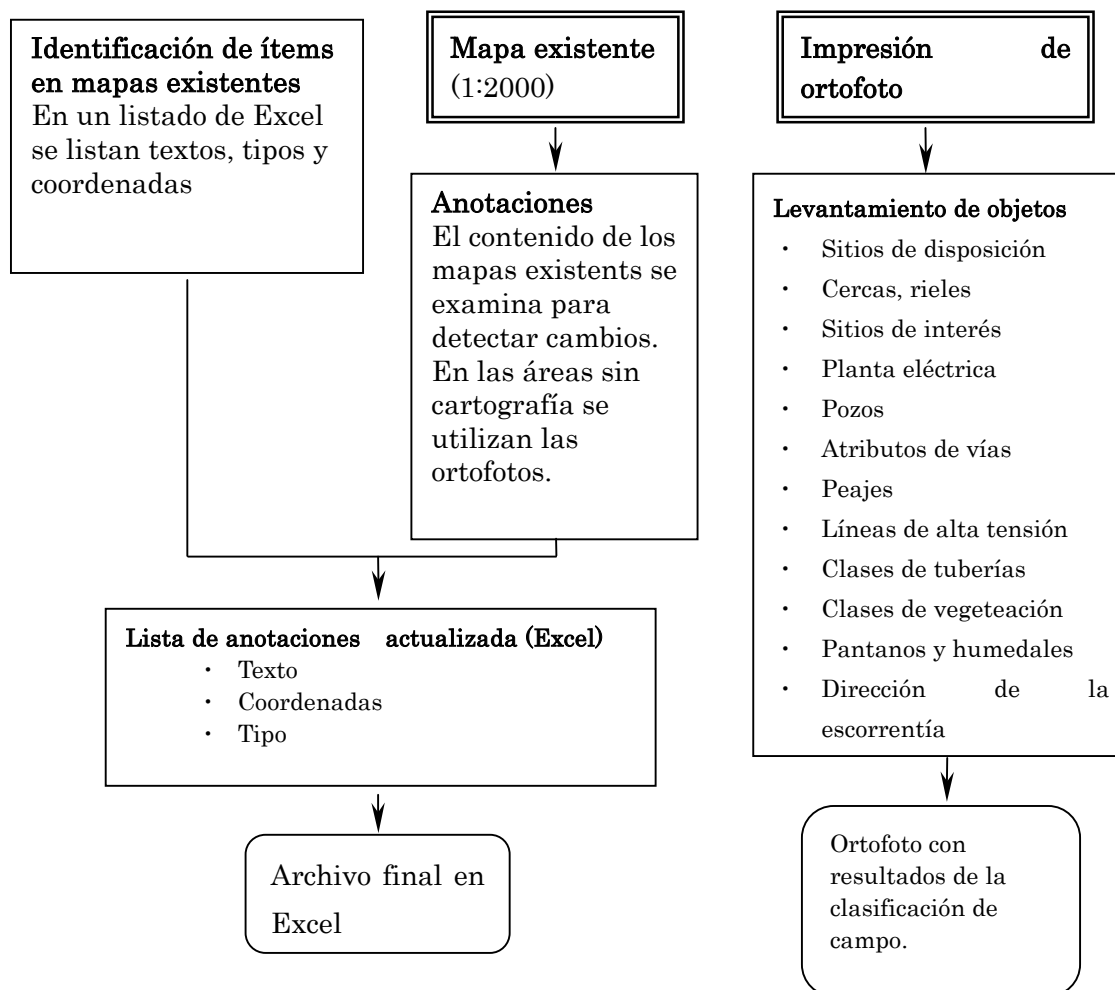


Figura 5-7 Procedimiento de la clasificación de campo

### 3) Materiales suministrados

Muestra del listado de topónimos.

#### 5.7.2 Inventario de levantamientos

Se recopiló la siguiente información, con la cual se pudo estimar el volumen de trabajo de campo:

- Mapas y datos estadísticos existentes
- Nombres y límites de áreas administrativas
- Nombre y tipos de vías y ríos
- Nombre y tipo de edificios públicos y edificios importantes
- Otras informaciones relevantes

### 5.7.3 Trabajo de campo

El trabajo de clasificación en campo fue hecho por el personal del IGAC. Se usaron códigos numéricos para indicarle al personal japonés de edición el tipo de los objetos geográficos identificados en el campo. Se acordó que el IGAC produciría completamente las anotaciones, para ser usadas directamente por el Equipo de JICA.

El procedimiento del trabajo de campo se muestra en la Figura 5-7.

#### (1) Inspección

El Equipo de Estudio JICA examinó las ortofotos con los resultados del trabajo de campo para detectar posibles necesidades de modificar o mejorar el método de levantamiento de información. Los datos capturados con los dispositivos móviles Recon se descargaron a computadores personales, y su exactitud posicional fue verificada por el Equipo JICA. La calidad mejoró rápidamente durante el proceso.

#### (2) Recopilación de datos

Las anotaciones recopiladas se convirtieron a formato shapefile, y observadas se pasaron a unapantalla para hacer correcciones. Para el área en donde Recon no fue utilizado, las localizaciones de puntos de anotación marcados sobre ortofotos fueron digitalizadas y compiladas en formato Shape File .

#### (3) Productos

Los resultados de la clasificación de campo de cada municipio se resumen como sigue (Tabla 5-3):

Table 5-3 Productos(Barranquilla, Cartagena, Santa Marta)

Producto	Barranquilla	Cartagena	Santa Marta
Ortofoto con trabajo de campo	196 planchas	120 planchas	103 planchas
Anotaciones (Shape file)	196 archivos	120 archivos	103 archivos

## 5.8 Edición

Se editaron los datos cartográficos originales de acuerdo a las reglas de símbolos cartográficos.

### 5.8.1 Sistemas y datos

(1) Sistema utilizado: Microstation J

(2) Datos:

- Listado de elementos geográficos
- Ortofoto con resultados de clasificación de campo
- Cartografía digital

### 5.8.2 Procedimiento de edición digital

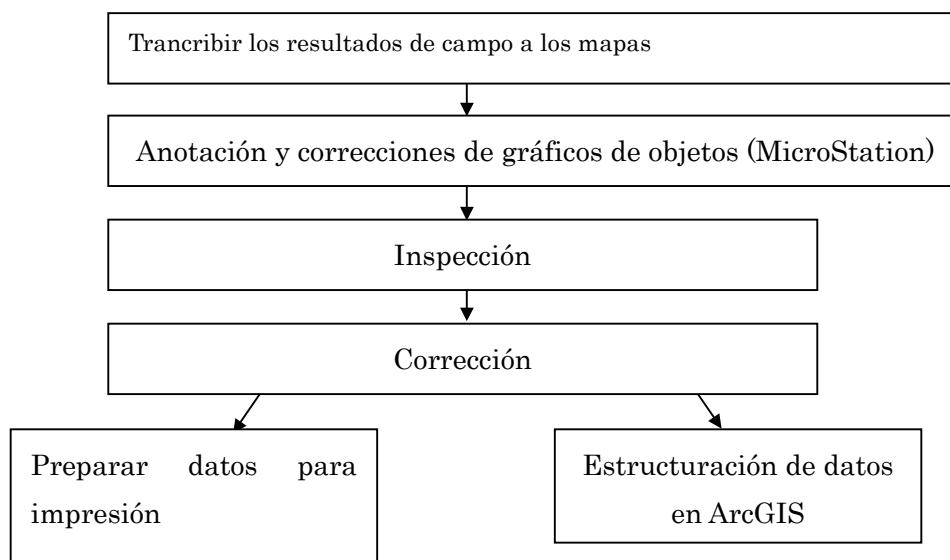


Figura 5-8 Procedimiento de edición cartográfica

### 5.8.3 Control de Calidad

Los datos editados fueron impresos en papel y se verificaron los siguientes factores.

(1) Datos completos: Todos los objetos geográficos aparecen dibujados, de acuerdo con el catálogo de objetos de cartografía.

(2) Reglas para la adquisición: Se verifica que los datos hayan sido capturados de acuerdo con las especificaciones.

(3) Exactitud posicional : se verifica que los objetos que aparecen en el mapa sean dibujados con gran exactitud.

(4) Exactitud de la clasificación: Se verifica la clasificación correcta de vías y objetos geográficos.

#### **5.8.4 Productos**

Cartografía en archivos digitales en formato MicroStation DGN.

#### **5.9 Clasificación de campo complementaria**

El IGAC no realiza la clasificación de campo complementaria. En el estudio, el Equipo de Estudio de JICA propuso al IGAC añadir este proceso como una introducción de un método japonés al IGAC. La clasificación de campo complementaria tiene como objetivo verificar los ítems que no son claros aún después del proceso de edición cartográfica. Los ítems a tratar en la clasificación complementaria se verificaron y se seleccionaron cuidadosamente por los topógrafos del IGAC, de los cuales sólo aquellos que son realmente necesarios de verificar para la cartografía a escala 1:2000 fueron verificados en el campo. Los resultados de la clasificación complementaria se trazo directamente sobre los mapas de papel y se llevaron a Japón. Con respecto a la información de anotación, el Equipo de Estudio solicitó al IGAC revisar la ortografía.

#### **5.10 Edición después de la clasificación de campo complementaria**

Como primer paso de la observación se seleccionó la localización de los puntos de control de tal manera que la distancia entre dos puntos adyacentes sea menor a 10 kilómetros. Entre los nuevos puntos de control se seleccionaron dos puntos con coordenadas para formar una línea base de la medición de triangulación independiente (en campo) para determinar las coordenadas del punto nuevo. La precisión relativa es menor a la que se obtiene del análisis de red que calcula los datos de cada punto con una precisión uniforme, sin embargo no hubo problema para satisfacer la precisión reglamentada en las normas de trabajo de puntos de control:  $H=V=$  menos de 0,25m. Además, este método permite seleccionar libremente el tiempo de observación sin preocupación, adicionalmente no es necesario que cada equipo de medición lleve a cabo la observación en el mismo tiempo y permite reducir los días requeridos para la observación. Además, con el fin de comprobar la precisión de los valores de las altitudes obtenidos con el levantamiento con GPS, se hizo una medición de revisión a partir de una nivelación directa de la diferencia de altitud hasta los puntos pinchados establecidos en lugares no muy distantes de los puntos de referencia existentes.

La segunda gran fase de edición se llevó a cabo desde octubre de 2006, utilizando los resultados del trabajo de clasificación de campo complementaria. Las tareas principales de esta fase fueron:

- Corrección de objetos geográficos y símbolos
- Corrección de objetos de la restitución que no estuvieran claros
- Corrección de información marginal que hubiera sufrido cambios

### **5.10.1 Sistemas y datos utilizados**

(1) Sistema: MicroStation J

(2) Datos

- Listado de objetos (resultados de clasificación de campo complementaria en campo)
- Resultados de la clasificación de campo complementaria en campo compilados en las ortofotos
- Cartografía digital

### **5.10.2 Control de Calidad**

Se verificó que todas las dudas hubieran sido aclaradas y hechas las correcciones necesarias. En caso de encontrarse ítems sin corregir, fueron corregidos durante la etapa de inspección.

## **5.11 Simbolización**

Después de terminada la etapa de edición digital, se crearon los mapas topográficos y se modificaron las anotaciones y topónimos para preparar los mapas para impresión.

### **5.11.1 Sistemas y datos**

- Sistemas: MicroStation
- Datos: Edited map data (datos del mapa editado)
- Especificaciones: Estilos y Símbolos (IGAC, Versión 2.0)

### **5.11.2 Control de calidad**

Después de las modificaciones para la impresión de mapas, se inspeccionaron los resultados. Los errores encontrados durante la inspección fueron enviados a restitución o edición, y corregidos.

### **5.11.3 Producto**

- Archivos para impresión de mapas en formato
- Microstation DGN y archivos de impresión en formato Adobe Portable Document (Acrobat PDF)



## **5.12 Inquietudes y soluciones**

Las inquietudes surgidas durante el proceso fueron atendidas por el Equipo de JICA, dando soluciones o recomendaciones al IGAC. Antes del final del Estudio, el IGAC hizo cambios y/o mejoras en el método de producción, o procesos para evitar dichos inconvenientes.

### **5.12.1 Modelos incompletos**

Algunas de las fotos de las áreas de Cartagena y Santa Marta situadas en áreas marinas no pudieron ser correlacionadas, dando lugar a modelos incompletos. La elevación de los cuerpos de agua en estas zonas incompletas fue estimada a partir de la elevación de las zonas terrestres vecinas.

### **5.12.2 Numeración de las fotos**

Se encontró que la numeración automática de las fotos generadas por la cámara aerotransportada no era consistente con la numeración de puntos de GPS en el vuelo y los números de archivos de las fotos digitalizadas. Se recomienda revisar las reglas de numeración o hacer alguna tabla relacional para evitar confusiones como las presentadas en la preparación de información para la aerotriangulación.

### **5.12.3 Posición de las bandas transversales**

Se hicieron líneas de vuelo transversales para conectar las líneas de vuelo principales. Sin embargo estas líneas de vuelo transversales no son planeadas para reducir el número de puntos de control.

### **5.12.4 Calidad de la imagen de las aerofotografías**

(1) Problemas encontrados

Después de iniciada la etapa de aerotriangulación en Japón, se encontraron discontinuidades en el tono de las fotografías escaneadas. El detalle de los problemas son como sigue:

- Al aumentar la imagen hasta el nivel del pixel, se encontró que el color en pixeles vecinos no era continuo
- Se encontraron variaciones aleatorias en el tono de pixeles vecinos, en lugares en donde debían ser similares, como en el caso de techos o superficies pavimentadas

Por causa de los desplazamientos o las líneas causadas por vibraciones durante el escaneo, fue difícil medir la elevación de superficies planas como techos y vías. Sin embargo se concluyó que se podría realizar la aerotriangulación y restitución con las fotografías digitalizadas por el

IGAC.

El Equipo de Estudio de JICA nunca había experimentado antes el problema de discontinuidad de tono. Por esta razón, el Equipo elaboró datos escaneados en Japón desde la película negativa usando el mismo tipo de Escaner Vexcel. El resultado fue satisfactorio, como se muestra en la Figura 5-9.



Figura 5-9 Imagen escaneada por el IGAC e imagen escaneada por el Equipo de JICA en Japón

El Equipo de Estudio concluyó que cierta irregularidad debió haber ocurrido durante el proceso de escaneo de películas en el IGAC y decidió verificar el proceso de escaneo en el IGAC.

#### (2) Inspección del proceso de escaneo en el IGAC

Durante enero y febrero de 2006 cuando el Equipo de Estudio estaba en Colombia, el Equipo verificó el proceso de escaneo de películas del IGAC, cuyo resultado se describe a continuación (Figura 5-10):

- El personal del IGAC no recibió el entrenamiento suficiente para utilizar el Vexcel UltraScan 5000 introducido por la UE
- Otras aerofotografías escaneadas para otros proyectos presentaban los mismos problemas

Después de observar el método de escaneo, e descubio que el operador del IGAC pone la

velocidad de escaneo al nivel máximo y también pone como ON al modo de manipulación de resolución de imagen.

Usualmente no es recomendable manipular la resolución de imagen en el método de interpretación pero nadie en JICA lo conocía. También después de hacer cierto experimento, se confirmo que una mejor calidad de imagen no podía obtenerse si la velocidad de escaneo erapuesta al máximo nivel. El Equipo de Estudio de JICA aconsejó al operador del IGAC encontrar el nivel de velocidad más apropiado de escaneo, considerando la calidad de imagen y el tiempo de escaneo.

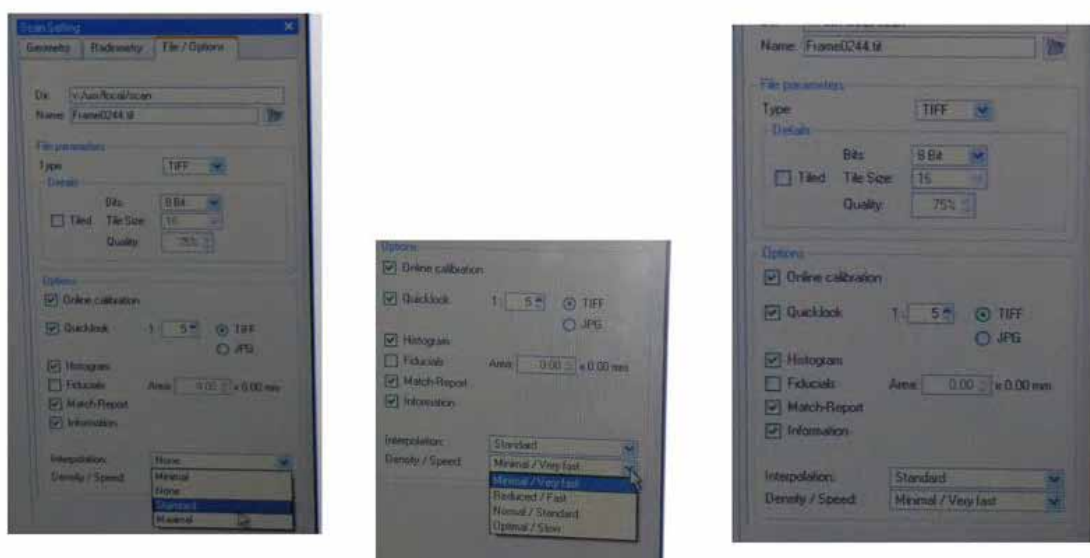


Figura 5-10 Configuración del escaner

## **CAPÍTULO 6 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS CONSEGUIDOS POR JICA**

JICA donó al IGAC los siguientes instrumentos y equipos con su respectivo software necesarios para la transferencia tecnológica:

- Software para aerotriangulación
- Software de restitución cartográfica digital
- Software de edición digital
- Software Sistema para estructurar datos (GIS)
- Equipos de red
- Impresora
- Plotter

### **6.1 Proceso de adquisición**

La oficina de JICA Colombia se encargó de los equipos y software. El Equipo de Estudio preparó un documento borrador de especificaciones técnicas para los instrumentos y equipos. La preparación de este documento se hizo en tres etapas:

- Se investigó el plan de modernización del Instituto y los equipos existentes
- Estudio de precios, tipo de compra y posibilidad de mantenimiento de los sistemas y equipos candidatos
- Preparación de las especificaciones finales

#### **6.1.1 Investigación de equipos del IGAC**

Se hizo el inventario de equipos de fotogrametría y se encontró que:

- El IGAC cuenta con más de un tipo de sistemas de cartografía fotogramétrica
- En el año 2005, el IGAC todavía estaba en proceso de análisis de diferentes tipos del sistema de cartografía fotogramétrica y no había llegado a ninguna conclusión en cuanto a la selección de un sistema particular

Después de la investigación, el Equipo de Estudio decidió emplear los siguientes criterios para determinar las especificaciones y hacer la adquisición :

(1) Para realizar la transferencia de tecnología en un tiempo muy limitado, se tenía que minimizar el tiempo requerido para conocer cual es la destreza básica operacional de un software. Por esta razón, el software seleccionado tenía ser igual a uno de los que ya estuvieran instalados en el IGAC.

(2) Los equipos y software a ser adquiridos deberían ser los adecuados no sólo para la transferencia de tecnología sino también para la producción actual de mapas y datos SIG en el IGAC.

### **6.1.2 Estudio de precios y disponibilidad de servicio técnico**

El Equipo de Estudio de JICA preparó un listado preliminar de software y equipos que podían satisfacer el criterio de selección. Luego, se recolectaron los datos sobre agentes de venta, precios y disponibilidad de servicio técnico de mantenimiento en Colombia.

### **6.1.3 Preparación del borrador de especificaciones para el IGAC**

El Equipo de Estudio consultó al IGAC sobre los sistemas a seleccionar. Sin embargo, el Instituto todavía estaba en proceso de evaluar los diferentes paquetes de software para la producción de cartografía, por lo cual el Equipo de JICA se abstuvo de especificar ningún sistema en particular, a excepción de pequeñas partes del sistema.

Las marcas de software que el Equipo de Estudio especificó, y las razones para su selección, se explican a continuación:

#### (1) Software CAD: Bentley MicroStation

- Bentley MicroStation es uno de los sistemas CAD (software) comunmente más usados en la industria de cartografía fotogramétrica. Todos los sistemas de cartografía digital fotogramétrica que el Equipo de Estudio puso en el listado como candidatos utilizan Microstation como software CAD para trazar o editar datos vectoriales.
- El IGAC también está utilizando Microstation para editar mapas y los cartógrafos del IGAC están familiares con este software.

#### (2) Software de procesador de palabras, hoja de calculo, Base de datos y Presentation de Microsoft Office Office Professional Edition.

- Ampliamente usado en Colombia y por las contrapartes del IGAC

#### (3) Software para edición y visualización de imágenes raster : Adobe Photoshop CS 2 .

- Ampliamente usado en el IGAC

#### (4) Software para editar y visualizar archivos grandes de gráficos pesados (software para dibujo) : Adobe Illustrator CS.

- Ampliamente usado en el IGAC

(5) Software GIS: ESRI ArcInfo versión .9.

- Ampliamente usado en el IGAC, e introducir otros tipos de software podría causar mucha confusión.

El Equipo de Estudio de JICA elaboró un documento borrador de especificaciones y lo suministró a JICA. El Equipo agregó una nota en el documento borrador de especificaciones, diciendo que en cuanto a aerotriangulación y sistema de cartografía digital, los equipos(hardware) y el software deben ser adquiridos desde uno proveedor, si no, el sistema no puede funcionar correctamente.

## 6.2 Sistemas y equipos adquiridos

Como resultado de la adquisición de la oficina de JICA en Colombia, se obtuvieron los siguientes sistemas y instrumentos que fueron instalados en el IGAC.

✧ 1 Sistema para aerotriangulación:

- LPS Stereo
- LPS Core
- LPS ATE
- LPS TE
- ORIMA TE GPS for LPS
- Hardware HP Workstation XW6200

✧ 1 Sistema cartográfico:

- LPS Stereo
- LPS Core
- PRO600 FOR LPS/DPW
- MICROSTATION
- Hardware HP Workstation XW6200

✧ 1 Sistema de edición digital:

- MICROSTATION
- Hardware HP Workstation XW4300

Digital editing system



❖ 1 Para el Sistema de Información geográfica:

- ArcInfo 9.2
- Hardware HP Workstation XW4300

❖ Impresoras:

- Plotter Gran formato (tamaño A0 ) a Color
- HP DESIGNJET 1055CM PLUS

HP DESIGNJET 1055CM PLUS



❖ Impresora Laser monocromática:

- Epson Laser Printer 2420DN

Laser 2420DN



❖ Otro software para procesamiento:

- Microsoft Office Professional Edition
- Adobe Photoshop CS 2
- Adobe Illustrator CS

## **CAPÍTULO 7 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

El objetivo básico de este estudio es el de transferir tecnologías de cartografía digital y construcción de datos básicos SIG, desde el Equipo de Estudio hacia el IGAC. Sin embargo, el IGAC se diferencia de otras entidades que producen cartografía por contar con personal capacitado y con experiencia en la operación de instrumentos y software de fotogrametría digital. Por esta razón, el Equipo de estudio JICA decidió hacer recomendaciones principalmente orientadas a mejorar la eficiencia de la producción.

El Equipo de Estudio JICA dio consejos y sugerencias al personal del IGAC con el que compartieron el trabajo de campo y de cartografía.

Los miembros del Equipo de estudio JICA a cargo de cada etapa del proceso de producción implementado en Japón, visitaron el IGAC para reconocer los métodos del Instituto y dar posibles sugerencias.

### **7.1 Aerotriangulación y cartografía digital**

Durante la primera fase de trabajo de campo en 2005, antes de iniciarse el trabajo de campo, el Equipo de Estudio JICA explicó el plan de localización de puntos de control para el ajuste de bloques por el método de haces de rayas.

Un miembro del Equipo a cargo de la cartografía digital visitó al IGAC en octubre de 2006 por un lapso de un mes. Revisó el método y el proceso de aerotriangulación del IGAC, constatando que sus operarios tienen la capacidad para producir cartografía digital. Se verificó que el IGAC está en facultad de hacer aerotriangulación usando las funciones de correlación automática del software. Se enseñó entonces al personal del IGAC un método para hacer aerotriangulación con correlación manual, para los casos en que la correlación automática fuera difícil.

### **7.2 Edición digital y simbología**

El IGAC realiza edición digital de la cartografía sin problemas, por lo cual el miembro del Equipo JICA a cargo de edición y cartografía dedicó la mayor parte de tiempo a acordar con el IGAC la definición de símbolos para los mapas a escala 1:2000 de las tres ciudades. Los detalles de estas discusiones sobre la especificación de símbolos se resume en el capítulo 8.



### **7.3 Estructuración de datos y archivos de ploteo**

Un integrante del Equipo de Estudio a cargo de la estructuración de datos y la generación de archivos de impresión visitó el IGAC en octubre de 2006. Tras analizar estos procesos en el IGAC, propuso un plan de estructuración de datos. Se discutió el tema entre el IGAC y el Equipo de Estudio JICA en una serie de ocasiones, y se definieron las reglas para crear las estructuras de datos. Las especificaciones de las estructuras de datos se explican en el capítulo 8.

## **CAPÍTULO 8 DISCUSIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS IMPORTANTES**

Después de revisar el proceso de producción de cartografía fotogramétrica en el IGAC, el Equipo de Estudio comprendió que no es necesario el entrenamiento en la operación de software y equipos de cartografía. El IGAC contaba con recursos humanos con destrezas operativas necesarias, y personal técnico o representantes de mantenimiento de software de empresas vendedoras localizados en el Instituto quienes pueden prestar la asistencia requerida. Por estas razones, la mayoría del tiempo el Equipo de Estudio de JICA se dedicó a discutir con el IGAC sobre las normas fundamentales de levantamiento y cartografía así como especificaciones técnicas.

En este capítulo se describen estas discusiones técnicas.

### **8.1 Sistema de coordenadas empleado por el IGAC**

#### **8.1.1 El sistema local de coordenadas**

(1) Casi todos los 1099 municipios tienen su propio origen de coordenadas.

(2) Anteriormente, las coordenadas de estos orígenes locales eran únicas por cada sistema de coordenadas. Pero ahora, estos valores de coordenadas se les ha asignado el mismo valor que tienen en el sistema de coordenadas para cartografía y trabajos de campo a escalas pequeñas.

(3) Básicamente la superficie de la tierra se proyecta a un plano que toca la superficie de la tierra en un punto. Sin embargo, considerando la gran diferencia en elevación o altura en algunas áreas, un plano se eleva de la superficie de la tierra.

(4) El IGAC define un factor de escala de 1,000. Así que este sistema de coordenadas local puede usarse en un área aproximadamente de 10 km por 10 km. Esto implica que en ciudades grandes se requieren más de un sistema de coordenadas local.

#### **8.1.2 Dificultades**

El Equipo de Estudio asume que este sistema de coordenadas local presenta los siguientes inconvenientes.

(1) Si existen muchos sistemas de coordenadas locales por área, los usuarios comunes de

información geográfica se confundirán.

(2) Si existen muchos sistemas de coordenadas locales, los fabricantes de software SIG vacilarán en desarrollar programas de conversión. O ¿El IGAC tiene un plan para distribuir software de conversión al público general?

En el caso de ArcGIS Ver.9.1, la situación es como se describe a continuación:

ArcGIS tiene un número de parámetros de proyección. Uno de ellos es “LOCAL (Cartesian)”. Este parece ser el que tiene los parámetros más parecidos, aplicables a la situación de sistemas de coordenadas local de Colombia. Sin embargo, ArcGIS no puede conmutar el valor vertical del plano de proyección elegido por el IGAC de acuerdo al promedio de elevaciones del terreno.

(3) Después de verificar algunos datos SIG creados por el IGAC, se encontró que los parámetros de elipsoide usados eran diferentes a los parámetros del GRS80. Parece que el cambio de tamaño del elipsoide es usado para sustituir el valor vertical del plano de proyección. Para los usuarios comunes de SIG, este tipo de solución puede ser difícil de entender.

(4) En el futuro, la red de puntos de control geodésicos se establecerá en muchos municipios. Si las coordenadas cambian a lo largo de períodos de tiempo cortos debido a que el origen fue movido, el manejo de los datos de trabajo de campo será muy complicado.

Uno de los objetivos de elaborar y usar datos SIG es de compartir información geográfica usando el mismo sistema de coordenadas. La existencia de múltiples sistemas de coordenadas en áreas pequeñas dificulta el uso de información geográfica.

(5) Los valores de coordenadas de los orígenes de los sistemas locales son iguales a los de las coordenadas de los orígenes de los mapas a pequeña escala. Los valores de coordenadas son idénticas entre los sistemas locales únicamente para sus puntos de origen, este sistema se presta para confusiones para los usuarios, debido a que no es fácil determinar el tipo de sistema de coordenadas únicamente examinando sus valores.

## **8.2 Uso de los receptores RECON con GPS**

El IGAC utilizó estos dispositivos móviles de captura de datos por primera vez durante la clasificación de campo. Se identificaron sus ventajas y desventajas, las cuales deberán ser

tenidas en cuenta para futuros planes de trabajo con estos dispositivos.

Uno de los aspectos positivos es que tanto las coordenadas como la información en forma de texto son capturadas en campo en formato digital, por lo cual se puede transferir a los sistemas cartográficos sin necesidad de una etapa de digitalización.

Su desventaja es que el sistema no soporta proyecciones cartesianas. También ya que GPS incorporado en la grabadora mide el posicionamiento del receptor sólo por un modo de posicionamiento simple, no es muy alta la precisión posicional.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Equipo de Estudio JICA recomendó al IGAC utilizar el dispositivo de captura de la siguiente forma:

- Tipo de trabajo adecuado para el uso de grabadora: Censo Nacional donde recolecta alta cantidad de datos y debe visitar cada edificación y/o vivienda.
- Tipo de trabajo no adecuado para el uso de grabadora: Identificar y dibujar items que no son claramente visibles sobre fotos aéreas .

### **8.3 Catálogo de datos**

El IGAC ha publicado varios catálogos de objetos geográficos. El Equipo de Estudio de JICA recopiló dichos catálogos y especificaciones para tratar de comprender cómo están relacionados entre sí. El catálogo de datos es la base del trabajo de cartografía y también está profundamente relacionado con la producción de datos SIG. Sin embargo, tras trabajar con su contraparte, el Equipo de JICA encontró que las especificaciones y catálogo existentes no habían sido seguidos en los levantamientos y el trabajo de cartografía. A continuación se explica lo entendido por el Equipo de Estudio sobre el catálogo y también los problemas que reconoció el Equipo de Estudio sobre el catálogo.

#### **8.3.1 Tipos de catálogo**

Desde el inicio del proyecto el Equipo de JICA recolectó los siguientes catálogos de datos disponibles en el IGAC:

(1) Modelo de datos Catálogo de Objetos CO-25 ver2(1995)..... A

Es un catálogo de información geográfica y símbolos cartográficos para cartografía a escala 1:25000.

(2) Modelo de datos urbano catálogo de objetos CO-U y Catálogo de símbolos CS-2000 (1996)

..... B

Este catálogo fue publicado por la Subdirección de Cartografía. (En este documento, se hace referencia a estos catálogos como CO-U para el catálogo y CS-2000 para la simbología) .

(3) PROYECTO DE NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2001-04-11  
CATÁLOGO DE OBJETOS GEOGRÁFICOS BÁSICOS ..... C

(4) Modelo Único ..... D

(5) Catálogo de Geodatabase de abril de 2006 ..... E

### 8.3.2 Propósito y características de estos catálogos

El Equipo de Estudio analizó las características de los catálogos. Como el resultado de nuestro análisis, el Equipo de Estudio piensa que las características de cada catálogo son como siguen:

- A y B son catálogos de inventario que cubren información geográfica creada o perteneciente a las tres subdirecciones del IGAC.
- A y B no incluyen explicaciones sobre el manejo de datos usando algún software específico para la producción de mapas, y basado en AT KIS de Alemania.
- C fue creado dentro de la iniciativa de estandarización de información geográfica basado en ISO.TC211., y durante la producción de este catálogo participaron otras organizaciones además del IGAC.
- D y E parecen ser los catálogos usados para producción de datos en el IGAC.
- El Equipo de Estudio considera que el catálogo D está basado en B. Es decir que D extrajo sólo ítems cartográficos y atributos del B para el propósito de producción de cartografía.

Basado en estos catálogos, se prepararon los materiales como son la tabla de códigos de objetos, tabla de códigos para edición (Simbología 2000 para Microstation), etc, y para cada parte del proceso de producción se agregó información necesaria. Los tipos de información agregada son: Información requerida para ser utilizada por un tipo específico de software; selección de objetos de mapa para cada escala cartográfica; símbolos de mapa, etc.

- Hasta 2006 se utilizaba el catálogo D en el proceso actual de producción cartográfica. Sin embargo, el código de objetos de este catálogo incluye objetos que no son necesarios para la cartografía topográfica. Por esta razón, si la clasificación de campo es llevado a cabo basado en este catálogo D, resulta que el equipo de levantamiento recolecta

información que no es necesaria para la cartografía topográfica.

- Una cosa que se debe tener en cuenta es que como explicamos arriba, el catálogo D debería elaborarse basado en catálogo B. Sin embargo la mayoría del personal del IGAC quien participa en el trabajo de cartografía topográfica con respecto al uso del catálogo D dijo que pocas veces había visto el catálogo B.
- El catálogo E fue elaborado por el IGAC remodificando el contenido del catálogo D, cuando el IGAC cambió la herramienta de edición de cartografía de Microstation a ArcGIS. Las especificaciones de datos especificados en este catálogo E son para la edición de símbolos cartográficos de mapas topográficos a escala 1:2000 más que para la definición de infraestructura de datos espaciales en general.

### **8.3.3 Sugerencias del Equipo de Estudio**

- No se recomiendan mejoras a los catálogos A y B, puesto que ya están obsoletos.
- Sin embargo, y desde el punto de vista del uso de datos geográficos, sí se hace necesario o por lo menos sería de utilidad la elaboración de un catálogo similar al A o B. La razón de sugerir esta actividad es que las discusiones realizadas con participación de varias subdirecciones y divisiones del IGAC darán al personal del IGAC una buena oportunidad para reflexionar acerca del concepto de datos básicos SIG que contribuye a una planificación territorial más eficiente y confiable.
- El catálogo E especifica la estructura de datos para sólo un tipo de software GIS-ArcGIS. Y parece ser elaborado para ser utilizado durante el proceso de edición de símbolos. Es posible que el catálogo sea utilizado por usuarios fuera del IGAC, sin embargo, el Equipo de Estudio cree que el catálogo E puede no ser el modelo de datos geográficos más conveniente para los diferentes tipos de usuarios externos al IGAC.
- Los datos básicos SIG o el marco de referencia de datos espaciales propuesto por el Equipo de Estudio en octubre de 2006, tienen una estructura de datos que es fácil de utilizarse por usuarios con diferentes propósitos.
- Los catálogos D y E no contienen la definición de objetos geográficos, y no se encontró documentación al respecto. Es necesario definir claramente los objetos geográficos para elaborar en forma eficiente datos de alta calidad. Si el trabajo de cartografía procede de

la definición no clara de objetos geográficos, produce muchas confusiones. Actualmente, el Equipo de estudio JICA también tuvo problemas por la definición no clara de objetos geográficos elaborada por el IGAC. Si el IGAC planea subcontratar trabajos de cartografía con empresas privadas, es la responsabilidad del IGAC suministrar especificaciones muy claras a los subcontratistas locales.

Existen dos tipos de especificaciones técnicas para la contratación de trabajos de cartografía a empresas privadas locales, a saber:

- Anexo 6 : Modelo de datos
- Anexo 7: Simbología

Los ítems revisados durante el trabajo de clasificación de campo fueron listados basados en los reglamentos para el modelo de datos especificadas en el Anexo 6. Sin embargo, existen algunos objetos geográficos que no son cubiertos por este modelo de datos. También, el reglamento de simbolización se especifica en el Anexo 7, pero algunos de ellos no coinciden con el modelo de datos descrito en el Anexo 6. Además, se encontró que algunas partes del reglamento de clasificación de objetos del Anexo 6 no son lógicas.

Es comprensible que este tipo de confusiones ocurra, ya que el IGAC estaba en un proceso de construir el modelo de datos. Se recomienda revisar la estructura del modelo de datos, y también elaborar modelo de datos y símbolos compatibles.

Por otra parte, el modelo de datos del Anexo 6 fue diseñado para tratar con cualquier escala de mapas. Sin embargo, se encontró que algunos ítems de datos fueron específicos sólo para cierta escala de mapas. La relación entre datos y escala no está clara y esto confunde a las personas participantes en la clasificación de campo. Los ítems de datos que el Equipo de Estudio de JICA considera que son datos catastrales son también incluidos en el modelo. El Equipo de Estudio de JICA cree que sería mejor no incluirlos en el modelo de datos para “mapas topográficos”. Si la información sobre catastro es recolectada o identificada durante la clasificación de campo, la eficiencia de “cartografía topográfica” no se puede maximizar.

#### **8.4 Estructuración de datos**

El IGAC y el Equipo de Estudio de JICA gastaron bastante tiempo en discutir sobre la estructura de los datos de SIG. El Equipo de Estudio de JICA supuso que los datos básicos de SIG deberían ser el marco básico que pueda utilizarse en casi cualquier tipo de mapas temáticos.

El concepto del IGAC de datos básicos de SIG se incluyen ítems de datos que el Equipo de Estudio de JICA clasifica como los datos para mapas temáticos. El IGAC y el Equipo de Estudio también gastaron mucho tiempo para discutir la definición de datos básicos de SIG.

#### 8.4.1 Estructuración de datos implementada por el IGAC

El método de estructuración de datos del IGAC cambió después de iniciado el proyecto en 2005. La Tabla 8-1 resume los cambios.

Tabla 8-1 Cambios en la estructuración de datos del IGAC

	Software para cartografía digital	Software para edición y estructuración	Formato de salida de datos
Después de agosto 2006	INPHO, LPS, DVP, All with CAD MicroStation	ArcGIS V9.1	Geodatabase, Shape File, Dxf
Antes de agosto 2006	INPHO,LPS,DVP,LPS, Soccet Set con interfaces a MicroStation	ArcGIS, ArcInfo, Workstation y ocasionalmente MicroStation	Geodatabase, ArcInfo coverage, Shape File, Dxf

##### (1) Proceso

El proceso de estructuración de datos del IGAC se describe como sigue:

- Se utiliza el software Bentley Microstation para la cartografía. La salida de cartografía digital se encuentra en el formato DGN. Esto se convierte a formato Dxf antes de ser importado a ArcGIS. La importación de Dxf a Geodatabase de ArcGIS se hace capa por capa.
- Después de finalizada la restitución, se verifican manualmente sobre los archivos CAD la conectividad de datos, continuidad y cerradura de polígonos. Además, cuando los archivos de Dxf se convierten a Geodatabase, los datos también se verifican por los reglamentos topológicos predeterminados.

##### (2) Contenido de la estructuración de datos

El IGAC elaboró un nuevo modelo de datos después de decidir el uso de ArcGIS para editar mapas y estructurar los datos. El Equipo de Estudio de JICA reconoció que este nuevo modelo de datos es no solamente para producir datos de SIG sino también para elaborar datos destinados a la impresión de mapas. Por esta razón, el IGAC solicitó al Equipo de Estudio elaborar datos para mapas topográficos con el uso de ArcGIS.

Sin embargo, el Equipo de Estudio de JICA estaba utilizando el software CAD para elaborar un archivo de datos para mapas en el formato DGN según lo acordado en el año 2005. El IGAC



primero pensaba que Microstation no podía hacer geometría y topografía completas. El Equipo de Estudio de JICA explicó que si era posible hacer geometría y topografía completas utilizando Microstation Geographics, y se acordó con el IGAC que recibiera datos de cartografía en el formato DGN.

El Equipo de Estudio de JICA asumió lo siguiente con respecto a los datos básicos SIG:

- 1) Propósito. El propósito de producir datos básicos en SIG es el de proveer información geográfica exacta y confiable que pueda ser utilizada como estándar para la superposición de varias capas con diferentes tipos de información espacial.
- 2) Contenido. Información de vías, ríos, bordes de agua, y edificaciones que puedan ser utilizadas como referencias espaciales al adicionar información temática.
- 3) Estructura de datos. Los datos SIG básicos tienen un formato universal independiente del software con el que se manejen, por lo cual pueden servir a una gran variedad de usuarios. Además, el IGAC planteaba incluir todos los elementos de dibujo cartográfico como datos geográficos.

Para la cartografía topográfica en el estudio, se va a trazar cada objeto que puede ser identificado sobre aerofotografías. Sin embargo, los objetos tales como postes eléctricos o tapas de cámara no son fáciles de identificar sobre imágenes de fotos, y por eso es imposible elaborar la base de datos completa. Si la base de datos es incompleta, confundiría a los usuarios de datos de SIG.

Además sobre mapas topográficos, las líneas costeras se dividen en más de una clase como línea costera artificial o línea costera natural. Es más conveniente para los usuarios de SIG si estas líneas son combinadas conjuntamente para hacer una línea simple.

Como resultado de las discusiones arriba mencionadas, el IGAC y el Equipo de Estudio de JICA acordaron sobre la estructuración de datos lo que sigue.

- 1) Se incluyen en el modelo de datos básicos SIG todos los elementos a excepción de anotaciones y símbolos. Se incluyen nombres de vías, ríos y también el valor de elevación en las curvas de nivel.

## 2) Clases de Objetos (Feature Classes)

Básicamente se clasifican los datos en 5 grupos, y después se divide cada grupo en datos en: puntos, líneas y de polígonos.

- Datos Básicos (consiste en 12 feature classes)
- Elemento Divisorio (consiste en 2 feature classes)
- Urbano (consiste en 4 feature classes)
- Relieve (consiste en 2 feature classes)
- Infraestructura (consiste en 3 feature classes)

3) Atributos. Los nombres de carreteras, ríos, puntos con elevación y el valor de elevación de curvas de nivel se registran en atributos. En caso de existir nombre oficial y nombre común, se registran ambos.

## 4) Método de agrupamiento

Los objetos de mapas topográficos se reclasifican en feature classes del modelo. De ser necesario, se harían también cambios de geometría. El diagrama de clases en UML muestra los resultados de la reclasificación. Cada objeto geográfico pertenece a un CLASS y cada tema es un PACKAGE que combina clases.

### ✧ Clases

- Azul claro : Objetos del mapa topográfico a escala 1:2000 importados directamente a datos básicos de SIG.
- Blanco : Combinación de cuerpos de agua
- Gradación de blanco a azul : Objetos geográficos cuya geometría debe cambiarse para ser implementado como Geodatabase

### ✧ Empaquetamientos

Rosa pálido : Paquetes usado como datos geográficos básicos

- Paquete Orillas de agua
- Paquete Límites administrativos
- Paquete Corrientes y cursos de agua
- Paquete Carretera sencilla
- Paquete Vía férrea
- Paquete Borde de vía
- Paquete Estructuras acuáticas
- Paquete Centros de vía

Verde : datos que principalmente son usados en planeación urbana y del uso de suelo, incluyendo POT. Para ser usado en planeación urbana conjuntamente con datos en el paquete Rosado:

Edificios públicos

Cobertura del suelo y uso del suelo

Instalaciones

Magenta : Delimitaciones requeridas para catastro

- Paquete para levantamientos catastrales

Amarillo : terreno (puntos con elevación y curvas de nivel)

- Paquete Condiciones del Terreno

Rojo : Puntos de Control (GCP y puntos de aerotriangulación)

- Paquete de puntos de control

Negro : Objetos geográficos que son trazados en los mapas a escala 1:2000 pero no registrados como datos básicos de SIG. (Postes eléctricos y tapas de cámara cuyos datos completos deben ser obtenidos desde las compañías que administran utilidades).

Al implementar los datos en Geodatabase, básicamente este paquete se hace dataset de objetos. El archivo maestro es un Geodatabase. Cuando los datos son entregados a los usuarios de SIG fuera del IGAC, sólo es importado la información necesaria desde los datos maestro (Figure 8-1 – Figure 8-7: Anexo 7).

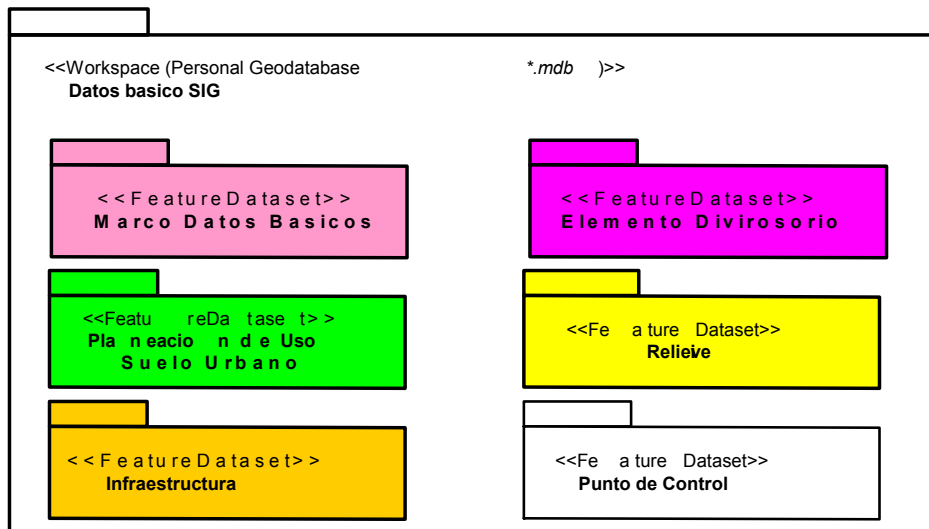


Figure 8-1 Database structure of Geodatabase

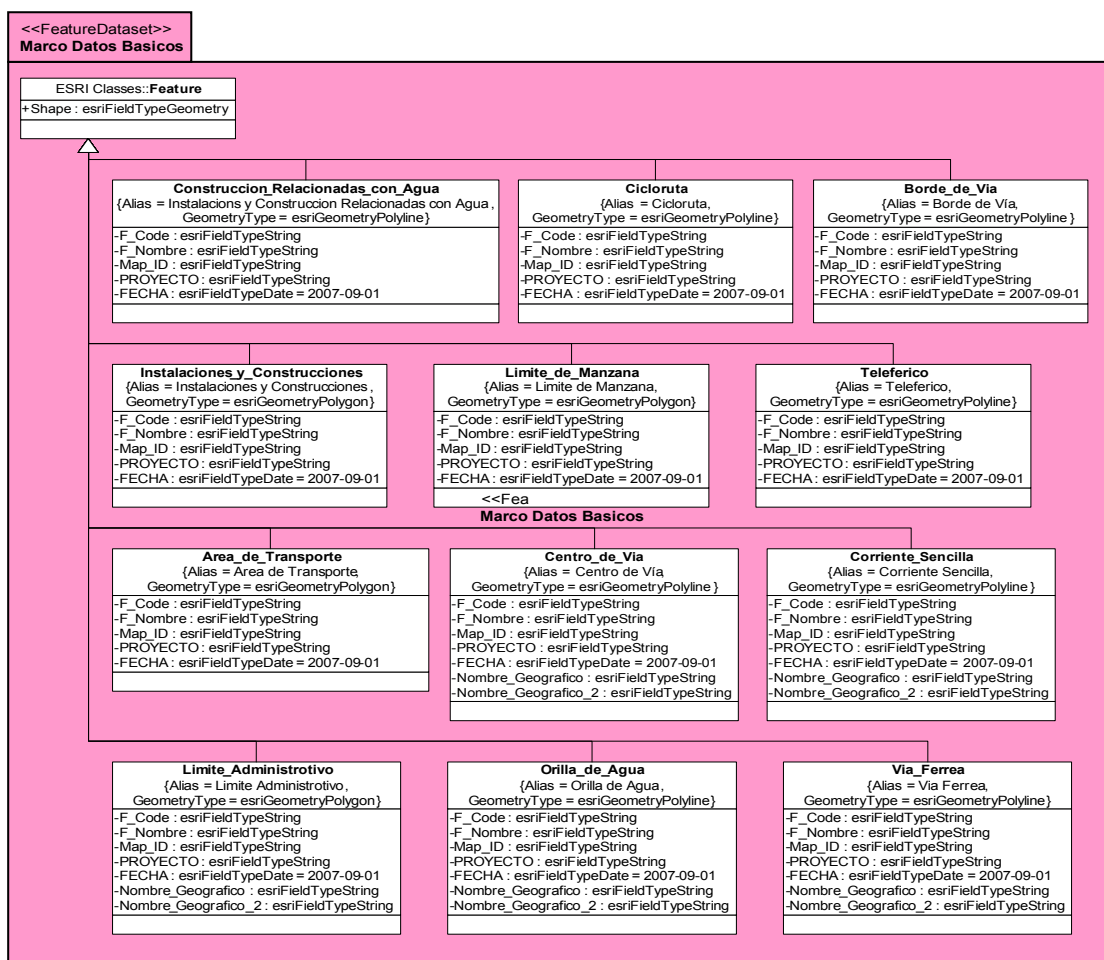


Figure 8-2 Feature classes of Feature Dataset of Marco Datos Basicos

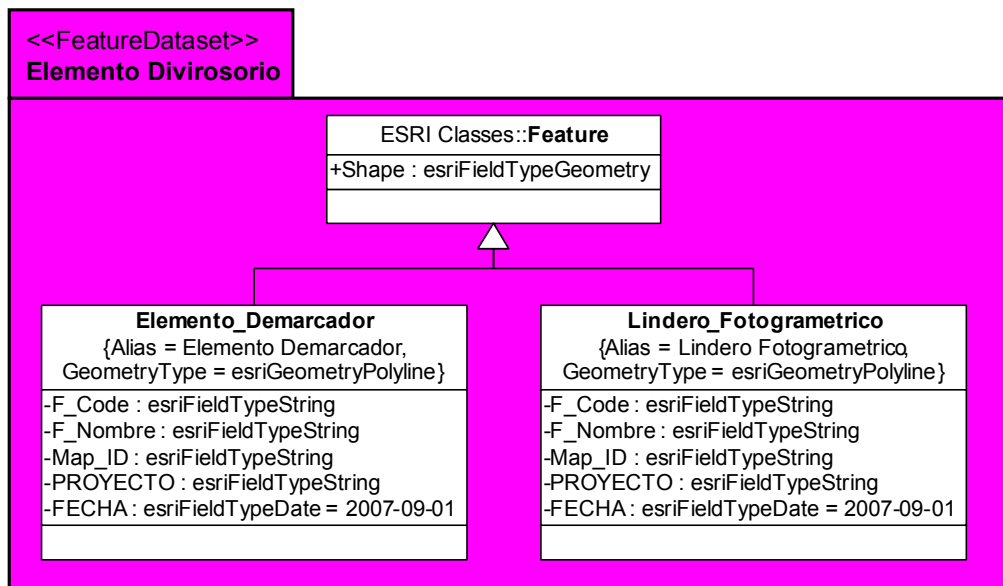


Figure 8.3 Feature classes of Feature Dataset Elemento Divisorio

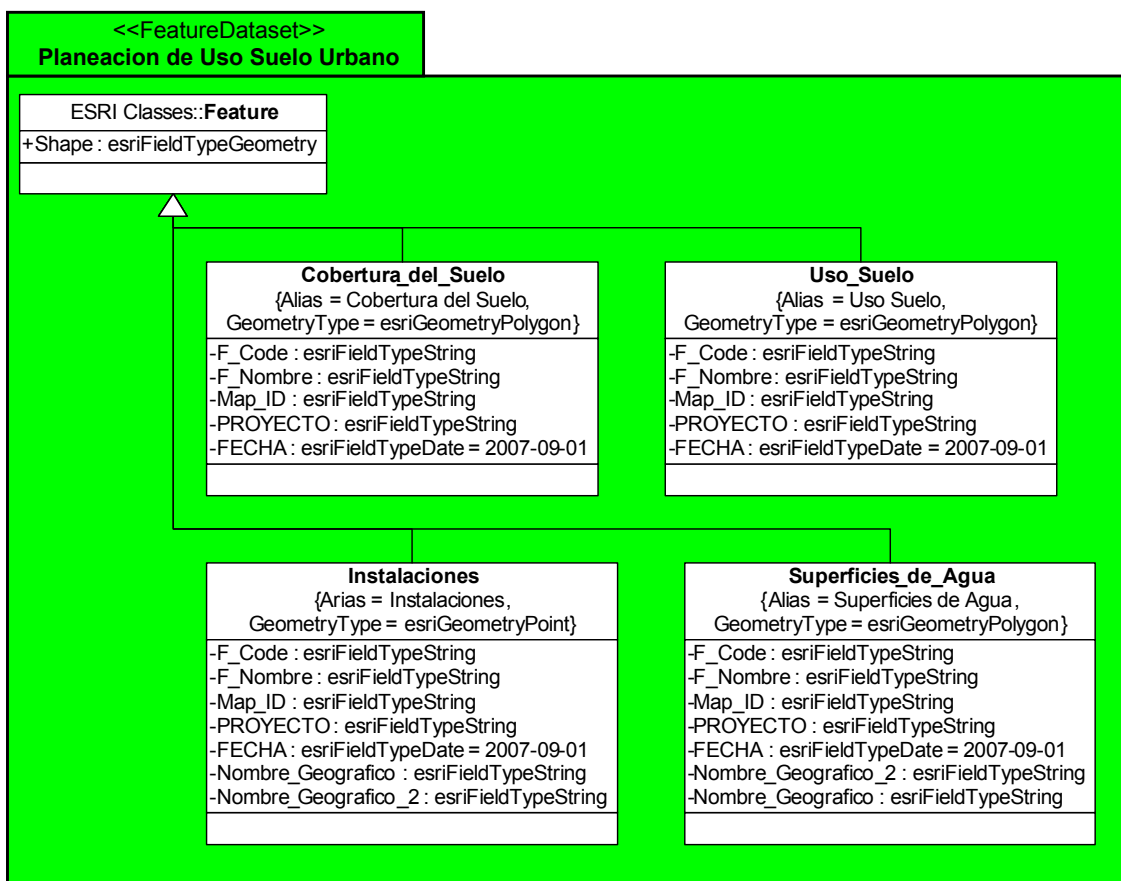


Figure 8-4 Feature classes of Feature Dataset Suelo Urbano

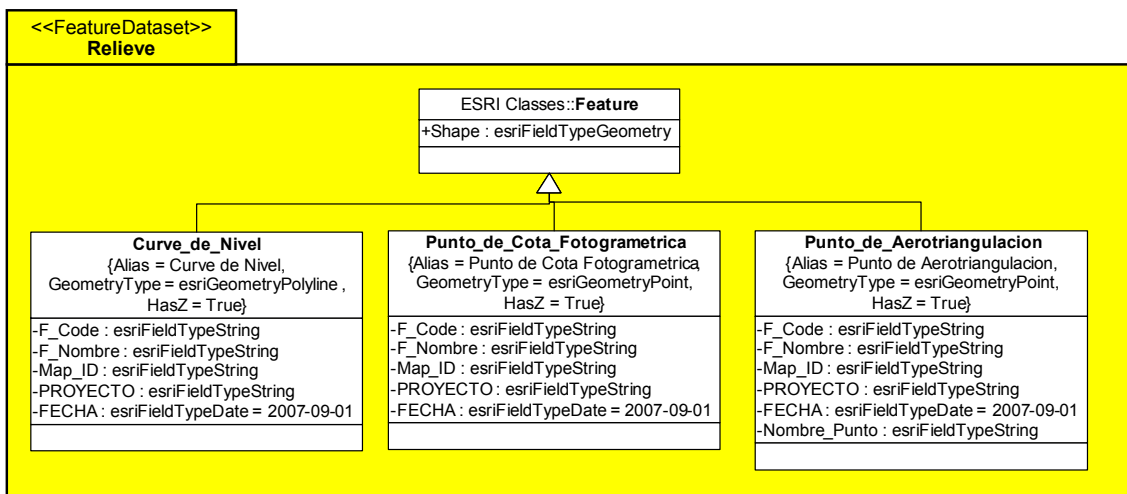


Figure 8-5 Feature classes of Feature Dataset Relieve

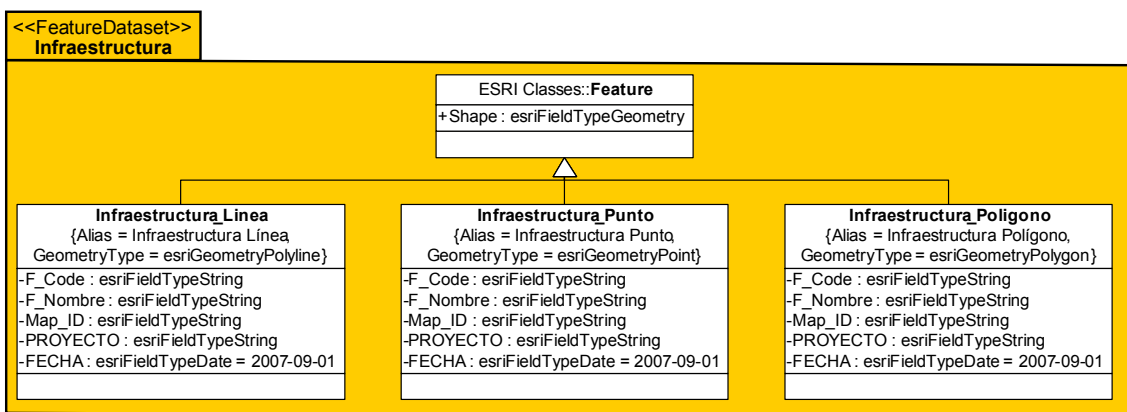


Figure 8-6 Feature classes of Feature Dataset Infraestructura

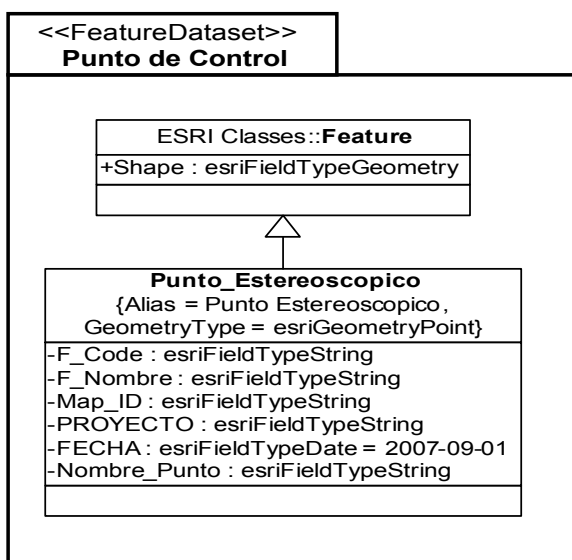


Figure 8-7 Feature classes of Feature Dataset Punto de Control

## CAPÍTULO 9 PROMOCIÓN DEL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para promover el uso de la información geográfica elaborada y suministrada por el IGAC, fue necesario comprender la situación actual de los usuarios de información geográfica. Para este fin, se visitaron los municipios de Cartagena, Santa Marta y Barranquilla y se recolectaron varios tipos de mapas temáticos usados en la elaboración del POT. Los mapas y materiales recolectados se analizaron para entender la calidad y precisión de la información. Además las respuestas al cuestionario también fueron recolectadas desde 48 municipios de los 100 municipios listados. Se visitaron los municipios de Cali, Manizales y Pereira para recolectar información sobre el uso actual de información geográfica.

### 9.1 Situación actual del uso de información geográfica

En Colombia, cada municipio es responsable de elaborar su propio POT. Esto significa que existe una clara necesidad de información geográfica confiable.

Sin embargo, las respuestas de estos 48 municipios indican que los municipios que no cuentan con recursos humanos o equipos para la elaboración de mapas temáticos a ser utilizado para elaborar el POT, naturalmente, están aún en una etapa muy primitiva en cuanto al uso de información geográfica. La mayoría de los municipios tampoco cuentan con ningún recurso para manejar información geográfica.

#### 9.1.1 Cartografía temática para el POT

Por mandato de la Ley 388 de 1997, cada municipio debe formular su propio POT, razón por la cual éstos están tratando de elaborar varios mapas. Las ciudades objeto del estudio: Santa Marta, Cartagena y Barranquilla, se encuentran muy avanzadas en cuanto a la producción de cartografía y POT, con respecto al resto de los municipios estudiados. Sus recursos se listan en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1 Capacidad de las tres ciudades para producir mapas (2005)

Item	Cartagena	Barranquilla	Santa Marta
Hardware	N/A	PC : 2	PC : 1
Software	MicroStation (Cantidad no conocida)	AutoCAD ArcView	AutoCAD ArcView3.1
Dispositivo E/S	N/A	A0color inkjet plotter: 1 Digitalizador: 1 (Fuera de trabajo)	

Personal para mantener POT	N/A	2 personas	0 personas
Topógrafo	N/A	2 personas (básicamente una de ellas es un ingeniero de planeación urbana y puede usar SIG)	1 persona (Ingeniero de Construcción)
Ingeniero de SIG	N/A	1	Nadie
Ingeniero de sistema	N/A	Nadie	Nadie

### 9.1.2 Mapas temáticos para el POT

Cada municipio tiene su propio programa de desarrollo y los mapas a usar para su POT son diferentes. Estos pueden dividirse en las siguientes categorías:

- Administración pública: límites administrativos, etc.
- Mapas de manejo del uso del suelo: usos del suelo actual, planes de uso del suelo, planes zonales y planes maestros.
- Mapas de infraestructura social: vías, acueducto, alcantarillado, electricidad, gas, y otros servicios.
- Mapas de manejo ambiental: áreas de conservación, áreas de protección de ecosistemas.
- Prevención de desastres: áreas inundables, áreas con probabilidades de deslizamientos de tierra, áreas de pendientes altas.

Los mapas y documentos recolectados en los municipios de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta se muestran en la Tabla 9-2 y Figura 9-1. Muchos de ellos se basan en cartografía producida por el IGAC o el DANE, pero tienen problemas como diferencias de escala, diferentes años de producción, cambios en el tiempo, e inexactitudes de posición. Para utilizar estos mapas para planeación urbana o regional, es absolutamente necesario examinar cuidadosamente la compatibilidad entre éstos y los mapas o datos nuevos.



Tabla 9-2 Mapas y materials recopilados en las tres ciudades

Item	Cartagena	Barranquilla	Santa Marta
Mapas	-Mapas POT: 85 archivos (dgn: 84)	- Mapas POT: 176 -Actualización de mapa:1 (AutoCAD) -Mapa topográfico DANE: 1 (AutoCAD) - Mapa topográfico AAA: 193 (AutoCAD) - Mapas temáticos CRA: 152 (AutoCAD y Shapefile)	-POT PDF: 44 - Mapas POT: 327 archivos (DWG, DXF, shp, bmp, doc, ppt, pdf)
Documentos	-Documentos de texto POT: 9	- Documentos de texto POT:7	- Documentos de texto POT:38
Otros		- Mapas digitales y documentos POT (Malambo, Puerto Colombia y Soledad): 180	

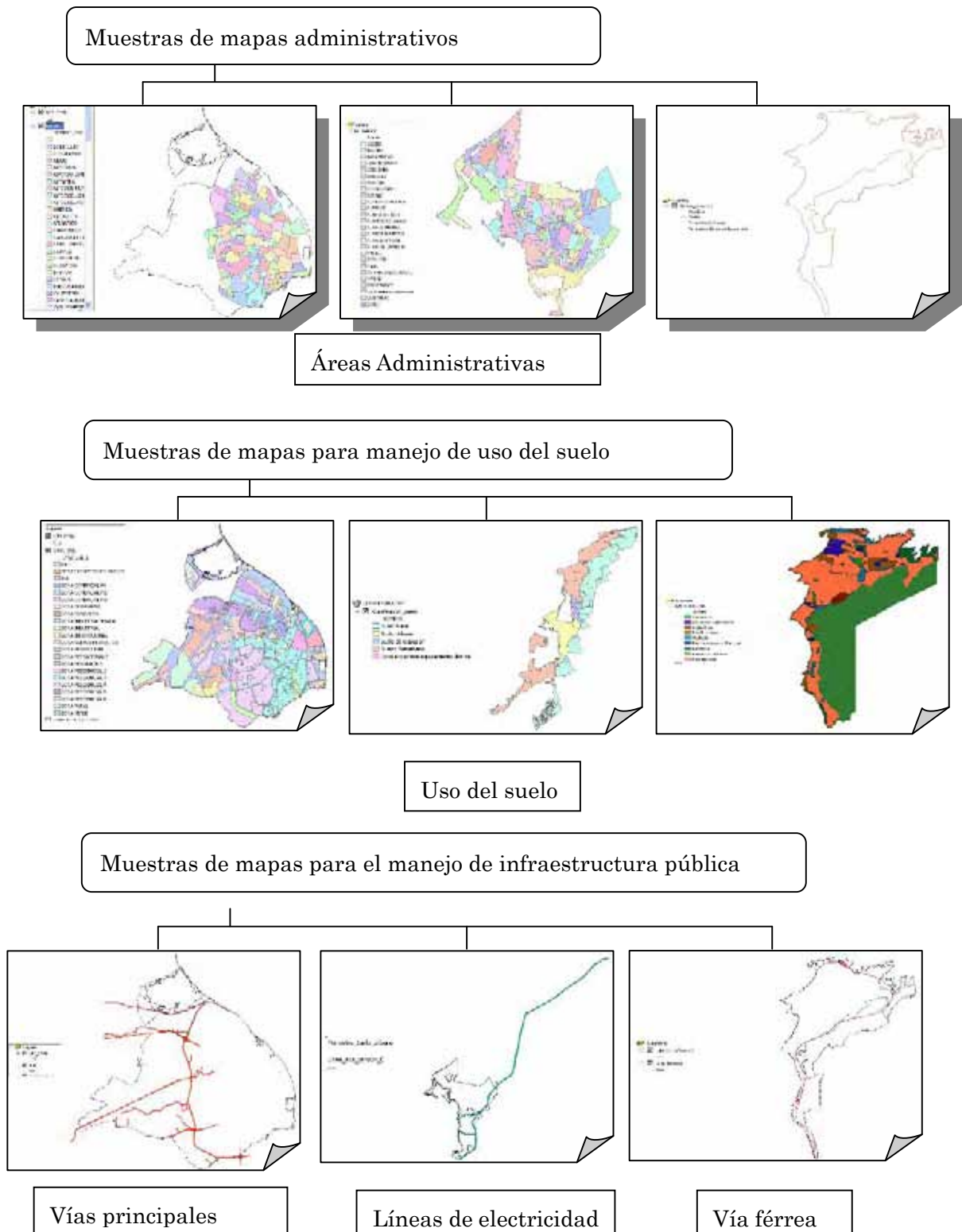


Figura 9-1-1 Muestras de los mapas recolectados ( 1 )

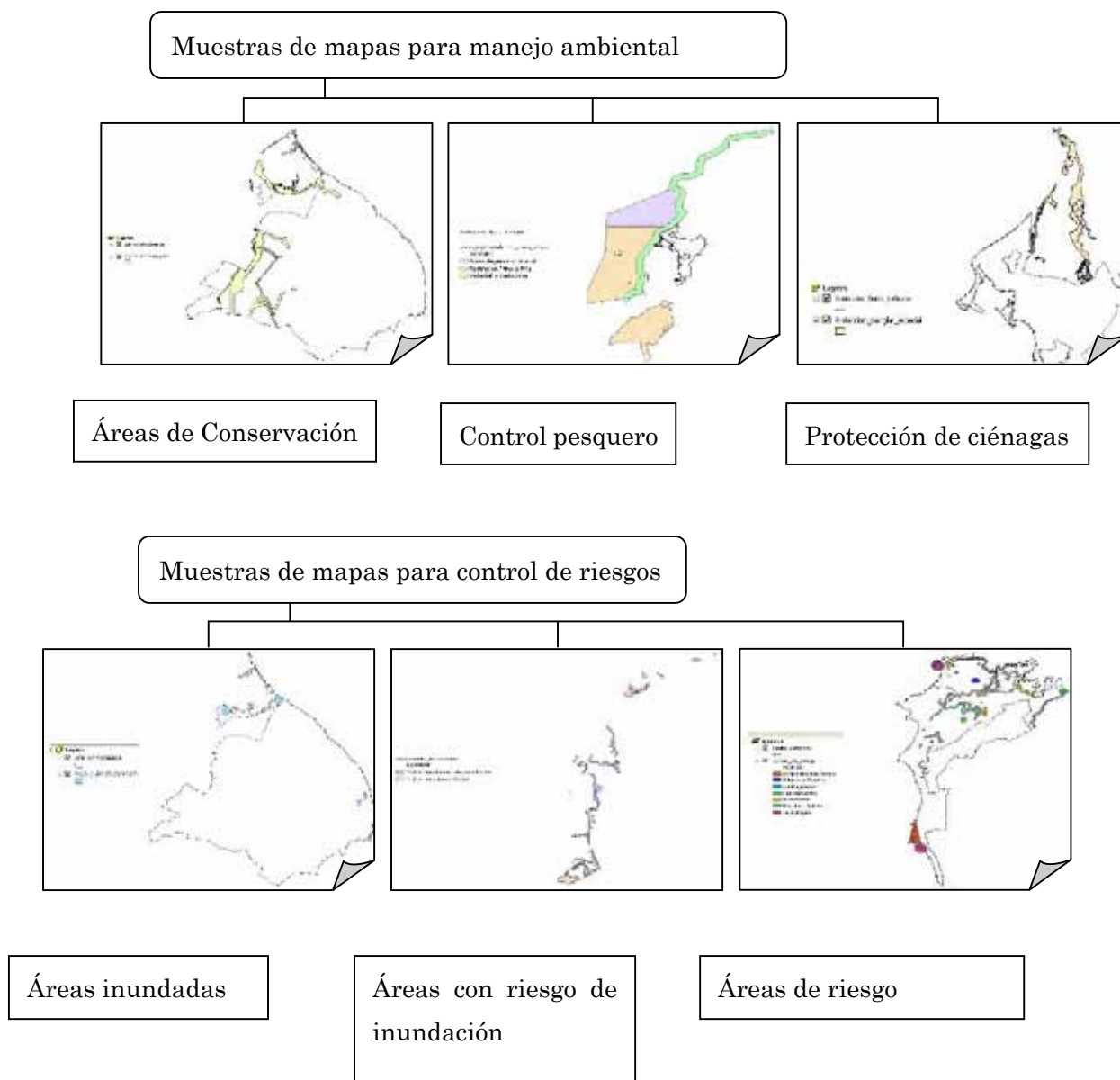


Figura 9-1-2 Muestras de los mapas recolectados (2)

### 9.1.3 Aspectos relacionados con el POT

El objetivo principal de los datos geográficos producidos por el IGAC para los municipios es el de promover información para la formulación y las actualizaciones del POT. Sin embargo, se deben resolver algunos problemas antes de que se extienda el uso de los datos del IGAC:

#### (1) Crear estándares para la cartografía POT

La mayoría de los mapas temáticos usados para elaborar los POT utilizan mapas topográficos del IGAC y del DANE como su base. Sin embargo, ambos mapas son diferentes en cuanto a escala, año de producción, referencia espacial y precisión. Por lo tanto, si ellos se superponen, no coinciden los objetos geográficos así como caminos y edificaciones. La diferencia máxima fue 20 metros en Barranquilla y 15 metros en Santa Marta (Figura 9-2). Algunos mapas tampoco pueden superponerse por estar desajustados.

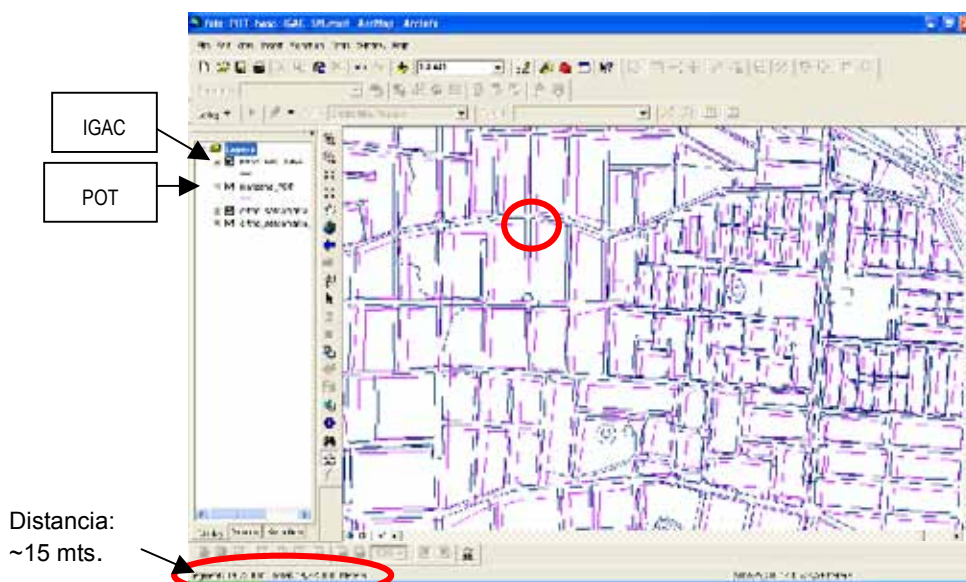


Figura 9-2. Superposición de mapas nuevos y antiguos (1994) de Santa Marta

#### (2) Manejo de la cartografía POT

Una vez producidos los mapas, ellos deben actualizarse constantemente, porque los objetos geográficos cambian a través del tiempo. Sin embargo, debido a la escasez de presupuesto o porque el personal del municipio no apreciaba muy bien que los objetos geográficos representados en los mapas cambian por el tiempo.

En Barranquilla, el municipio intentaba actualizar el POT utilizando los mapas de DANE del 2004 y los mapas producidos por la empresa de acueducto AAA. Santa Marta también estaba

actualizando sus datos POT, pero no usaba los mapas del IGAC porque ellos no podían esperar hasta que la última versión fuera publicada. Cartagena estaba esperando por el mapa básico del IGAC.

### (3) Estandarización del método para formular el POT

Se requieren varios tipos de mapas temáticos para elaborar el POT. Aunque el IGAC tiene pautas para elaborar mapas temáticos, el detalle para la elaboración de mapas para el POT aún no ha sido estandarizado.

## **9.2 Problemas técnicos para la promoción de la información geográfica y SIG**

Los municipios pequeños no cuentan con los recursos humanos, la organización y el presupuesto para usar SIGs. Los problemas asociados al fomento del uso de SIGs se pueden resumir como sigue:

### (1) Revisión de catálogos de objetos geográficos

El catálogo que define los objetos geográficos a cartografiar y su codificación es un documento muy importante para crear una base de datos para un SIG. Sin embargo, el catálogo actual del IGAC está orientado al manejo de información catastral, y no es el adecuado para una base de datos multipropósito para SIG.

Es necesario redefinir los objetos geográficos y sus atributos en una base de datos SIG que sea usada como marco de referencia básico para producir varios tipos de mapas temáticos.

Por otra parte, el IGAC tiene el modelo de datos CO-U y el catálogo de símbolos CS-2000 para manejar datos catastrales y urbanos. Estos son hechos con referencia a estándares de información geográfica pero no están relacionados al POT.

### (2) Producción de guías

Se utilizan mapas del IGAC y del DANE como base para los mapas del POT. Sin embargo, la mezcla de más de un mapa base genera problemas debido a las diferencias de escala, leyendas, y precisión. Estos problemas impiden que los planificadores o los usuarios de SIG hagan un uso más intensivo de los mapas y las herramientas. Es necesario crear las guías para producir datos geográficos básicos y temáticos del POT.

### (3) Presupuesto

Según la ley 388 los municipios deben hacer su POT. Sin embargo, la mayoría de los municipios no tienen el presupuesto suficiente para hacer POTs de buena calidad. La preparación de mapas temáticos y el POT se facilitarían mucho con la provisión de datos geográficos confiables.

Para evitar inversiones redundantes en producción de datos, se recomienda utilizar los mapas de alta calidad y la información geográfica suministrada por el IGAC.

### (4) Instituciones

Algunas veces el IGAC produce mapas si los municipios los solicitan . Sin embargo, el IGAC no maneja los mapas que producen los municipios, pues su organización no puede manejar la información geográfica y datos SIG en particular. Algunos municipios contratan personal temporal para operar softwareSIG, pero el conocimiento adquirido durante el contrato no puede ser retenido por el municipio al terminarse los contratos. Sería beneficioso para los municipios utilizar la capacidad de las Direcciones Territoriales del IGAC para suplir las carencias de capacidad técnica.

## **CAPÍTULO 10 FUNCIONALIDAD DE SOFTWARE SIG YEJEMPLO DE SIG**

### **10 .1 Propósito para desarrollar una funcionalidad de software SIG**

El propósito para desarrollar un una funcionalidad de software SIG es el de construir una herramienta que pueda ser usada para varios planes de desarrollo, sin limitarse a los POT, y ser utilizado para presentar las ventajas de SIG a sus usuarios potenciales.

### **10.2 Políticas para el desarrollo de una funcionalidad de software SIG**

#### **10.2.1 La funcionalidad de software SIG para apoyar la elaboración de los POT**

desarrollada en este estudio se espera que sea un apoyo en la producción de mapas temáticos para los POT, y que sirva para promover el uso de información geográfica. Por esta razón se determinó utilizar las funcionalidades básicas de ArcGIS sin añadir otro software. El formato de datos adoptado es el de Geodatabase, y el manual de operación fue hecho en idioma español.

#### **10.2.2 Descripción de la funcionalidad de software SIG**

El desarrollo se diseñó para correr sobre ArcGIS 9.1.

En cuanto a la función para mostrar el uso de SIG, se creó un ejemplo del uso de SIG para planear parques, y también un ejemplo de uso de información para los turistas de Cartagena. En total, la funcionalidad y el ejemplo SIG presentan los siguientes ítems:

- Elaboración y actualización de mapas temáticos para los POT
- Conversión de coordenadas (convertir a coordenadas cartesianas)
- Edición de datos
- Visualización de mapas temáticos
- Impresión de mapas temáticos

#### **(1) Función de elaboración y actualización de mapas temáticos para los POT**

Con este ejemplo se muestra como editar los datos digitales como puntos, líneas y polígonos al elaborar mapas temáticos y como se elaboran los temáticos. Además muestra como manejar y actualizar los registros de datos de objetos geográficos.

- Manejo de nomenclatura vial y atributos relacionados a la malla vial
- Manejo de datos relacionados con anotaciones cartográficas

- Manejo de datos relacionados con puntos de control geodésicos
- Manejo de otros tipos de información

(2) Función de transformación de coordenadas

La cartografía existente en las 3 ciudades usa un sistema especial de coordenadas, y por esta razón los usuarios normales de SIG no los pueden usar fácilmente. Por ello, se creó un comando para llevar a cabo la conversión de coordenadas mediante una operación simple.

(3) Función de visualización y edición de datos

Se creó una función para visualización y edición. Con esta función es posible desplegar las diferentes capas temáticas en pantalla y editar los datos.

(4) Impresión de mapas temáticos

Después de crear los planos de salida se pueden imprimir en papel o guardar como plantillas.

### **10.3 Contenidos de sistema modelo SIG**

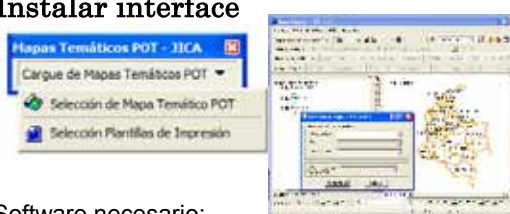
El IGAC debe liderar actividades para promocionar el uso de SIG en varios campos. A medida que se incrementa el uso de SIGs, las necesidades de los municipios y del sector privado frente a estos sistemas se irán volviendo más sofisticadas. El interés se expandirá más allá de los POT, hacia aplicaciones tales como la prevención de emergencias o planificación que usa las especificaciones normales.

Contenidos de sistema modelo SIG y el uso de SIG en Figure 10-1, 10-2, 10-3.



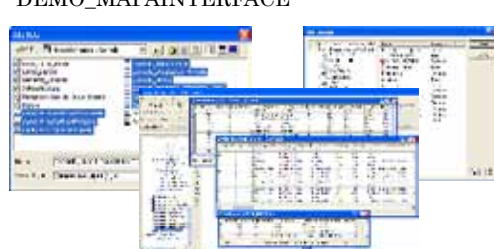
Componentes SIG software

**Instalar interface**




Software necesario:  
*ArcGIS 9.1*

**Adicionar mapas a la interface**  
DEMO\_MAPAINTERFACE



**Edición de datos geográficos**  
DEMO\_EDICION

- Utilización de herramientas de edición personalizadas
- Uso de algunas herramientas de geoprocésamiento



**Documentos**

- Instalación de la interface personalizada
- Ejercicio de edición de mapas temáticos
- Transformación de datum datos utilizando el software ArcGIS 9.1.
- Ejercicio de despliegue de mapas temáticos sobre interface personalizada

Edición / Manejo de objetos geográficos relacionados / Operación de visualización / Tutoriales para la promoción de SIG / Demostración del uso de datos geográficos básicos como soporte para el POT

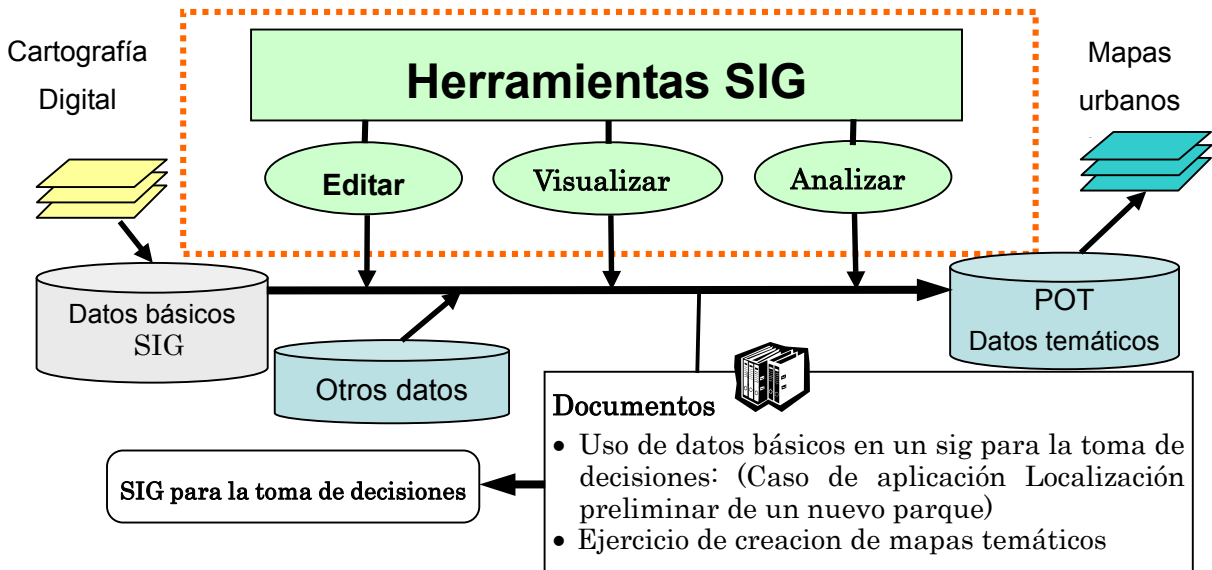


Figura 10-1 Componentes SIG software

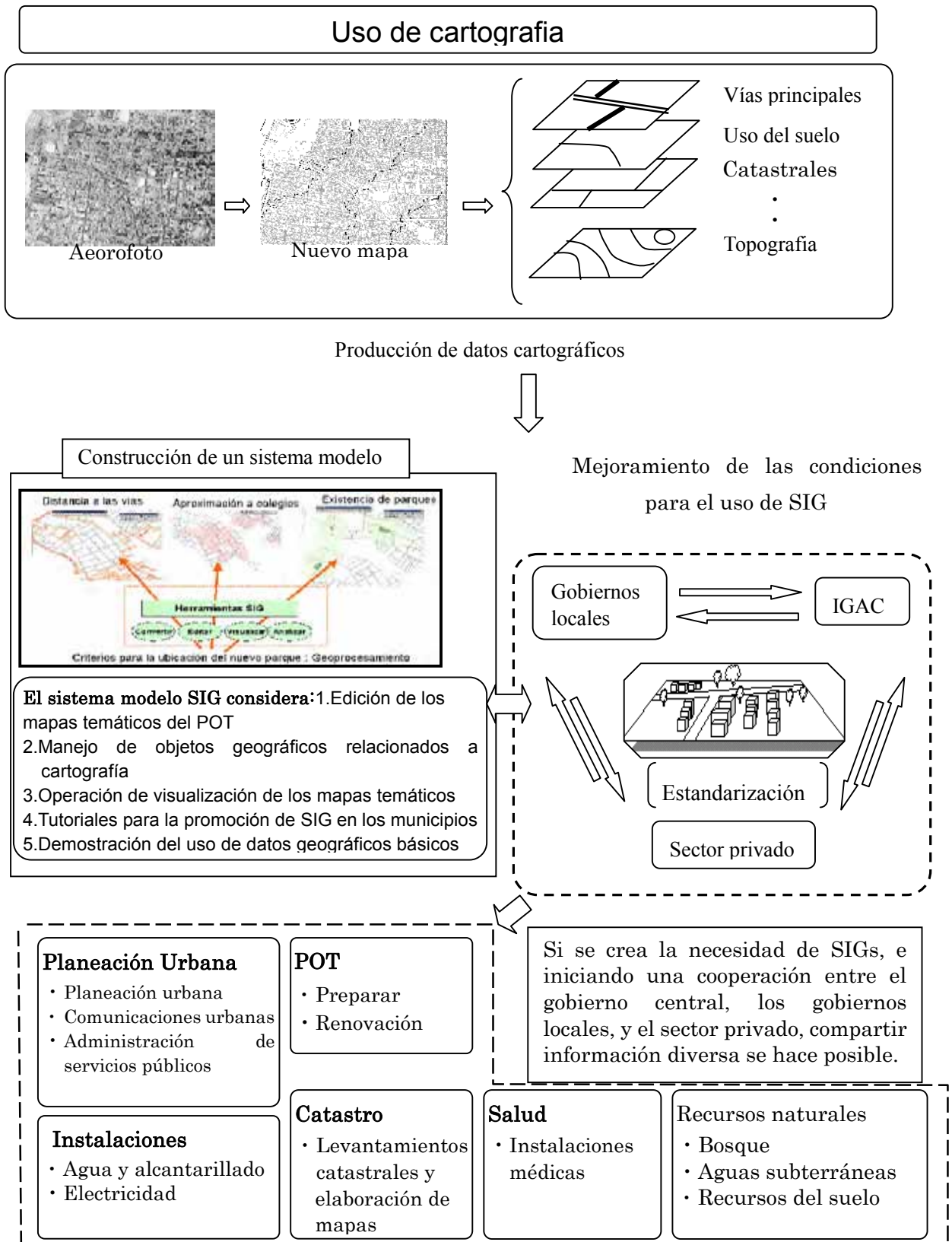


Figura 10-2 Procesamiento de datos con información espacial



Figura 10-3 Uso ideal de la información geográfica

## **CAPÍTULO 11 ANÁLISIS DE AUTOSOSTENIBILIDAD**

### **11.1 Propósito y metodología**

#### **11.1.1 Propósito**

El propósito del análisis es examinar si el IGAC puede producir cartografía digital a escala 1:2000 y datos básicos SIG de 100 municipios con base en su capacidad técnica y también utilizando tecnologías transferidas a través del estudio.

#### **11.1.2 Metodología de análisis**

El propósito es el análisis de autosostenibilidad del programa del IGAC para la elaboración de cartografía digital a escala 1:2000 y datos básicos SIG de 100 municipios, después de la finalización del proyecto de JICA. Hay tres factores que determinan el nivel de autosostenibilidad.

- Capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado
- Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios
- Resultados del programa de transferencia tecnológica de JICA

La Figura 11-1 muestra la relación entre los tres factores anteriormente citados.

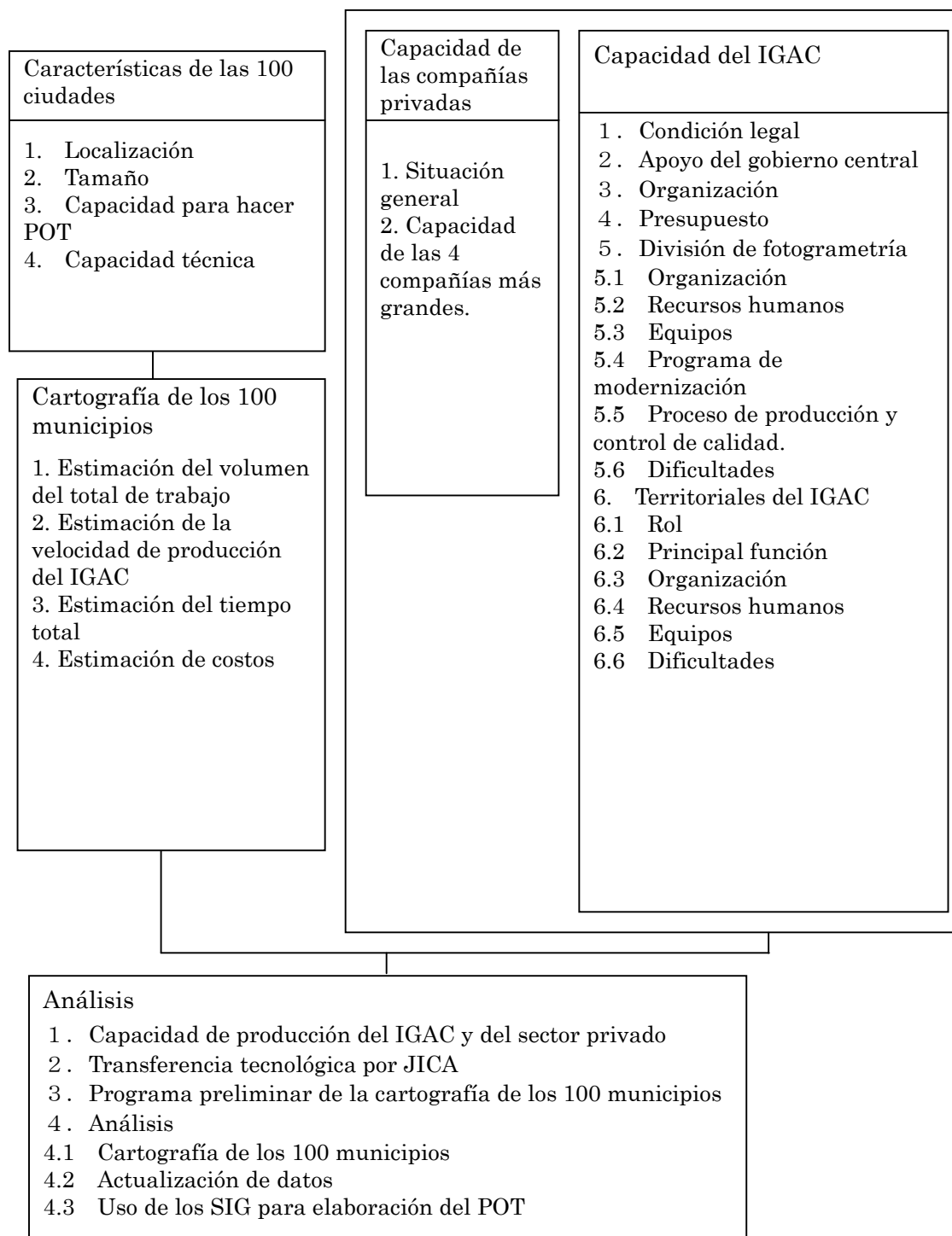


Figura 11-1 Componentes del análisis de autosostenibilidad

### **11.1.3 Colección de datos**

Se recopiló información del IGAC a través de entrevistas a sus funcionarios, cuestionarios, la observación de los procesos de producción y análisis de los documentos existentes. También se visitaron las Direcciones Territoriales de Santa Marta, Cartagena, Barranquilla, Manizales, Pereira y Cali.

Se elaboró un cuestionario para averiguar la situación de los 100 municipios, estos fueron distribuidos a los 100 municipios, y recolectados por las Direcciones Territoriales del IGAC.

Igualmente, el período en Colombia para la investigación del análisis de autosostenibilidad en el primer año fue de 40 días y en el segundo año fue de 30 y luego 60 días más.

## **11.2 Registro cronológico de actividades**

### **11.2.1 Trabajo en Colombia (enero – marzo de 2006)**

(1) Se explicó el objetivo del estudio, así como el contenido del análisis de autosostenibilidad al IGAC

Se observó que el IGAC esperaba que JICA continuara con la producción de cartografía y datos básicos SIG de los 100 municipios, después de terminar los datos geográficos de las tres ciudades de la Costa Atlántica. El Equipo de JICA explicó al IGAC que el objetivo del estudio es apoyar al IGAC para establecer un proceso moderno de producción masiva de mapas digitales y de datos básicos SIG. Asimismo, se explicó que el IGAC debe ser responsable de los 100 municipios y por este motivo el estudio de análisis de autosostenibilidad es muy importante.

(2) Análisis de las condiciones y dificultades actuales del IGAC

Se recolectó información sobre la situación presente del IGAC a través de entrevistas y cuestionarios al personal del IGAC. Esta información se usó para entender la organización, la política, las principales actividades y la capacidad general del IGAC, para la elaboración de cartografía a grandes escalas y datos SIG. Información similar también fue recolectada en las Direcciones Territoriales de Santa Marta y Cali.

(3) Recolección de datos básicos para realizar un trabajo tentativo y los planes de costos.

Con el propósito de calcular el volumen total de trabajo para la elaboración de cartografía digital a escala 1:2000 y datos básicos SIG de los 100 municipios, se recopiló la tasa de

rendimiento típica del funcionamiento del IGAC, el volumen de trabajo contratado al sector privado y otros datos relevantes.

#### (4) Selección de los 100 municipios

Cuando se firmó el documento del alcance del estudio de JICA, el IGAC preparó originalmente una lista de los 100 municipios. Luego el IGAC cambió la lista a finales del año 2005. La razón de este cambio fue que durante ese período se elaboró la cartografía a escala 1:2000 para algunos municipios que estaban en esta lista. Es decir se modificó la tabla de acuerdo al cambio de prioridades.

La lista final de los 100 municipios se muestra en la Tabla 11-1.

Tabla 11-1 Lista de los 100 municipios (parte I)

No	Departamento	Municipio	respuesta	No.	Departamento	Municipio	Respuesta
1	ATLÁNTICO	CAMPO DE LA CRUZ		26	BOLIVAR	HATILLO DE LOBA	○
2	ATLÁNTICO	CANDELARIA		27	BOLIVAR	MAHATES	
3	ATLÁNTICO	JUAN DE ACOSTA		28	BOLIVAR	MARGARITA	
4	ATLÁNTICO	LURUACO	○	29	BOLIVAR	MORALES	
5	ATLÁNTICO	MANATI	○	30	BOLIVAR	PINILLOS	
6	ATLÁNTICO	POLONUEVO	○	31	BOLIVAR	REGIDOR	
7	ATLÁNTICO	PONEDERA		32	BOLIVAR	RIO VIEJO	
8	ATLÁNTICO	REPELON		33	BOLIVAR	SAN CRISTOBAL	
9	ATLÁNTICO	SANTA LUCIA		34	BOLIVAR	SAN ESTANISLAO	○
10	ATLÁNTICO	SUAN	○	35	BOLIVAR	SAN FERNANDO	○
11	ATLÁNTICO	TUBARA		36	BOLIVAR	SAN JACINTO	
12	ATLÁNTICO	USIACURI		37	BOLIVAR	SAN JUAN NEPOMUCENO	
13	BOLIVAR	ACHI		38	BOLIVAR	SAN MARTIN DE LOBA	○
14	BOLIVAR	ALTOS DEL ROSARIO		39	BOLIVAR	SAN PABLO	○
15	BOLIVAR	ARENAL		40	BOLIVAR	SANTA CATALINA	
16	BOLIVAR	ARJONA	○	41	BOLIVAR	SANTA ROSA	○
17	BOLIVAR	ARROYOHONDO	○	42	BOLIVAR	SIMITI	
18	BOLIVAR	BARRANCO DE LOBA		43	BOLIVAR	SOPLAVIENTO	
19	BOLIVAR	CALAMAR		44	BOLIVAR	TALAIGUA NUEVO	
20	BOLIVAR	CANTAGALLO		45	BOLIVAR	TIQUISIO	
21	BOLIVAR	CICUCO		46	BOLIVAR	TURBANA	
22	BOLIVAR	CLEMENCIA		47	BOLIVAR	VILLANUEVA	○
23	BOLIVAR	CORDOBA		48	BOLIVAR	ZAMBRANO	
24	BOLIVAR	EL GUAMO		49	CALDAS	ARANZAZU	○
25	BOLIVAR	EL PEÑON		50	CALDAS	FILADELFIA	○



Tabla 11- Lista de los 100 municipios (parte II)

No	Departamento	Municipio	respuesta	No.	Departamento	Municipio	Respuesta
51	CALDAS	LA MERCED	○	76	CUNDINAMARCA	ZIPACON	
52	CALDAS	MANZANARES	○	77	LA GUAJIRA	ALBANIA	
53	CALDAS	MARMATO		78	LA GUAJIRA	BARRANCAS	○
54	CALDAS	MARQUETALIA	○	79	LA GUAJIRA	DIBULLA	○
55	CALDAS	MARULANDA	○	80	LA GUAJIRA	DISTRACCION	○
56	CALDAS	PENSILVANIA	○	81	LA GUAJIRA	EL MOLINO	○
57	CALDAS	RIOSUCIO	○	82	LA GUAJIRA	FONSECA	○
58	CALDAS	SALAMINA	○	83	LA GUAJIRA	HATONUEVO	○
59	CALDAS	SAMANA	○	84	LA GUAJIRA	LA JAGUA DEL PILAR	
60	CALDAS	SUPIA	○	85	LA GUAJIRA	MANAURE	
61	CALDAS	VICTORIA	○	86	LA GUAJIRA	SAN JUAN DEL CESAR	○
62	CAQUETÁ	FLORENCIA	○	87	LA GUAJIRA	URIBIA	○
63	CAUCA	POPAYAN	○	88	LA GUAJIRA	URUMITA	○
64	CUNDINAMARCA	AGUA DE DIOS	○	89	LA GUAJIRA	VILLANUEVA	
65	CUNDINAMARCA	ALBAN		90	META	VILLAVICENCIO	○
66	CUNDINAMARCA	ANOLAIMA	○	91	RISARALDA	APIA	
67	CUNDINAMARCA	CACHIPAY		92	RISARALDA	BELEN DE UMBRIA	
68	CUNDINAMARCA	JERUSALEN	○	93	RISARALDA	GUATICA	
69	CUNDINAMARCA	LA MESA		94	RISARALDA	LA VIRGINIA	
70	CUNDINAMARCA	NILO	○	95	RISARALDA	MARSELLA	
71	CUNDINAMARCA	QUIPILE	○	96	RISARALDA	MISTRATO	
72	CUNDINAMARCA	RICAUARTE	○	97	RISARALDA	QUINCHIA	
73	CUNDINAMARCA	TOCAIMA	○	98	RISARALDA	SANTUARIO	○
74	CUNDINAMARCA	VILLETA		99	TOLIMA	IBAGUE	○
75	CUNDINAMARCA	VIOTA		100	VALLE DEL CAUCA	CALI	○

### **11.2.2 Trabajo en Colombia (junio – julio de 2006)**

#### (1) Recolección de las respuestas de los cuestionarios

Solamente 40 municipios devolvieron las respuestas a finales de julio de 2006. El Equipo de Estudio de JICA decidió esperar hasta finales de agosto.

#### (2) Análisis de las respuestas recolectadas

Las respuestas recogidas se ingresaron en formato Excel.

#### (3) Exigencia del envío de las respuestas

Se unieron esfuerzos con cooperación del IGAC, para recuperar las respuestas de los 100 municipios.

#### (4) Cálculo del volumen de producción de datos SIG

Se recopilaron del material existente, los datos de tamaño y población de los municipios y éstos se usaron para estimar los costos totales del programa de elaboración de cartografía para los cien municipios.

El IGAC hizo un cálculo detallado, mientras el Equipo de Estudio utilizaba los datos de la producción de cartografía digital de 65 municipios. Se compararon los dos resultados para evaluar su validez.

#### (5) Análisis de la función de las Territoriales del IGAC.

Primero la meta del análisis de la autosostenibilidad fue la División de Fotogrametría de la oficina central del IGAC. Sin embargo después de terminar el estudio del primer año, se dió cuenta de que las Direcciones Territoriales del IGAC tienen capacidad potencial para jugar un rol importante en trabajos de campo para cartografía. También se dió cuenta de que ellas son importantes para hacer entender a los usuarios el valor de datos básicos de SIG.

Por esta razón se decidió investigar la situación de las Direcciones Territoriales. Para lograr ese propósito se visitaron las oficinas de Santa Marta y Cali.

### **11.2.3 Trabajo en Japón (agosto de 2006)**

#### (1) Recolección de respuestas

A comienzos de agosto de 2006 se recibieron las respuestas de 48 municipios. A finales de julio el IGAC había solicitado las respuestas a los cuestionarios.

(2) Preprocesamiento de las respuestas recolectadas

Los contenidos de respuestas recolectadas se adicionaron en un formato de tabla. Se determinó que estos 48 municipios podrían representar los cien municipios teniendo en cuenta: el tamaño, la densidad de población, el patrón del uso del suelo mostrado sobre las fotografías aéreas existentes.

(3) El cálculo del volumen de trabajo para la elaboración de la cartografía digital a escala 1:2000

El área total de la cartografía para los 100 municipios es de aproximadamente 562 km<sup>2</sup>. A pesar de que el tamaño total no es grande, las zonas a cartografiar están dispersas alrededor del país. El Equipo planeaba al principio categorizar los municipios de acuerdo a la prioridad de cartografía. Sin embargo después se dió cuenta de que para mejorar la eficiencia del trabajo se debían agrupar los municipios cercanos.

(4) Recolección y análisis de información adicional

En el primer año se recolectó la información y material pertinentes para entender el trabajo y la capacidad de producción cartográfica del IGAC. Sin embargo, como el IGAC renovó algunos de sus manuales y especificaciones, fue necesario recolectar datos adicionales.

También se hizo un análisis de las dificultades encontradas por el Equipo de Estudio.

#### **11.2.4 Trabajo en el Segundo año (sep. – nov de 2006)**

(1) Planeación de la cartografía de los 100 municipios

Se revisó el programa de cartografía de los 100 municipios, con base en la información recolectada en el segundo año.

(2) Recolección de información adicional sobre la situación y los procedimientos de trabajo del IGAC

En los años 2005 y 2006, el IGAC introdujo equipos fotogramétricos modernos en un ritmo bastante rápido principalmente por el apoyo de donantes extranjeros. Esto significa que el método y procedimientos para la producción del IGAC cambió en un tiempo muy corto. Particularmente, desde que el IGAC cambió el software de edición digital de Microstation a ArcGIS, se hizo necesario el análisis completamente nuevo del flujo de trabajo.

(3) Visita a las Direcciones Territoriales del IGAC

Se visitaron las Direcciones Territoriales de Manizales y Pereira para conocer su capacidad

técnica.

(4) Verificación de los resultados de la transferencia técnica y entrega de recomendaciones

Teniendo en cuenta el espacio en blanco del trabajo entre el 2006 y el 2007 en Colombia, tuvo lugar una reunión para resumir las conclusiones del Equipo de Estudio y temas importantes en elaborar datos básicos de SIG para los 100 municipios.

### 11.3 Resultados

#### 11.3.1 Estudio a los 100 municipios

(1) Algunos aspectos de los 100 municipios

Dentro de los 100 municipios están incluidas 5 ciudades grandes, llamadas: Cali, Ibagué, Villavicencio, Popayán y Florencia. Pues su tamaño y población son grandes comparadas con los restantes 95 municipios, entonces el análisis de las características de “los 100 municipios” se hizo sobre “95” municipios.

Tabla. 11-2 muestra la población y el tamaño de los 95 municipios.

Tabla 11-2 Tamaño, población y densidad de población de los 95 municipios

Porcentaje	Tamaño del área urbana	Población	Densidad de población
10%	47,20	2.216,80	16,64
20%	88,80	4.389,40	28,74
30%	108,60	5.280,20	37,78
40%	136,00	6.331,00	43,26
50%	167,00	7.764,00	48,33
60%	203,80	9.117,80	56,16
70%	251,00	10.751,80	65,91
80%	336,20	13.395,20	78,96
90%	486,40	18.702,60	102,51
100%	1.154,00	50.351,00	272,00

El tamaño total y el promedio de las áreas urbanas de los 95 municipios son de 21.610 ha y de 227,39 ha respectivamente. El promedio de población es de 530.000 habitantes y la densidad promedio de población es de 2,86 personas por ha.

Los 99 de los 100 municipios tienen cubrimiento de fotografías aéreas. En las próximas páginas se muestran las fotografías aéreas de cuatro municipios. Como lo muestran estas fotos, muchas

de las áreas urbanas o ciudades de los municipios pueden cubrirse por un sólo modelo de aerógrafías (Figura 11-2, 11-3).



Figura 11-2 Fotografías aéreas existentes de Santa Catalina, Bolívar



Figura 11-3 Fotografías existentes de Marulanda, Caldas

Debido a que tan sólo 48 de los 100 municipios devolvieron las respuestas al Equipo de Estudio, fue necesario examinar si los 48 municipios podrían representar los 100 municipios. Realmente 5 municipios llamados Cali, Ibagué, Villavicencio, Popayán y Florencia son diferentes de los otros 95 municipios en términos de tamaño, por eso en esta exploración se excluyeron los cinco municipios.

La Tabla 11-3 muestra el tamaño y la población de los 95 municipios – Se excluyeron los cinco municipios más grandes. También los cinco municipios más grandes están dentro del grupo de los 48 que devolvieron las respuestas de los cuestionarios, por eso en esta exploración, se excluyeron estos de los 48 municipios, es decir el número de municipios que respondieron los cuestionarios fueron 43 en lugar de 48.

Tabla 11-3 Estadísticas de los 95 municipios

		Área ha	Población
Desviación estándar	43 municipios	242,55	8.581,65
	52 municipios	154,90	6.793,97
	95 municipios	203,78	7.666,20
Mediana	43 municipios	208,00	8.150,00
	52 municipios	136,00	6.944,50
	95 municipios	167,00	7.764,00
Promedio	43 municipios	273,58	10.062,30
	52 municipios	189,19	9.231,06
	95 municipios	227,39	9.607,31

El tamaño del área y la población de los 52 municipios que no enviaron las respuestas son más pequeños que el promedio de los 43 y de los 95 municipios.

El Equipo concluyó que el tamaño del área y la población de los 43 municipios que entregaron las respuestas son prácticamente iguales a las de los 95 municipios. Consecuentemente, el Equipo demostró que los 43 municipios pueden ser representantes de los 100 municipios.

## (2) Resumen de la encuesta a los 48 municipios

Las respuestas de los cuestionarios recolectados se resumen, así. Como fue conducido el levantamiento en campo por un método indirecto, es posible que no fueron interpretadas algunas preguntas correctamente por los personales de municipios quien las contestaron. Sin embargo,

aproximadamente las características de los 48 municipios pueden estimarse desde las respuestas recolectadas.

1) Existencia de mapas para el POT: Existen 42, No existen 5, No responden 1

2) Sobre los municipios que respondieron “Existen” en la anterior pregunta:

- La escala de los mapas: La escala varía entre 1:1750 y 1:110000.
- Año de producción de los mapas: No respondieron 9 ciudades. Una ciudad: 1961. Los mapas de las ciudades fueron elaborados entre 1981 y 2006.
- Productor de los mapas: No respondieron 10 ciudades. 11 ciudades respondieron “IGAC”. El resto de las ciudades respondieron “Corporaciones autónomas regionales” o la alcaldía.
- Costo en la elaboración de mapas: No respondieron 35 ciudades. El resto de las ciudades respondieron “entre 2 000 000 y 57 000 000 pesos colombianos”.
- Dificultades relacionadas con los mapas: 19 ciudades respondieron que no había problemas. No respondieron 15 ciudades. El resto de las ciudades respondieron que los mapas eran “desactualizados” e “inexactos”.

3) Existencia de secciones especializadas en cartografía y SIG.

Sólo 3 ciudades respondieron que ellos tienen una sección.

4) Si la respuesta a la pregunta anterior es si

Cantidad de personal técnico: 1 a 3

Principales instrumentos: Sólo una ciudad tiene un digitalizador y una ciudad no tiene Plotter.

5) Principal industria: Agricultura y ganadería

6) Población

La población varía de 2 691 a 2 423 381. Sólo 5 ciudades tienen una población mayor a 110 000 habitantes.

7) Tamaño del área designada como área urbana: No respondieron 11 ciudades. El tamaño y la definición son variados

8) Número de colegios

Menos de 10

23 ciudades

11-20	9 ciudades
21-30	2 ciudades
31-40	4 ciudades
41-50	3 ciudades
51-100	1 ciudad
Más de 100	3 ciudades
No respondieron	4 ciudades

9) Existencia del POT

48 ciudades respondieron que ellos tenían POT, el año de producción del POT varía entre 1998 a 2005

10) Organización que elaboró el POT

44 ciudades respondieron. Muchos de ellos respondieron que asesores elaboraron el POT. En las 15 ciudades la oficina de Planeación de la ciudad elaboró el POT.

11) Mapas temáticos elaborados para el POT

42 ciudades respondieron. Debido a los diversos mapas temáticos elaborados, el número total de los mapas temáticos es de 455.

Tabla 11-4 Mapas temáticos elaborados para el POT

Principales mapas temáticos		Número
1	Acueducto, alcantarillado y vivienda	26
2	Servicios públicos	51
3	Vías, comunicación, transporte	37
4	Medio ambiente, medio ambiente natural, bosque	41
5	Uso del suelo, tipo de suelos	66
6	Peligros, riesgos, vulnerabilidad	62
7	Geología y mineralogía	12
8	Geomorfología y topografía	22
9	Áreas homogéneas	14
10	Ríos, precipitación, sistema hidrológico	22
11	Límites políticos y administrativos	53
12	Otros temas difíciles de clasificar	49
Total		455



12) Tiempo requerido para la elaboración del POT: Entre 3 a 60 meses.(Respondieron 41 ciudades).

13) Costo de elaboración del POT

Respondieron las 28 ciudades. El presupuesto varía entre \$7 000 000 y 200 000 000 de pesos colombianos. Excepto una ciudad cuyo presupuesto fue de \$500 000 pesos colombianos.

- Menos de CO\$500 000 1 ciudad
- CO\$5 000 000~CO\$10 000 000 6 ciudades
- CO\$10 000 001~CO\$20 000 000 6 ciudades
- CO\$20 000 001~CO\$50 000 000 11 ciudades
- CO\$50 000 001~CO\$100 000 000 3 ciudades
- CO\$100 000 001~CO\$1 000 000 000 1 ciudad
- Más de CO\$1 000 000 001 1 ciudad

14) Fuentes de datos para la elaboración del POT

Las principales fuentes de datos son el DANE, IGAC, SISBEN y las Corporaciones Autónomas Regionales. Algunas ciudades mencionaron que los problemas eran los mapas obsoletos e imprecisos.

15) Problemas con la base de datos del POT

14 ciudades respondieron que no tenían problemas. 6 ciudades respondieron que no tenían bases de datos. Las ciudades que tenían bases de datos resaltaban que estas eran viejas.

16) Relación con la ley 388

39 ciudades respondieron que ellos elaboraron los POT con base a la ley 388.

17) Estandarización de las fuentes de datos para la construcción de información espacial

10 ciudades respondieron que no sería necesario

18) Estandarización de las especificaciones para la elaboración del POT

32 ciudades respondieron. La mayoría de ellas agregaron que es importante la estandarización de las especificaciones.

19) El monto del presupuesto para el mantenimiento del POT

35 ciudades respondieron. Si el subsidio es disponible para el mantenimiento del POT, el monto

requerido por municipios varía de CO\$2 000 000 to CO\$30 000 000.

20) Cooperación entre ciudades, Estado o con el gobierno central para el mantenimiento de los datos del POT

40 ciudades respondieron. La mayoría tiene alguna clase de acuerdo de cooperación con otras organizaciones públicas.

21) Existencia de un plan de desarrollo

44 ciudades respondieron que tenían un plan de desarrollo.

22) Componentes importantes dentro del desarrollo de la ciudad

- Educación
- Desarrollo de vivienda
- Desarrollo de recursos hídricos
- Desarrollo de la agricultura
- Red vial
- Suministro de agua
- Alcantarillado

23) Presupuesto anual

EL presupuesto varia aproximadamente entre CO\$2.000.000.000 y CO\$ 16.000.000.000.

El siguiente es el resumen de las respuestas de las 48 ciudades.

- Las principales industrias son agricultura y ganadería en la mayoría de los municipios. Esto supone que patrón del uso de suelo es también casi idéntico.
- La mayoría de las 48 ciudades listaron que “los mapas viejos e inexactos” son un problema para la elaboración del POT.
- Muchas ciudades piensan que es importante elaborar estándares para el POT.
- Sólo 3 ciudades tienen una sección especial encargada de los levantamientos y los SIG. Sin embargo, incluso en esas ciudades el número del personal técnico es entre uno y tres. Esto significa que la mayoría de las 48 ciudades no tienen la capacidad de manejar datos, mapas y datos SIG.

### **11.3.2 Costos para la elaboración de cartografía y datos básicos SIG para los 100 municipios**

La estimación de los costos se hizo para comparar el costo total de la elaboración de cartografía

y el presupuesto habitual del IGAC.

Se hicieron dos estimaciones. Una estimación se basó en los precios unitarios usados por el IGAC para estimar el presupuesto para contratar a las compañías privadas.

La otra estimación se basó en el monto destinado al proyecto de elaboración de cartografía de 65 municipios que se llevó a cabo por parte de compañías privadas en el 2006.

#### (1) Estimación de costos usando los precios unitario del IGAC

Se requiere bastante tiempo para realizar la estimación de costos para cada ciudad. Por esta razón, originalmente se planeó dividir los 100 municipios en diversos grupos de acuerdo a sus características, como su principal industria y uso del suelo. Sin embargo, después de evaluar las repuestas de las 48 ciudades se concluyó que en general todas las ciudades, excepto las 5 grandes, son casi idénticas y no se pueden dividir en grupos con base en sus características.

Entonces, se agruparon en base a su localización. La agrupación por localización es importante desde el punto de vista de minimizar costos para la clasificación de campo. Como resultado, los 100 municipios se dividieron en 10 grupos. Y por cada grupo se estimó el tiempo y los costos de los procesos de levantamiento de puntos de fotocontrol, de aerotriangulación y de cartografía fotogramétrica.

#### 1) Volumen de trabajo de la cartografía de los 100 municipios

- Área 56 210 ha
- Modelos 646 modelos
- Puntos de control 723 puntos

#### 2) Rendimiento del trabajo

- Levantamientos de puntos de fotocontrol: 4 Puntos/día/grupo
- Clasificación de campo: 130 ha/día/grupo
- Aerotriangulación: 10 modelos/hombre/día
- Cartografía digital / edición 200 ha/hombre/mes
- Edición digital: 600 ha/hombre/mes

Como se muestra en la Tabla 11-5, el total de trabajo es de 25 meses.

#### 3) Costos

• a) Levantamientos de puntos de fotocontrol:	CO\$549.480.000
• b) Clasificación de campo:	CO\$224.840.000
• c) Aerotriangulación:	CO\$81.719.000
• d) Cartografía digital / edición	CO\$2.810.500.000
• e) Clasificación de campo complementaria:	CO\$56.210.000
Total	CO\$3.694.766.000

Estos costos se calcularon con base en la hipótesis de que todo el trabajo sería subcontratado a compañías privadas locales. El IGAC frecuentemente usa compañías locales para realizar los levantamientos y la cartografía, cuando su capacidad de trabajo cartográfico no es suficiente. Los costos estimados de acuerdo a estas hipótesis es el mayor valor que el IGAC podría necesitar para elaborar mapas topográficos de los 100 municipios.

(2) Estimación de costos de acuerdo al proyecto de cartografía para los 65 municipios

El monto destinado para la contratación de las compañías privadas para la elaboración de la cartografía de los 65 municipios con un área total de 65 000 ha fue de \$4 500 000 000 pesos colombianos. Y teniendo en cuenta que el tamaño total de la cartografía de los 100 municipios es de 56,21ha, se estimó el costo de la elaboración de cartografía de los 100 municipios con base a los datos del valor de la cartografía para los 65 municipios.

Se hicieron dos estimaciones, una sin asumir los costos fijos y para la otra, supusieron los costos fijos como el 10 % y costos variables como el 90%.

Si el 10 % del monto contratado corresponde a los costos fijos, el costo total para la cartografía de los 100 municipios puede estimarse por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & (\text{CO\$}4\,500\,000\,000 \times 10\%) + (\text{CO\$}4\,500\,000\,000 \times 90\%) / 65\,000 \text{ ha} \times 56\,210 \text{ ha} \\ & = \text{CO\$}3\,952\,315\,385 \end{aligned}$$



Y si el porcentaje de costos fijos es de cero peso (\$0), el precio total será \$ 3.891.461.538 pesos colombianos. Como es poco probable que todos precios contratados consisten de costo variable, con miras a esta aproximación, es usado el precio estimado como el 10 % de costo fijo, es decir, \$3.952.315.385 pesos colombianos.

(3) Evaluación de las dos estimaciones

Los costos estimados por los dos métodos son:

Estimación del IGAC:	CO\$3.694.766.000
Estimación por el contrato anterior	CO\$3.952.315.385

La diferencia es de 7%. Juzgando por el hecho de que ambos cálculos no fueron realizados basando en número exacto de puntos de control o la forma de áreas cartográficas, el Equipo de Estudio considera insignificante este 7 % de diferencia. La conclusión de estas estimaciones es que la cartografía de los 100 municipios podrá realizarse si es disponible aproximadamente el presupuesto de \$4 000 millones de pesos colombianos.

Se debe tenerse en cuenta que estas cifras son basadas en la suposición de que fotografías aéreas existentes son usadas para la cartografía.

En la siguiente Tabla 11-6, el costo estimado puede compararse con el presupuesto del IGAC. El presupuesto del IGAC directamente relacionado con cartografía es:

Tabla 11-6 El costo de la cartografía estimado compararse con el presupuesto del IGAC

Costos	2005	2006	2007
1. Producción y actualización del mapa general	300.000.000	300.000.000	4.108.000.000
2. DANE	10.987.569.206	0	0
3. Contratos con otras instituciones	0	0	4.280.000.000

El monto de presupuesto para cartografía varía drásticamente de un año a otro. Fundamentalmente el presupuesto de cartografía para el año 2007 es para producir mapas a escala 1:25000. Sin embargo, si esta magnitud de presupuesto es asignado para la cartografía a escala 1:2000, puede cubrirse fácilmente el costo total de cartografía que es de 3.952.315.385 pesos colombianos.

## **11.4 Capacidad del IGAC en cartografía y producción de datos SIG**

### **11.4.1 Recursos propios del IGAC**

El tipo y la cantidad de instrumentos, y el número de operarios técnicos de las Divisiones de Fotogrametría y Geodesia se describen en el Capítulo 6.

Los recursos totales del IGAC para la producción de mapas digitales a escala 1: 2000 y datos básicos SIG se resume como sigue:

#### **(1) Instrumentos y personal técnico**

En julio de 2007, la División de fotogrametría contaba con sistemas totalmente digitales para restitución y edición de mapas. En cuanto al número de operarios, es posible contratar un mayor número en caso de que se requiera incrementar la capacidad de producción. Por lo tanto, el IGAC cuenta con el personal suficiente para la cartografía fotogramétrica.

En cuanto al levantamiento de puntos de control, la División de Geodesia tiene una cantidad suficiente de GPS, niveles, y operarios para realizar el trabajo de campo.

#### **(2) Destreza para la operación de sistemas fotogramétricos**

El proceso de conversión de equipos análogos a equipos de cartografía digital se inició hace casi cuatro años. Para julio de 2007, todos los operadores de los sistemas análogos tradicionales han sido entrenados para utilizar máquinas digitales. Por lo tanto, el IGAC no tiene inconvenientes para operar los equipos de cartografía y edición.

#### **(3) Experiencia en cartografía fotogramétrica**

El IGAC tiene suficiente experiencia en restitución estereográfica y edición, al igual que en aerotriangulación, levantamientos de puntos de control e identificación de campo.

#### **(4) Capacidad para producir datos básicos SIG**

Desde 2005 el IGAC ha estado estudiando el uso del software ArcGIS para edición de mapas, y anunció en el 2006 un nuevo modelo de datos. Si bien se discutieron en repetidas ocasiones la definición y el contenido de los datos básicos SIG entre el Equipo de JICA y el IGAC, se considera que el IGAC tiene la capacidad de producir datos para SIG a partir de datos de mapas topográficos.

#### (5) Dificultades y transferencia tecnológica

El Equipo de Estudio de JICA identificó algunas dificultades con los métodos o reglamentos de producción del IGAC. La preocupación particular fue la comunicación entre cada grupo técnico. Pues falta de comunicación se presentó en diferentes procesos, en diferentes formas. Por ejemplo, el plan de localización de puntos de control no era comprendido por completo por quien planea las líneas de vuelo. Otro ejemplo es que la definición del catálogo de datos a utilizar en campo no estaba suficientemente clara.

Otras dificultades menores identificadas por el Equipo de Estudio fueron atendidas y revisadas por el IGAC. También, algunas de las sugerencias hechas por el Equipo de Estudio ya han sido aceptadas por el IGAC, cambiando su método anterior. Particularmente lo importante es que el IGAC ahora está tratando de mejorar la comunicación entre los diferentes grupos.

#### **11.4.2 Capacidad técnica de las compañías privadas colombianas de cartografía**

En el 2006, el IGAC hizo un contrato con compañías privadas colombianas de cartografía para la elaboración de mapas a escala 1:2000 de 65 municipios. La capacidad del sector privado fue importante para la elaboración de mapas a escala 1:2000 y datos básicos SIG en un corto período de tiempo. De esta manera se visitaron las principales 4 compañías con el propósito de conocer su capacidad.

- FAL LTDA
- GEOVITAL
- GEOSISTEMAS
- ATLAS INGENIERIA

Las cuatro compañías tienen relación con el IGAC. Por ejemplo, los antiguos funcionarios del IGAC están ahora trabajando en la gerencia de algunas firmas. Los instrumentos fotogramétricos de la mayoría de las compañías no son tan nuevos como los del IGAC, sin embargo todos estos tienen la capacidad suficiente para producir mapas digitales.

#### (1)FAL

Fundada en 1980. Es la única compañía de cartografía en Colombia que tiene el certificado ISO. FAL tiene su propio avión Cessna 206. Los instrumentos fotogramétricos de FAL son:

- PG2 x 4 juegos
- Topocarto D × 1 juego
- Planicomp × 1 juego
- Software de Aerotriangulación: PAT-M



Actualmente, la ciudad de Bogotá está elaborando mapas topográficos a escala 1:1000 y un grupo de compañías privadas están llevando a cabo este trabajo. FAL está trabajando como líder del grupo de compañías privadas. En la cartografía topográfica a escala 1:2000 de los 65 municipios, que el IGAC está subcontratando a las compañías privadas, FAL junto con otras compañías es responsable de los 28 municipios.

#### (2) ATLAS INGENIERÍA

El presidente de Atlas ingeniería, el señor Ricardo Galindo estudió en el ITC y en Estados Unidos y ha trabajado como instructor del CIAF. Además, Atlas tienen su propio instituto de operadores fotogramétricos. La compañía tiene su propio Cessna 206TU. Ellos tienen los siguientes instrumentos fotogramétricos:

- DVP x 6 juegos
- DVP académico x 6 juegos
- Sistema de Aerotriangulación: SPACE-M

#### (3) GEOVIAL

Muchos de los antiguos funcionarios del IGAC están trabajando en esta compañía. Los principales equipos son:

- Topocarto D (con encoder × 3 juegos
- CADMAP (Intergraph) +INPHO × 1 juego
- Microstation
- ArcInfo Software de Aerotriangulación: Ajuste simultáneo de bloques de la DMA

#### (4) GEOSISTEMAS

Todo el personal, excepto el presidente, son antiguos funcionarios del IGAC. Normalmente la compañía solamente tiene 4 miembros. Cuando la compañía obtiene un trabajo, se contratan empleados temporales. Sus principales instrumentos fotogramétricos son:

- PG2 + CADMAP × 3
- Imagestation (Intergraph) × 2
- AU3-WIN × 1
- Microstation V8
- ArcInfo

### **11.5 Resultados del análisis de autosostenibilidad**

Como se explicao anteriormente, el análisis de autosostenibilidad del programa para la

elaboración de cartografía y datos básicos SIG se establece por los siguientes tres factores

- Capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado.
- Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios.
- Resultados del programa de transferencia tecnológica de JICA

#### **11.5.1 Capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado**

Hasta julio de 2007 el IGAC se había terminado de equipar por su cuenta una línea de producción fotogramétrica digital. Se entrenaron los operadores de los antiguos equipos analógicos para que utilizaran los instrumentos digitales de restitución y edición.

Por el contrario las compañías privadas todavía usaban equipos analógicos además de instrumentos modernos de cartografía digital. Sin embargo, sus productos finales cumplían con las especificaciones del IGAC.

Si se combinan ambas capacidades, no será difícil producir mapas de los 100 municipios.

#### **11.5.2 Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios**

El presupuesto anual del IGAC es de \$ 72.823 millones de pesos colombianos en el año fiscal de 2007. Por otro lado, el presupuesto total a usar para la cartografía general es de \$ 8.388 millones de pesos colombianos. De otra parte, el presupuesto requerido para elaborar mapas a escala 1:2000 y los datos básicos SIG de los 100 municipios es aproximadamente \$3.694 millones de pesos colombianos. Entonces, si todo el presupuesto de cartografía se usa para elaborar mapas de los 100 municipios, este trabajo podría completarse en dos años.

Claro está que el IGAC tiene que elaborar mapas en otras escalas y otra clase de productos, y no sería posible utilizar todo el presupuesto para la elaboración de cartografía a escala 1:2000. Sin embargo, considerando que el monto del valor de la elaboración de cartografía a escala 1:2000 y el monto del presupuesto del IGAC, se concluye que con presupuesto propio, el IGAC puede elaborar la cartografía de los 100 municipios en un corto tiempo.

#### **11.5.3 Resultados del plan de transferencia tecnológica de JICA**

Como ya se mencionó en el capítulo 7, el equipo de estudio contribuyó revisando y modificando los métodos de producción del IGAC para obtener mejores resultados. Las modificaciones contribuyen a mejorar la eficiencia de la producción fotogramétrica de mapas 1:2000.

#### **11.5.4 Evaluación global de la autosostenibilidad**

Combinando todos los factores mencionados arriba, el Equipo de Estudio concluye :

(1) El IGAC cuenta con los recursos para producir los mapas digitales a escala 1:2000 y los datos básicos SIG de los 100 municipios en un lapso de tiempo razonable. En caso de encontrarse ocupados los recursos de producción del IGAC para otros proyectos de cartografía, firmas colombianas de cartografía pueden suplir la escasez de recursos.

(2) Sin embargo, el IGAC ha atravesado un proceso de modernización muy drástico en los últimos tres años, y este proceso acaba de ser completado a mediados del año 2007. Se han introducido muchos nuevos métodos. Si bien el IGAC ha adquirido las destrezas suficientes para operar cada sistema de producción, como el de cartografía digital, todavía existía incertidumbre con respecto a la combinación de todos los sistemas nuevos en una unidad de producción de cartografía digital.

Siguiendo los consejos del Equipo de Estudio, el IGAC ha comenzado a eliminar fuentes de posibles problemas para una producción fluida, tal como las fallas en la comunicación entre los diferentes grupos técnicos. Sin embargo tomará un tiempo antes de hacerse posible una evaluación completa para verificar si son eliminadas o no la mayoría de las fuentes de problemas.

(3) Además, quedan aún algunos aspectos que se deben examinar para determinar si se requieren modificaciones o mejoras.

Por ejemplo, el uso de los sistemas de coordenadas locales actualmente para la cartografía municipal, como se registró en el capítulo 8, el Equipo de Estudio sostuvo que el sistema cartesiano de coordenadas no era fácil de comprender por los usuarios ordinarios. Aunque el Equipo comprende que estos sistemas se han venido utilizando en Colombia por mucho tiempo, y que se escogió por encima de otros métodos por ofrecer algunas ventajas, el Equipo considera que vale la pena que el IGAC haga el esfuerzo de revisar de nuevo el sistema de coordenadas desde el punto de vista del fomento del uso de datos SIG. Una de las tareas más difíciles para los usuarios ordinarios de SIGs es la conversión entre sistemas de coordenadas o sistemas de proyección. Si cada municipio tiene su propio sistema de coordenadas local, se incrementan las posibilidades de confusión para el usuario normal.

Otro ejemplo de los temas que tienen potencial necesidad para revisión y mejoramiento es las

especificaciones técnicas para los objetos geográficos que se deben interpretar y trazar sobre los mapas. El IGAC ha publicado catálogos de datos pero el Equipo de Estudio considera que las definiciones de los objetos geográficos no siempre son suficientemente claras. La falta de claridad en las definiciones de los objetos geográficos es causa potencial de confusiones durante la restitución y la clasificación de campo.

(4) Combinando los anteriores argumentos, el Equipo de Estudio considera que el IGAC es autosostenible para producir mapas digitales a escala 1:2000 y datos básicos para SIG de los 100 municipios, si se asigna suficiente presupuesto. Sin embargo, serán requeridas otras revisiones y mejoras técnicas para erradicar causas potenciales de confusiones así como sistemas de coordenadas y catálogos de datos.

## **CAPÍTULO 12 COMPILACIÓN DE LO PROPUESTO AL IGAC**

A partir de la implementación del estudio, el Equipo resume sus recomendaciones al IGAC como se muestra a continuación.

### **12.1 Recursos propios y capacidad del IGAC**

#### **(1) Instrumentos y personal técnico**

A Julio de 2007, la División de Fotogrametría cuenta con un total de 21 sistemas digitales para restitución y 34 sistemas para edición. En cuanto al número de operadores, es posible para el IGAC vincular contratistas si se presentara la necesidad de incrementar la capacidad de producción. En consecuencia, el IGAC cuenta con el personal técnico en número suficiente para cartografía fotogramétrica.

En cuanto al levantamiento de puntos de fotocontrol, la División de Geodesia tiene un número suficiente de GPS's y niveles, así como operarios, para realizar los trabajos de campo.

#### **(2) Destreza operacional para sistemas de cartografía fotogramétrica**

La conversión a escala masiva de las máquinas analíticas a las máquinas digitales comenzó hace casi dos años. Para Julio de 2007, todos los operarios de las máquinas analíticas habían sido entrenados en el uso de las máquinas digitales. Por lo tanto, el IGAC no tiene inconvenientes para operar los sistemas de restitución y de edición.

#### **(3) Experiencia en cartografía fotogramétrica**

El IGAC tiene suficiente experiencia en aerotriangulación, fotocontrol, clasificación de campo, restitución y edición.

#### **(4) Capacidad para producir datos básicos para SIG**

Desde 2005 el IGAC se encontraba estudiando el uso de ArcGIS para edición cartográfica, y en 2006 se anunció un nuevo modelo de datos. Aunque el Equipo de Estudio y el IGAC tuvieron una serie de discusiones sobre la definición y el contenido de datos básicos para SIG, el Equipo considera que el IGAC tiene la capacidad para producir los datos geográficos para SIG desde los datos de cartografía topográfica.

### **12.2 Evaluación de la autosostenibilidad**

(1) El IGAC tiene suficientes recursos para producir los mapas a escala 1:2000 y datos

geográficos básicos de los 100 municipios en un lapso de tiempo razonable. En caso de encontrarse ocupados los recursos técnicos del IGAC en otros proyectos de cartografía, las firmas colombianas de cartografía pueden completar la escasez de estos recursos.

(2) El IGAC ha atravesado por un proceso de modernización bastante drástico, y este proceso acaba de completarse. Muchos nuevos métodos han sido introducidos. Aunque el IGAC ha ganado el nivel suficiente para operar los diferentes sistemas de producción, tales como el de cartografía digital, todavía existe incertidumbre para combinar todos los nuevos sistemas en una unidad única de producción de mapas.

(3) El sistema cartesiano actual del IGAC no era fácil de comprender por muchos usuarios habituales de SIG. Aunque el Equipo de Estudio comprende las ventajas de este método sobre otros, y que este sistema ha sido usado por largo tiempo en Colombia, el Equipo considera que para la promoción del uso de los datos, valdría la pena revisar estos sistemas de coordenadas.

### **12.3 Técnica de cartografía y especificaciones del IGAC**

El Equipo de Estudio estimó que la técnica cartográfica y las especificaciones del IGAC tenían algunos problemas.

Se explicaron los contenidos de las discrepancias, y se dieron los siguientes consejos por parte del Equipo:

#### **(1) Modelos incompletos**

Alguna de las fotos que cubrían superficies de agua en Cartagena y Santa Marta no pudieron ser correlacionadas. En otras palabras, existían varios modelos incompletos. Por ejemplo, bancos de arena en Cartagena no estaban cubiertos por una línea única. Para estos “modelos incompletos”, la elevación se estimó a partir de la elevación de tierra firme cercana.

Aunque se hiciera esta estimación, el Equipo de Estudio pensó que el IGAC no tenía casi ninguna experiencia en cartografía a escala 1:2000 en zonas costeras, por lo cual se guió al IGAC para el método de fotografía futuro.

#### **(2) Reglas de numeración de la fotografía**

Se encontró que los números de las fotos generadas automáticamente por la cámara aérea, la numeración de los puntos del GPS aéreos, y los números de archivo de las aerofotos digitalizadas, no estaban relacionados. Esto causó bastante confusión durante los trabajos

preparatorios para la aerotriangulación. Se recomienda revisar las reglas de numeración o al menos crear una tabla relacional.

### (3) Posición de las líneas transversales

El IGAC hizo vuelos transversales conectando las líneas de vuelo. Sin embargo, estas líneas en sentido perpendicular no se planearon pensando en reducir la cantidad de puntos de control terrestre.

Se explicó el propósito de las líneas transversales, y su correspondencia para futuros planes de fotografía.

### (4) Calidad de las imágenes de las aerofotos

#### 1) Explicación del problema

El tono de color en algunas de las imágenes digitales creadas por el IGAC no era continuo.

- Agrandando la imagen hasta el nivel del píxel, se encontró que el tono no era continuo entre píxeles vecinos.
- En áreas en donde el tono del color debería ser constante, como en techos de edificios, o en superficies de vías, el color variaba aleatoriamente entre píxeles vecinos.

#### 2) Inspección del proceso de escaneo del IGAC

No se recomienda en general manipular la resolución de las imágenes por métodos de interpolación. Después de algunos experimentos, se encontró que no era posible obtener la mejor calidad de imagen si la velocidad de escaneo era la máxima. El Equipo de Estudio JICA recomendó buscar el ajuste adecuado, buscando un compromiso entre calidad y tiempo de escaneo.

## **12.4 Mejoramiento de las habilidades tecnológicas del personal**

### (1) Manejo del mapa topográfico y de la base de datos geográfica

Uno de los requerimientos de los municipios es el de solucionar la necesidad de mapas actualizados, puesto que su carencia es inconveniente para propósitos de realizar planeación.

Cuando los datos de las tres ciudades estén terminados, el IGAC proveerá a cada una de ellas una copia de los datos. Estos datos serán utilizados en varios escenarios. Sin embargo, la actualización de los datos será un gran problema en el futuro. Se recomienda la utilización de personal en las Direcciones Territoriales para llevar a cabo la actualización de datos.

### (2) Entrenamiento al IGAC regional

El IGAC es una organización nacional de levantamiento y cartografía en Colombia y un instituto geográfico líder en Centro y Sur América.

Varios cursos en topografía, fotogramétrica, percepción remota y cartografía, están disponibles en el CIAF para personal del IGAC. Sin embargo, estas oportunidades no están disponibles completamente para el personal de las Direcciones Territoriales. Aunque la oficina central envía personal técnico como instructores a las oficinas locales, estas desearían programas de entrenamiento más frecuentes o de mayor duración.

Aunque actualmente su participación en la producción de mapas topográficos es limitada, el IGAC intenta entrenar personal en levantamientos topográficos. Por esto, es importante pensar en la capacitación en este campo de manera positiva.

### **12.5 Revisión del proceso de producción del IGAC**

(1) Revisión del proceso de producción y de las especificaciones, desde un punto de vista externo al IGAC

El IGAC es una entidad con más de 70 años de historia. Por esta razón, algunos de los procesos han cambiado y no se han hecho las revisiones necesarias. El Equipo de Estudio JICA pudo revisar las especificaciones desde un punto de vista diferente al del IGAC, e hizo un informe de sus observaciones.

El Equipo de Estudio piensa que aún es necesario incrementar las ocasiones para intercambiar información entre las diferentes secciones, para poder manejar la producción en masa en el futuro.

También, es necesario introducir una persona encargada de manejar y supervisar el proceso completo.

(2) Recomendaciones al IGAC

- Aerotriangulación y cartografía digital

Los operarios del IGAC no tienen problemas con la producción de cartografía. En cuanto a la aerotriangulación, se verificó que el IGAC está en capacidad de hacer aerotriangulación usando las funciones de correlación automática del software. Se enseñó entonces a personal del IGAC un método para hacer aerotriangulación con correlación manual, para los casos en que la correlación automática fuera difícil.



- El sistema de coordenadas empleado por el IGAC  
Casi el total de los 1099 municipios tienen su propio origen de coordenadas. Como resultado, el sistema de coordenadas en Colombia tiene los siguientes inconvenientes:

- 1) Los usuarios normales de información geográfica podrían confundirse si existe más de un sistema de coordenadas para un área.
- 2) Los fabricantes de software GIS dudarían en crear un software para conversión e ignoran si el IGAC tiene algún plan para distribuir un software para conversión al público general.
- 3) En un futuro, la red de puntos de control será establecida por varios municipios. Si las coordenadas varían por un corto tiempo debido al movimiento del origen, el manejo de los datos topográficos será muy complicado.

Uno de los propósitos de crear datos geográficos y de usar SIG, es el de compartir información geográfica usando un único sistema de coordenadas. La existencia de múltiples sistemas de coordenadas en áreas pequeñas hace muy difícil el uso de información geográfica.

- 4) Los valores de coordenadas de los orígenes de los sistemas locales son iguales a los de las coordenadas de los orígenes de los mapas a pequeña escala. Los valores de coordenadas son idénticas entre los sistemas locales únicamente para sus puntos de origen, este sistema puede ser confuso para los usuarios, debido a que no es fácil determinar el tipo de sistema de coordenadas únicamente examinando sus valores.

## **12.6 Verificar las especificaciones del IGAC**

Los levantamientos en campo se llevaron a cabo siguiendo las especificaciones del IGAC, sin seguir las técnicas del Japón. Por esta razón el Equipo de Estudio debió confirmar las especificaciones en detalle. Con el resultado, el Equipo de Estudio pudo identificar un punto para ser examinado. Era muy importante explicar este punto a las personas del IGAC.

### **(1) Catálogo de datos**

El IGAC ha publicado varios catálogos de objetos geográficos

Existen las siguientes dos especificaciones técnicas del IGAC, usadas para la contratación de firmas privadas locales.

Anexo No.6	Modelo de datos
Anexo No.7	Simbología

Los ítems señalados durante la clasificación de campo fueron listados de acuerdo a las reglas del modelo de datos del Anexo 6. Sin embargo, algunos objetos geográficos no están cubiertos por dicho modelo. También la simbolización cartográfica se especifica en el Anexo 7, pero algunos de sus ítems no tienen correspondencia en el modelo 6. Además, se encontró que algunas de las reglas para la clasificación de objetos del Anexo 6 no eran muy lógicas.

Es comprensible que existan esta clase de confusiones, dado que el IGAC se encuentra en el proceso de construir su modelo de datos. Se recomienda revisar la estructura del modelo y también hacer que el modelo y los símbolos cartográficos sean consistentes entre sí.

### **12.7 Proposición de una nueva técnica para clasificación de campo realizada por el IGAC**

El IGAC se encuentra en transición del método analógico al digital por lo cual está en disposición de introducir en forma positiva tecnologías que sean útiles en el futuro.

La introducción de RECON y el uso de la ortofotografía es un ejemplo concreto, y se considera un aspecto importante que se debe conectar a la producción masiva para la cual el IGAC no tiene mucha experiencia.

#### **(1) Uso del dispositivo de captura de datos (RECON) con GPS**

El IGAC propuso utilizar un dispositivo de captura de datos conectado a GPS en la clasificación de campo. Sus ventajas y desventajas pudieron ser aclaradas durante el trabajo de campo, que deben ser tenidas en cuenta en la elaboración de futuros planes de trabajo.

Una ventaja del dispositivo es que las coordenadas y la información textual es almacenada en formato digital, con lo cual puede transferirse al sistema para la digitalización.

Una desventaja es que el sistema no soporta proyecciones cartesianas. Además, dado que el GPS instalado registra posiciones por el método de posicionamiento simple, la exactitud no es muy alta.

Considerando estos aspectos, el Equipo de Estudio recomienda utilizar los dispositivos de la siguiente manera:

- Trabajos en los que el uso es adecuado: Censo nacional, en el cual la cantidad de datos a recolectar es alta y cada edificio u hogar debe ser visitado
- El dispositivo de captura no es el adecuado para identificar y trazar ítems que no son claramente visibles en las aerofotos.

## **CAPÍTULO 13 RECOMENDACIONES PARA EL USO Y APLICACIÓN DE LOS DATOS DIGITALES CREADOS POR EL PROYECTO**

### **13.1 Rol del IGAC en el uso de SIG**

El rol potencial de los datos creados en este proyecto es el de ser usados para la actualización de los POT. Sin embargo, los datos necesitan ser mantenidos después de haber sido creados. El IGAC debe actuar más como líder en la distribución de información.

#### **(1) Conceptualización de algunas tareas**

La conceptualización de algunas de las tareas se documenta a continuación:

1) El IGAC debe ser responsable de coordinar, integrar, y monitorear las actividades de SIG de Colombia.

2) El IGAC debe proveer asistencia técnica y entrenamiento en las diferentes etapas de proyectos usando SIG, y también actuar como centro de información.

3) El IGAC debe jugar un rol central en aconsejar al Gobierno y los Municipios en aspectos relacionados con políticas de la información geográfica, tales como estándares, formatos de intercambio, precios de los datos, unidades encargadas de recolectar datos, y aspectos legales.

4) Mientras los municipios adquieren la capacidad de realizar los trabajos por sí mismos, el IGAC debe hacerse cargo de la actualización e integración de los datos digitales.

#### **5) Proveer estándares funcionales y guías para:**

- Protocolos para adquisición de datos y levantamientos
- Validación de datos
- Documentación y aseguramiento de la calidad
- Análisis y modelamiento
- Desarrollo de informes y productos
- Auditorías de datos

La Figura 13-1 muestra un tipo de usuario de SIG y el rol del IGAC como proveedor de datos.

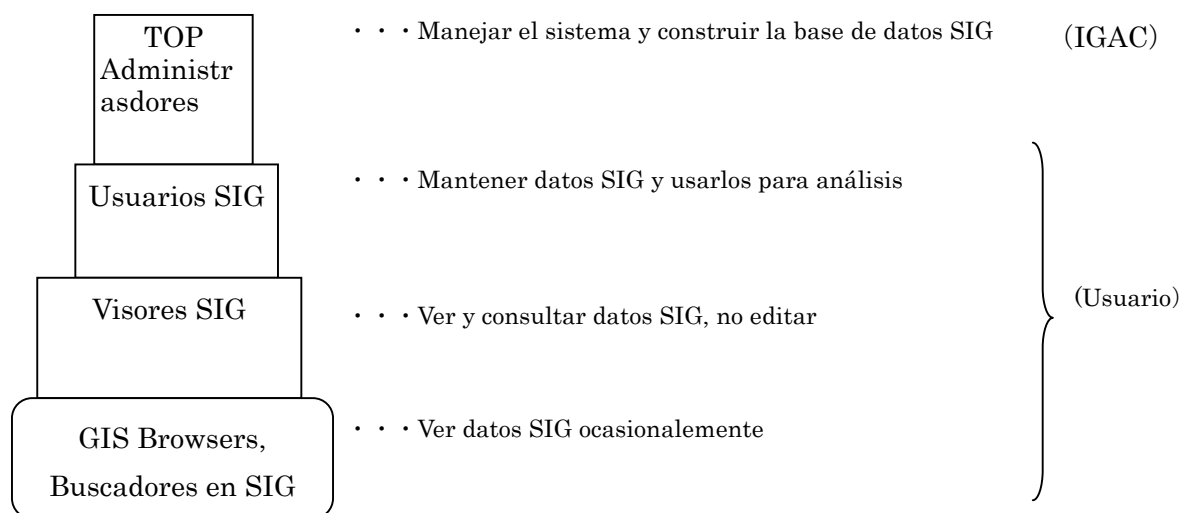


Figura 13-1 Tipos de usuarios SIG y sus roles

(2) Entrenamiento especialmente para propósito cartográfico

- Entrenan los usuarios de SIG
- Entrenamiento para personal operador (mantenimiento de datos para análisis)
- Entrenamiento para visores de SIG
- Entrenamiento para Browsers (para adquirir conocimientos básicos de SIG)

### 13.2 Usuario de la base de datos de SIG

Los datos básicos de SIG proveen datos geográficos precisos y confiables que pueden ser usados como estándar para superponer más de un tipo de datos espaciales, tales como carreteras, ríos, y edificios.

Muchos usuarios utilizan los datos básicos existentes del IGAC, y si se requiere, añaden otro tipo de datos para su actual uso. Por ello, es importante la confiabilidad de la base de datos de SIG. Actualmente existen los siguientes usuarios de SIG en Bogotá (Tabla 13-1).

Tabla 13-1 Usuario de la base de datos de SIG

No	Name	Comments	Jurisdiction
1	DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística	Statistical data producer	National
2	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Ministry of the Environment, Housing and territorial development	National
3	ECOGAS – Empresa Colombiana de Gas	Gas company	National
4	IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Institute for hidrology, meteorology and environmental studies	National
5	DNP – Departamento Nacional de Planeacion	National Planning Department	National
6	Bogota Municipality – Alcaldía de Bogota	(*) In general, institutions of Bogota do not use IGAC– produced data for their tasks.	Local (Bogota)
6.1	DAPD Departamento Administrativo de Planeacion Distrital	Planning Office	Local (Bogota)
6.2	IDRD Instituto Distrital de Recreacion y Deporte	Recreation – Sports	Local (Bogota)
6.3	IDU Instituto de desarrollo urbano	Urban development	Local (Bogota)
6.4	DACD Departamento Administrativo del Catastro Distrital	Cadaster	Local (Bogota)
6.5	CVP– Caja de vivienda popular	Popular Housing	Local (Bogota)
6.6	DABS– Departamento Administrativo de bienestar social del distrito	Social welfare	Local (Bogota)
6.7	DADEP – Departamento administrativo defensoria de espacio publico	Public spaces	Local (Bogota)
6.8	DAMA – Departamento administrativo del Medio Ambiente	Environment	Local (Bogota)
6.9	Empresa de renovacion urbana	Urban renewal	Local (Bogota)
6.10	ETB – Empresa de telecomunicaciones de Bogota	Telecommunicacions	Local (Bogota)
6.11	BSH – Bogota sin hambre		Local (Bogota)
6.12	Canal Capital	Television channel	Local (Bogota)
6.13	FAVIDI – Fondo de ahorro y vivienda distrital	Housing fund	Local (Bogota)
6.14	DPAE - Departamento Administrativo La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogota	Emergencies prevention & attention	Local (Bogota)
6.15	Metrovivienda	Social housing	Local (Bogota)
6.16	Secretaria de educacion	Secretary of Education	Local (Bogota)
6.17	Secretaria de hacienda	Secretary of	Local (Bogota)
6.18	Secreatria de gobierno	Secretary of government	Local (Bogota)
6.19	Secretaria de obras	Secretary of public infrastructure	Local (Bogota)
6.20	Secretaria de salud	Secretary of health	Local (Bogota)
6.21	Secretaria de transito y transporte	Secretary of transportation	Local (Bogota)
6.22	Transmilenio	Transmilenio Transportation system	Local (Bogota)
6.23	Empresa de Acueducto de Bogota	Aqueduct	Local (Bogota)
7	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	Cundinamarca environmental regional office	Regional (Cundinamarca)

### 13.3 Uso específico de los datos SIG

#### (1) Preparación de los datos básicos y datos especiales

El Equipo de Estudio asumió que existen dos tipos de datos requeridos por el proyecto. Por un lado, los datos espaciales, que son un tipo de datos básicos para SIG comúnmente necesarios para la formulación de varios proyectos, y por otro lado, otros tipos de datos específicos de varios proyectos (Tabla 13-2).

Tabla 13-2 Uso específico de los datos SIG

		Construcción de Vías	Agricultura	Industria	Pesca	Vivienda	Turismo	Desastres	Conservación ambiental
Datos espaciales	Vía, vía férrea	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Línea costera	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>
	Cuerpos de agua (ríos, lagos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Objetos geográficos (elevación, curvas de nivel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>			
	Puntos de control	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	Vegetación						<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
	Equipamientos públicos					<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	Nombres de lugares						<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Otros	Uso del suelo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Suelo		<input type="radio"/>						
	Geología	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	
	Historial de desastres	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

(2) Uso de datos SIG acordes a un propósito

La base de datos geográficos creada cubre todos los contenidos listados como “datos espaciales”. Sin embargo, otra información listada arriba, como uso del suelo, suelos, geología, historial de desastres, etc., listadas como “otros”, será recolectada cuando se requiera.

Tabla 13-3 Muestra los datos organizados para proyectos principales

Tabla 13-3 Uso de datos SIG

Campo	Resumen	Datos a utilizar
Planeación urbana	Decisiones de planeación urbana, control de planes urbanos	Vías, Ríos, Perímetros (límites administrativos), curvas de nivel, puntos de control, uso del suelo, equipamientos educativos
Manejo de instalaciones	Manejo de alcantarillados Transmisión de energía	Canales de drenaje, ductos, plantas de agua potable,

		bombas, información de los beneficiarios
Manejo de terreno	Manejo de la propiedad, evaluación de impuesto a la propiedad	Números prediales, vivienda, clasificación del suelo, estructura.
Administración de recursos	Agricultura, Manejo agrícola, diagnóstico del suelo Recursos subterráneos (agua, otros, etc)	Áreas, vocación agrícola del suelo, pendientes, geología.

Planeación Urbana: En la información necesaria para la toma de decisiones para planeación urbana, el control de planes urbanos, el soporte a la planeación urbana, se incluyen ríos, perímetros, etc. También se requiere información estadística y demográfica.

Manejo de instalaciones: Requiere recolectar mucha información y tiempos considerables para construir los datos. Especialmente en el caso de las redes de tuberías, los datos son una gran clave del éxito y requieren una enorme cantidad de trabajo.

Manejo catastral: El IGAC ya utiliza datos digitales para el catastro. Para preparar estos datos son necesarios los levantamientos en campo. También se requiere de los límites de la tierra y de los datos de propietarios como anotaciones. Para esto, la información a escala 1:2000 es adecuada para indicar cada vivienda definidamente.

Manejo de Recursos: Para los proyectos agrícolas la cartografía 1:2000 es adecuada para indicar cultivos. Los atributos de propiedad del suelo deben añadirse como anotación.

## **CAPÍTULO 14 CONCLUSIÓN**

El estudio se implementó a partir de julio de 2005, cuando el Equipo de Estudio de JICA inició su trabajo preparatorio, en Japón. El estudio se termina en diciembre de 2007, cuando el Equipo de Estudio entregó los resultados finales a la oficina de JICA en Tokio.

Se planearon e implementaron por parte del IGAC la toma de fotografías aéreas, el escaneo, el levantamiento de puntos de fotocontrol, y la clasificación de campo, para los cuales el Equipo de Estudio de JICA intervino haciendo varias recomendaciones.

Puesto que el personal del IGAC tenía ya los conocimientos necesarios para operar los instrumentos de cartografía digital, la transferencia tecnológica se hizo principalmente a través de discusiones técnicas, más que dando instrucciones sobre la operación de los instrumentos. Se llevaron a cabo una serie de discusiones para investigar problemas en el proceso de producción actual, y para intercambiar opiniones sobre las técnicas de producción. Estas discusiones están orientadas a fortalecer la capacidad de producción del IGAC.

La producción de la cartografía digital a escala 1:2000 está siendo manejada por la oficina central del IGAC. Si las Direcciones Territoriales pudiesen hacerse cargo de alguna parte del trabajo de campo que actualmente realiza la oficina central, sería posible ahorrar costos y sería además altamente beneficioso para los trabajos de cartografía futuros. Pero actualmente el rol de las personas en las Direcciones Territoriales es el de manejar y actualizar la información catastral. Por esto, la mayoría de las Direcciones Territoriales no tienen experiencia en cartografía fotogramétrica. Para involucrar activamente al personal de las Territoriales en el proceso de producir los mapas topográficos, se requerirán entrenamiento y educación en estos temas.

El presupuesto para la producción de cartografía en 2007 es principalmente para mapas a escala 1:25000, más que para mapas a escala 1:2000. Sin embargo, el Equipo de Estudio JICA estima que el IGAC es básicamente auto sostenible para producir la cartografía de los 100 municipios. Si los recursos del IGAC se encuentran ocupados en la producción de mapas a escala 1:25000, las firmas colombianas de cartografía pueden suplir esta escasez de recursos.

Finalmente, el Equipo de Estudio desea expresar su sincero aprecio por el gran apoyo y cooperación brindados durante el período de implementación del estudio, por el Director del IGAC, los interlocutores en el IGAC, la Embajada del Japón en Bogotá, y la Oficina de JICA Colombia.