

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZ  
EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

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

INFORME FINAL  
RESUMEN EJECTIVO

DICIEMBRE DE 2007

ASIA AIR SURVEY CO., LTD.  
PASCO CORPORATION

SD

JR

07-094

Tasa de Cambio

US\$1,00=Col.\$1837=¥115,73 septiembre de 2007

## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de Colombia, el Gobierno del Japón decidió conducir un estudio para la Elaboración de la Base de Datos Geográficos de las Principales Ciudades en la Costa Atlántica de la República de Colombia y se lo encargó a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón(JICA).

La JICA envió desde agosto de 2005 hasta noviembre de 2007 un equipo de estudio encabezado por el Sr. Yoshitaka Gomi de ASIA AIR SURVEY Co., LTD. que se compone de ASIA AIR SURVEY Co., LTD. y PASCO Corporation.

El Equipo discutió con los funcionarios concernientes del Gobierno de Colombia y condujo la clasificación de campo en el área de estudio. Al regresar al Japón, el mismo ejecutó más estudios y preparó este Informe Final.

Espero que este Informe contribuya a promover este proyecto e incrementar relaciones amistosas entre ambos países.

Finalmente, quiero expresar mi sincero agradecimiento a los funcionarios concernientes del Gobierno de Colombia por su valiosa colaboración brindada en el estudio.

Diciembre de 2007

Eiji HASHIMOTO  
Vice Presidente  
Agencia de Cooperación  
Internacional del Japón

## Carta a transmitir

Sr. Eiji HASHIMOTO  
Vice Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Estimado Sr. Hashimoto

Es mi gran placer entregar el Informe Final para el Estudio sobre la Formulación de la Base de Datos Geográficos de las Principales Ciudades en la Costa Atlántica de la República de Colombia.

De acuerdo con el contrato con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, el Equipo de Estudio compuesto de Asia Air Survey Co., Ltd y Pasco Corporation condujeron la clasificación de campo en Colombia y trabajos de oficina en Japón como cartografía topográfica digital durante el período de agosto de 2005 a octubre de 2007 y el de agosto de 2005 a diciembre de 2007 respectivamente.

Durante la clasificación de campo en Colombia, se llevaron a cabo discusiones con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Basado en los resultados de discusiones con el IGAC, fueron preparados este Informe Final y mapas topográficos digitales como resultado del proyecto.

En nombre del Equipo de Estudio, quisiera expresar mi sentido agradecimiento al IGAC y a otras autoridades concernientes por su diligente cooperación y asistencia, y también por su sincera hospitalidad brindadas al Equipo de Estudio durante nuestra estadía en Colombia.

También estoy muy agradecido a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, el Ministerio de Relaciones Exteriores y la Embajada del Japón en Colombia por facilitarnos valiosas sugerencias y asistencia durante la preparación de este Informe.

Atentamente,

Yoshitaka GOMI

Líder del Equipo para el Estudio sobre  
la Formulación de la Base de Datos Geográficos  
de las Principales Ciudades en la Costa Atlántica  
de la República de Colombia

Metropolitan area of Barranquilla



Santa Marta



Cartagena



Aerías del estudio

## Abreviaturas

Abreviaturas	Español	Inglés
ACCI	Agencia Colombiana de Cooperación Internacional	Agency for International Cooperation
CAD	Computer Aided Design	Computer Aided Design
CIAF	Centro de investigación y Desarrollo en Información Geográfica	Center for Interpretation of Aerial Photographs
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	National Statistical Department
DNP	Departamento Nacional de Planeación	National Planning Department
DTM	Modelo Digital del Terreno	Digital Terrain Model
GIS	Sistema de Información Geográfica	Geographical Information System
GPS	Sistema de Posicionamiento Global	Global Positioning System
ICDE	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales	Colombia Spatial Data Infrastructure
IDB	Inter-American Development Bank	Inter-American Development Bank
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón	Japan International Cooperation Agency
POT	Plan de Ordenamiento Territorial	Land use plan

## Resumen del estudio

	Artículo de trabajo	Volumen de Trabajo
<b>1</b>	<b>Fotografías aéreas</b>	
	Escala	1:10.000
	Área	400km <sup>2</sup>
	Copias de contacto	Cartagena 328 fotografías Barranquilla 622 fotografías Santa Marta 380 fotografías
	Escaneo	1,330 photos
<b>2</b>	<b>Resultado de la clasificación de campo</b>	
	Observaciones con GPS	Cartagena 37 puntos Barranquilla 42 puntos Santa Marta 26 puntos
	Pinchado	Cartagena 37 puntos Barranquilla 42 puntos Santa Marta 26 puntos
	Trabajo de campo	400km <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>Aerotriangulación</b>	
	Aerotriangulación	Cartagena 198 modelos Barranquilla 331 modelos Santa marta 175 modelos
<b>4</b>	<b>Cartografía</b>	
	Escala	1:2.000
	Área cartografiada	400km <sup>2</sup>
	Hoja del mapa	Cartagena 120 hoja Barranquilla 196 hoja Santa Marta 103 hoja
	Intervalo básico de curvas de nivel	2 m
<b>5</b>	<b>Datos básicos</b>	
	Área	400km <sup>2</sup>
<b>6</b>	<b>Sistema modelo SIG</b>	
	Sistema modelo SIG CD-Rom	1 juego
<b>7</b>	<b>Producción deCD-Rom</b>	
	Archivo de datos digitales	5 juego
<b>8</b>	<b>Mapa de poliéster</b>	
	1:2.000 mapa de poliéster	2 juego
<b>9</b>	<b>Informe</b>	
	Informe Inicial	Inglés 20 copias Español 10 copias
	Informe Intermedio	Inglés 20 copias Español 10 copias
	Borrador del Informe Final (Informe principal, Resumen del Informe)	Inglés 20 copias Español 10 copias
	Informe Final (Informe principal, Resumen del Informe)	Japonés 10 copias (Resumen en japonés) Inglés 20 copias Español 10 copias

## INDICE

Prefacio  
Carta a transmitir  
Aerías del estudio  
Abreviaturas  
Resumen del estudio

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES DEL ESTUDIO</b> -----	1-1
1.1 Antecedentes del estudio-----	1-1
1.2 Propósito y alcance del estudio-----	1-2
1.2.1 Propósito-----	1-2
1.2.2 Área del estudio-----	1-2
1.2.3 Productos finales-----	1-3
1.3 Resumen del estudio-----	1-3
<b>CAPÍTULO 2 MARCO GENERAL DEL ESTUDIO</b> -----	2-1
<b>2.1 Herramientas para la gerencia del Proyecto</b> -----	2-1
2.1.1 Comité coordinador -----	2-1
2.1.2 Presentación de informes-----	2-2
2.1.3 Seminarios y Talleres -----	2-2
<b>CAPÍTULO 3 DISCUSIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> -----	3-1
3.1 Reunión del Informe Inicial -----	3-1
3.2 Discusión de símbolos cartográficos y especificaciones. Reunión -----	3-1
3.3 Reunión sobre el Informe Intermedio -----	3-2
3.4 Reunión sobre el Borrador del Informe Final-----	3-2
3.5 Otra discusión-----	3-2
<b>CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DEL IGAC</b> -----	4-1
4.1. Organización del IGAC -----	4-1
4.1.1 Historia del IGAC -----	4-1
4.1.2 Estructura organizacional del IGAC-----	4-1
4.1.3 Rol del IGAC -----	4-2
4.2 Plan de operaciones-----	4-3
4.3 Presupuesto-----	4-3
4.4 Ingresos-----	4-4



4.5 Situación de la producción de cartografía e información geográfica -----	4-4
4.6 Capacidad de producción de la División de Fotogrametría-----	4-4
4.6.1 Cantidad de personal-----	4-4
4.6.2 Entrenamiento del personal técnico-----	4-5
4.6.3 Instrumentos y equipos -----	4-5
4.6.4 Asistencia de otros donantes-----	4-5
4.7 Situación de las Direcciones Territoriales del IGAC-----	4-5
4.7.1 Rol de las Direcciones Territoriales del IGAC-----	4-5
4.7.2 Capacidad técnica-----	4-5
4.7.3 Problemáticas-----	4-6

## **CAPÍTULO 5 CARTOGRAFÍA A ESCALA 1:2000 Y DATOS**

<b>BÁSICOS SIG PRODUCIDOS EN ESTE ESTUDIO-----</b>	<b>5-1</b>
5.1 Etapa preparatoria en Japón-----	5-1
5.2 Aerofotografía y escaneo -----	5-1
5.2.1 Aerofotografía -----	5-1
5.2.2 Digitalización de las aerofotografías-----	5-1
5.3 Levantamientos de puntos de control terrestre -----	5-2
5.3.1 Recolección de datos de puntos GPS existentes y puntos fijos-----	5-2
5.3.2 Especificaciones del IGAC para el levantamiento con GPS -----	5-2
5.3.3 Selección de puntos de fotocontrol-----	5-2
5.3.4 Observaciones con GPS -----	5-2
5.3.5 Pinchado de puntos de fotocontrol y descripción de puntos -----	5-3
5.3.6 Cálculo de coordenadas de GCP-----	5-4
5.3.7 Control de calidad -----	5-4
5.3.8 Resultados-----	5-4
5.4 Aerotriangulación -----	5-4
5.4.1 Datos usados-----	5-4
5.4.2 Instrumentos -----	5-5
5.4.3 Control de calidad -----	5-5
5.5 Producción de ortofoto digital -----	5-6
5.5.1 Generación del Modelo Digital del Terreno (DTM)-----	5-6
5.5.2 Proyección y mosaico de ortofotos-----	5-6
5.6 Restitución-----	5-6
5.6.1 Sistemas y datos utilizados -----	5-6
5.6.2 Resultados-----	5-7

5.6.3 Identificación de dudas por resolver -----	5-7
5.7 Clasificación de campo -----	5-7
5.7.1 Confirmación de las especificaciones del IGAC y sus métodos -----	5-7
5.7.2 Inventario de levantamientos -----	5-8
5.7.3 Trabajo de campo -----	5-8
5.8 Edición -----	5-9
5.8.1 Sistemas y datos -----	5-9
5.8.2 Procedimiento de edición digital -----	5-9
5.8.3 Control de Calidad -----	5-9
5.8.4 Productos -----	5-10
5.9 Clasificación de campo complementaria -----	5-10
5.10 Edición después de la clasificación de campo complementaria -----	5-10
5.10.1 Sistemas y datos utilizados -----	5-10
5.10.2 Control de calidad -----	5-11
5.11 Simbolización -----	5-11
5.11.1 Sistemas y datos -----	5-11
5.11.2 Control de calidad -----	5-11
5.11.3 Producto -----	5-11
5.12 Inquietudes y soluciones -----	5-11
5.12.1 Modelos incompletos -----	5-11
5.12.2 Numeración de las fotos -----	5-12
5.12.3 Posición de fajas transversales -----	5-12
5.12.4 Calidad de la imagen de las aerofotografías -----	5-12
<b>CAPÍTULO 6 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS CONSEGUIDOS POR JICA --</b>	<b>6-1</b>
6.1 Proceso de adquisición -----	6-1
6.1.1 Preparación del borrador de especificaciones para el IGAC -----	6-1
<b>CAPÍTULO 7 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA -----</b>	<b>7-1</b>
7.1 Aerotriangulación y cartografía digital -----	7-1
7.2 Edición digital y simbología -----	7-1
7.3 Estructuración de datos y archivos de ploteo -----	7-2
<b>CAPÍTULO 8 DISCUSIÓN DE ASPRCTOS TÉCNICOS IMPORTANTES ----</b>	<b>8-1</b>
8.1 Sistema de coordenadas emplead o por el IGAC -----	8-1
8.1.1 <b>El sistema local de coordenadas</b> -----	<b>8-1</b>

8.1.2 Dificultades -----	8-1
8.2 Uso de los receptores RECON con GPS-----	8-2
8.3 Catálogo de datos-----	8-3
8.3.1 Tipos de Catálogo-----	8-3
8.3.2 Propósito y características de estos catálogos-----	8-3
8.3.3 Sugerencias del Equipo de Estudio -----	8-4
8.4 Estructuración de datos -----	8-5
8.4.1 Estructuras de datos implementadas por el IGAC-----	8-5

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

<b>INFORMACIÓN GEOGRÁFICA-----</b>	<b>9-1</b>
9.1 Situación actual del uso de información geográfica-----	9-1
9.1.1 Cartografía temática para el POT-----	9-1
9.1.2 Mapas temáticos para el POT -----	9-1
9.1.3 Aspectos relacionados con el POT -----	9-4
9.2 Problemas técnicos para la promoción de la información geográfica y SIG -----	9-5

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

<b>DE SIG -----</b>	<b>10-1</b>
10.1 Propósito para desarrollar una funcionalidad de software SIG-----	10-1
10.2 Políticas para el desarrollo de una funcionalidad de software SIG-----	10-1
10.3 Contenidos de sistema modelo SIG -----	10-3

## **CAPÍTULO 11 ANÁLISIS DE AUTOSOSTENIBILIDAD -----**

<b>11-1</b>	<b>11-1</b>
11.1 Propósito y metodología-----	11-1
11.1.1 Propósito -----	11-1
11.1.2 Metodología de análisis -----	11-1
11.1.3 Colección de datos -----	11-1
11.2 Registro cronológico de actividades -----	11-1
11.2.1 Trabajo en Colombia (enero – marzo de 2006) -----	11-1
11.2.2 Trabajo en Colombia (junio – julio de 2006)-----	11-2
11.2.3 Trabajo en Japón (agosto de 2006) -----	11-2
11.2.4 Trabajo en el Segundo año (sep. – nov de 2006) -----	11-2
11.3 Resultados-----	11-2
11.3.1 Estudio a los 100 municipios -----	11-2
11.3.2 Costos para la elaboración de cartografía y datos básicos SIG para los 100	

municipios-----	11-4
11.4 Capacidad del IGAC en cartografía y producción de datos SIG -----	11-7
11.4.1 Recursos propios del IGAC y capacidad -----	11-7
11.4.2 Capacidad técnica de las compañías privadas colombianas de cartografía -	11-8
11.5 Resultados del análisis de autosostenibilidad -----	11-8
11.5.1 La capacidad de producción combinada del IGAC y del sector privado-----	11-9
11.5.2 Presupuesto para elaborar datos básicos SIG de los 100 municipios -----	11-9
11.5.3 Resultados del plan de transferencia tecnológica de JICA-----	11-9
11.5.4 Evaluación global de la autosostenibilidad -----	11-9
<b>CAPÍTULO 12 COMPILACIÓN DE LO PROPUESTO AL IGAC -----</b>	<b>12-1</b>
12.1 Recursos propios y capacidad del IGAC-----	12-1
12.2 Evaluación de la autosostenibilidad-----	12-1
12.3 Técnica de cartografía y especificaciones del IGAC -----	12-2
12.4 Mejoramiento de las habilidades tecnológicas del personal -----	12-3
12.5 Revisión del proceso de producción del IGAC -----	12-4
12.6 Verificar las especificaciones del IGAC -----	12-5
12.7 Proposición de una nueva técnica para clasificación de campo realizada por el IGAC -----	12-6
<b>CAPÍTULO 13 RECOMENDACIONES PARA EL USO Y APLICACIÓN DE LOS DATOS DIGITALES CREADOS POR EL PROYECTO -----</b>	<b>13-1</b>
13.1 Rol del IGAC en el uso de SIG -----	13-1
13.2 Usuario de bases de datos SIG -----	13-2
13.3 Uso específico de los datos SIG -----	13-3
<b>CAPÍTULO 14 CONCLUSIÓN-----</b>	<b>14-1</b>

## 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

#### FIGURA

Figura 1-1 Áreas del estudio (Cartagena, Área Metropolitana de Barranquilla y Santa Marta.) -----	1-2
Figura 3-1 Reunión para el Informe Inicial -----	3-1
Figura 3-2 Reunión sobre el Informe Intermedio -----	3-2
Figura 4-1 Organización del IGAC -----	4-2
Figura 5-1 Levantamiento de GPS-----	5-3
Figura 5-2 Procedimiento de edición cartográfica-----	5-9
Figura 9-1 Muestras de los mapas recolectados-----	9-3
Figura 9-2 Superposición de mapas nuevos y antiguos (1994) de Santa Marta -----	9-4
Figura 10-1 Componentes SIG software -----	10-3
Figura 10-2 Procesamiento de datos con información espacial-----	10-4
Figura 10-3 Uso ideal de la información geográfica -----	10-5
Figura 11-1 Fotografías aéreas existentes de Santa Catalina, Bolivar-----	11-3
Figura 13-1 Tipos de usuarios SIG y sus roles -----	13-2

#### TABLA

Tabla 4-1 Presupuesto para Cartografía del IGAC Años 2005, 2006 y 2007(CO\$) -----	4-3
Tabla 5-1 Productos(Barranquilla, Cartagena, Santa Marta)-----	5-9
Tabla 11-1 El costo de la cartografía estimado compararse con el presupuesto del IGAC	11-6
Tabla 13-1 Usuario de la base de datos de SIG -----	13-3
Tabla 13-2 Uso específico de los datos SIG -----	13-4
Tabla 13-3 Uso de datos SIG -----	13-4

## **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

### **1.1 Antecedentes del estudio**

Colombia se esfuerza por implementar el desarrollo social y económico siguiendo los lineamientos del Plan de Desarrollo Cuatrienal presidencial que se apoya en parte en el Plan Colombia.

El mejoramiento de la infraestructura en las áreas urbanas de aquellos municipios en donde la llegada de desplazados produce desarrollos urbanos irregulares, es una de las tareas más importantes del Gobierno. En Colombia, la formulación y actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) es un prerrequisito para la implementación de cualquier proyecto de desarrollo de infraestructura. Sin embargo, en muchos municipios, la formulación del POT es obstaculizada por la carencia de información geográfica actualizada y confiable.

Como entidad nacional productora de cartografía y levantamientos, el IGAC es responsable de la producción de mapas e información geográfica de Colombia. El IGAC tiene una larga historia y experiencia en cartografía por métodos fotogramétricos, y sus instalaciones para producción han sido modernizadas constantemente. Sin embargo, el IGAC no había establecido completamente los procedimientos para la producción masiva de cartografía a escala 1:2000 usando sistemas digitales de cartografía, por lo cual se buscaba una oportunidad de mejorar su eficiencia.

En respuesta al pedido de asistencia técnica hecho por el Gobierno Nacional, JICA decidió producir la cartografía digital a escala 1:2000 y un ejemplo de SIG de tres ciudades de la Costa Atlántica que son Santa Marta, Barranquilla y Cartagena con un área total de cartografía de 400 km<sup>2</sup>. En el curso de esta producción, se esperaba que el Equipo de Estudio de JICA transfiriera al IGAC las tecnologías para producir la cartografía digital a escala 1:2000 y crear los datos básicos para SIG.

También se planeó una revisión conjunta de los métodos y procedimientos del IGAC, con el fin de determinar la capacidad del Instituto para autosostenerse en la producción de cartografía a escala 1:2000 y datos SIG de los 100 municipios adicionales.

## 1.2 Propósito y alcance del estudio

### 1.2.1 Propósito

Los propósitos del estudio pueden resumirse como sigue:

(1) Apoyar la realización del POT dirigido a la planeación urbana de 103 municipios en Colombia. Adicionalmente, se produjeron datos básicos SIG, basados en los mapas topográficos a escala 1:2000, para las 3 ciudades principales de la Costa Atlántica, en donde las áreas urbanas están creciendo y es altamente prioritario hacer planes de desarrollo urbano confiables. También se construyó un modelo de sistema SIG.

(2) Realizar el análisis de autosostenibilidad del IGAC para la cartografía a escala 1:2000 y los datos básicos SIG de los restantes 100 municipios.

(3) Transferir al IGAC las tecnologías requeridas para la producción moderna de cartografía digital, a través de las actividades descritas arriba en los numerales (1) y (2).

### 1.2.2 Área del estudio

El área del estudio son las tres ciudades localizadas en la Costa Atlántica, a saber, Cartagena, Santa Marta, y el área metropolitana de Barranquilla, Colombia. El área total a cartografiar es de 400 km<sup>2</sup> (Figura 1-1).



Figura 1-1 Áreas del estudio (Cartagena, Área Metropolitana de Barranquilla y Santa Marta.)

### **1.2.3 Productos finales**

Se elaboraron los siguientes materiales en el estudio:

- Resultado de la clasificación de campo
- Resultado de la aerotriangulación
- Mapas impresos en papel de poliéster
- Archivos de datos digitales
- Ejemplo SIG

### **1.3 Resumen del estudio**

El contenido de los trabajos implementados en el estudio se resume como sigue:

En primer lugar, el estudio se inició en julio de 2005, cuando el Equipo de Estudio de JICA comenzó los trabajos preparatorios en Japón. El Equipo de Estudio visitó Colombia un total de 5 veces, y el estudio se completó en diciembre de 2007, cuando el Equipo de Estudio entregó el resultado final a la oficina de JICA en Tokio.

La toma de aerofotografías, el escaneo de películas, el trabajo de campo para fotocontrol, y la clasificación de campo, fueron planeadas e implementadas por el IGAC. El Equipo de Estudio JICA llegó a Colombia después de terminadas la aerofotografía y el escaneo. El Equipo de Estudio dió varios consejos para el trabajo de campo para el fotocontrol y la clasificación de campo.

La aerotriangulación, restitución, edición digital y estructuración de datos fueron realizadas en Japón.

Durante el proceso del estudio, el personal del IGAC y el Equipo de JICA probaron nuevas técnicas, como el uso de dispositivos con GPS para captura de datos en la clasificación de campo.

Dado que el personal del IGAC poseía los conocimientos para operar los instrumentos de restitución digital, la transferencia tecnológica se realizó principalmente en forma de discusiones técnicas, más que como dar instrucciones sobre la operación de instrumentos. Tuvieron lugar una serie de discusiones con el fin de verificar problemas en los procesos de producción actual, y para intercambiar opiniones acerca de las técnicas de producción.



Los principales temas de discusión y de examen fueron los siguientes:

- Cantidad y distribución de puntos de control usados en la aerotriangulación
- Uso de ortofotos en la clasificación de campo
- Uso de dispositivos móviles RECON para captura de datos en la clasificación de campo
- Formato de descripción de puntos
- Especificación de símbolos cartográficos
- Catálogo de objetos geográficos
- Contenido de los datos básicos SIG
- Provisión de planchas a escala 1:2000
- Manejo de los sistemas de coordenadas locales
- Cooperación y comunicación entre diferentes divisiones o grupos
- Uso de ortofotos como fondo durante la inspección de calidad

Los métodos de producción empleados por el IGAC han sido formulados teniendo en cuenta las condiciones específicas de Colombia, e incluyendo la historia de la organización. Por esta razón, algunos de los métodos recomendados por el Equipo de JICA pueden no ser completamente aptos para la situación del IGAC. Sin embargo, las observaciones hechas por el Equipo de Estudio desde un punto de vista externo al IGAC, permitió identificar problemas que pasan inadvertidos por el Instituto.

Adicionalmente, dado que efectivamente el Equipo de Estudio produjo mapas y datos geográficos, se pudieron revisar y examinar las especificaciones técnicas del IGAC. Los hallazgos del Equipo de JICA acerca de las especificaciones serán de utilidad para el IGAC, en el caso de contratar la producción de cartografía digital con empresas privadas locales.

En cuanto al análisis de autosostenibilidad, se concluyó que el IGAC posee las destrezas técnicas necesarias para producir la cartografía a escala 1:2000 y los datos básicos SIG. Con respecto a la promoción del uso de SIG, se encontró que la mayoría de los municipios no poseen los conocimientos, experiencia, personal e instrumentos necesarios para manipular mapas impresos. Por esta razón, sería útil promocionar los datos para SIG a través de las Direcciones Territoriales del IGAC.

## **CAPÍTULO 2 MARCO GENERAL DEL ESTUDIO**

El estudio se desarrolló en estrecha colaboración entre el Equipo de Estudio de JICA y el IGAC. Se sostuvo una serie de reuniones para confirmar los alcances detallados del trabajo y las especificaciones técnicas. Se organizó un comité de coordinación para compartir información del proyecto entre los principales actores del estudio. En este capítulo se explica cómo se manejó el proyecto.

### **2.1 Herramientas para la gerencia del proyecto**

Una comunicación fluida entre los actores es fundamental para la implementación exitosa del estudio. Para lograr este propósito, se emplearon varios mecanismos, a saber: reuniones del comité coordinador, discusión sobre los informes y especificaciones, seminarios y talleres.

#### **2.1.1 Comité coordinador**

El comité coordinador se organizó para monitorear el avance del estudio por parte de sus actores principales. Los miembros del comité fueron:

- IGAC, DANE, DNP, ACCI, Alcaldías Municipales de Santa Marta, Cartagena y Barranquilla
- Direcciones Territoriales del IGAC, ubicadas en Santa Marta, Cartagena y Barranquilla
- Equipo de Estudio JICA

##### **(1) Primera reunión del Comité coordinador**

La primera reunión del Comité se realizó el 10 de febrero de 2006, en la oficina territorial del IGAC en Santa Marta.

Los comentarios de los participantes se resumen como sigue:

- Se tenían altas expectativas alrededor de los nuevos mapas topográficos
- Se citaron los siguientes dos inconvenientes por parte de las ciudades:
  - Las oficinas locales no tienen los recursos de personal suficientemente preparado y de equipos adecuados para utilizar los nuevos datos
  - No se pueden realizar allí actualizaciones de datos

##### **(2) Segunda reunión del comité coordinador**

La segunda reunión del comité coordinador se llevó a cabo el 10 de septiembre de 2006 en la oficina territorial del IGAC en Cartagena. El Equipo de Estudio expuso los resultados del primer año de actividades. Las discusiones se centraron en el uso de los datos producto del

estudio. La Directora Territorial y su equipo solicitaron al IGAC fortalecer la educación y entrenamiento.

### (3) Tercera reunión del comité coordinador

La tercera reunión se llevó a cabo del IGAC el 22 de octubre de 2007. En ésta, la última reunión del comité, se presentaron a los participantes los resultados del proyecto.

### **2.1.2 Presentación de informes**

Al comienzo del estudio el Equipo de JICA preparó y entregó al IGAC el borrador del Informe Inicial. El Informe Inicial incluye los contenidos del proyecto y su programación, tal como fueron entendidos por el Equipo de Estudio de JICA. Se sostuvieron una serie de reuniones entre el IGAC y el Equipo de Estudio con el fin de discutir los contenidos, y los resultados de dichas reuniones se consignaron en sus respectivas minutas.

Al cumplirse la mitad del tiempo programado para el estudio, el Equipo de Estudio preparó y entregó al IGAC el Informe Intermedio, con el fin de reportar y proponer cualquier cambio necesario en los contenidos o la programación. Los resultados de estas discusiones quedaron consignados en las Minuta de Discusiones celebradas.

El Borrador del Informe Final se preparó por el Equipo de Estudio en septiembre de 2007 y se entregó al IGAC para confirmar los resultados del trabajo realizado en dos años y medio.

### **2.1.3 Seminarios y Talleres**

Con el propósito de informar a los participantes acerca de los objetivos y resultados del proyecto, y con el fin de intercambiar conceptos técnicos sobre los métodos de levantamiento y cartografía, se celebraron tres seminarios y un taller. Se invitaron participantes internos y externos al IGAC.

#### (1) Taller

Al culminar las actividades del primer año, se realizó un taller en la sede central del IGAC en Bogotá, con el fin de reportar el avance del estudio e introducir los resultados a los actores y a los usuarios potenciales de los productos del proyecto. De igual forma, se le preguntó a los participantes en el taller acerca del uso que tendrían los productos del proyecto. Sus respuestas mostraron que se espera utilizar la cartografía a escala 1:2000 y los datos SIG para diversos propósitos, tales como catastro, planeación urbana y de uso del suelo.

(2) Primer seminario

El primer seminario se llevó a cabo en septiembre de 2006 en la sede central del IGAC en Bogotá. Se presentaron a los actores y al personal del IGAC los hallazgos y avances del estudio.

(3) Segundo seminario

El Segundo y último seminario se llevaron a cabo en la sede central del IGAC, con el fin de presentar los hallazgos y avances. También se realizaron visitas y pequeños seminarios en las tres ciudades, con el fin de difundir la información sobre los resultados del estudio. En estos seminarios, se hizo énfasis en el uso de SIG para la actualización del POT.

### **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.

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

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 (Figura 3-1).



Figura 3-1 Reunión para el Informe Inicial.

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

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.

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.

### 3.3 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.



Figura 3-2 Reunión sobre el Informe Intermedio

### 3.4 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.

### 3.5 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 sostenibilidad 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.

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.

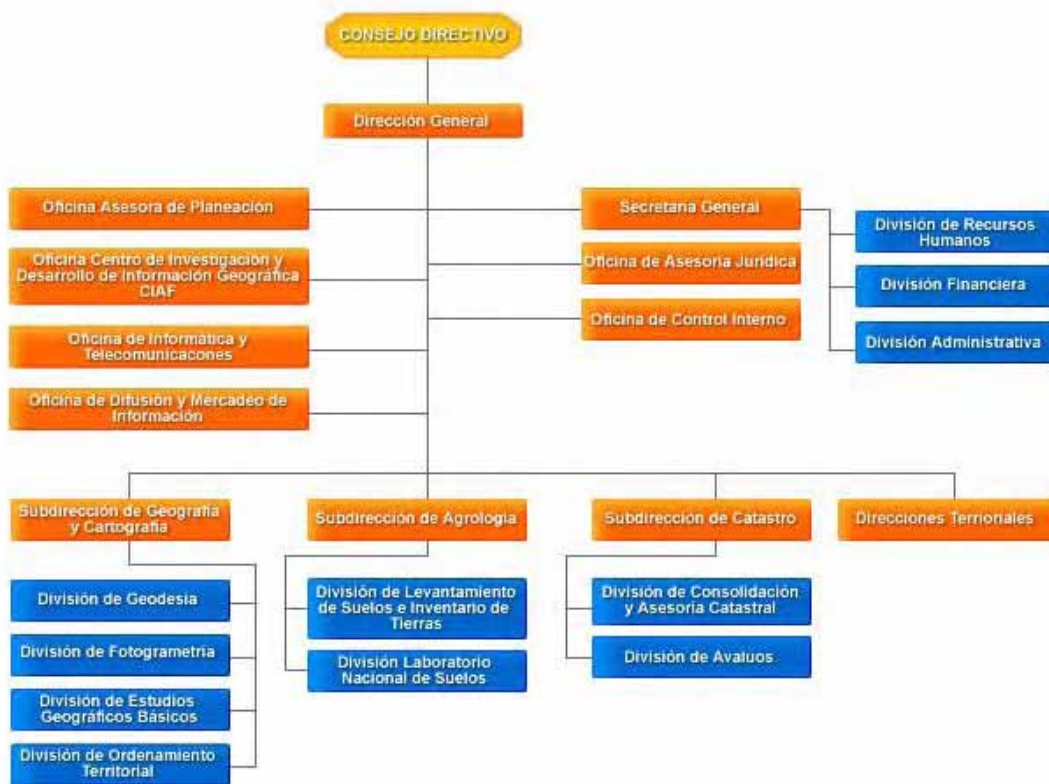


Figura 4-1 Organización del IGAC

### 4.1.3 Role 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

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 de acuerdo con los recursos obtenidos del gobierno y propios. Actualmente todavía hay sectores del país sin cartografía actuarizada.
- 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 con el 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.

#### 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 Tabla 4-1. Para el año 2005, se incluyen los recursos especiales para la cartografía DANE.

Tabla4-1 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

#### **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.

#### **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.

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

Existen dos Divisiones adscritas a la Sub Dirección 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

Se encuentran 290 personas laborando en las oficinas centrales del IGAC en Bogotá, y 646 en las Direcciones Territoriales.

#### **4.6.2 Entrenamiento del personal técnico**

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. 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.

#### **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 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.

#### **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.

#### **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. 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.

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.

##### **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.

## **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.

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

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

#### **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.

---

<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 y el IGAC en este estudio.

### **5.3 Levantamientos de puntos de control terrestre**

#### **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.

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

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.

#### **5.3.4 Observaciones con GPS**

La captura en campo se realizó con receptores GPS Leica Sistema 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  $H=V=0,25\text{m}$ . 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.

En la Figura 5-1 se muestra una fotografía del trabajo de campo.



Trabajo de campo acompañado por la Policía



Confirmación de localización de puntos



Levantamiento de GPS



Verificación de datos de elevación por nivelación directa

Figura 5-1 Levantamiento de GPS

### 5.3.5 Pinchado de puntos de fotocontrol y descripción de puntos

Para identificar las posiciones de los puntos de fotocontrol 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.

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.

### **5.3.6 Cálculo de coordenadas de GPS**

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.

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 1 y 5 mm para la dimensión vertical.
- Todos los puntos pinchados pudieron ser identificados.

### **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 Control de calidad

Se estableció la precisión requerida de acuerdo con las especificaciones del IGAC para la aerotriangulación, con un error de +/-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:

**【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	Max
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		Residual 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)
- SOCCET SET (Sistemas BAE )
- Summit Evolution (INPHO)
- MicroStation V. 8 (Bentley)

## (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 dudas por resolver**

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
- Anexo 6: Modelo Único de datos
- Anexo 7: Símbolos

El Equipo de Estudio estuvo de acuerdo en seguir las especificaciones del anexo 2, al encontrarse algunas inconsistencias entre los varios documentos del IGAC.

## (2) Procedimiento

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

- Trabajo preparatorio
- Trabajo de campo
- Materiales suministrados

### **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.

#### (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.

#### (2) Recopilación de datos

Las anotaciones recopiladas se convirtieron a formato, y observadas se pasaron a una pantalla 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 5-2):

Table 5-2 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 objetos geográficos
- Ortofoto con resultados de clasificación de campo
- Cartografía digital

### 5.8.2 Procedimiento de edición digital

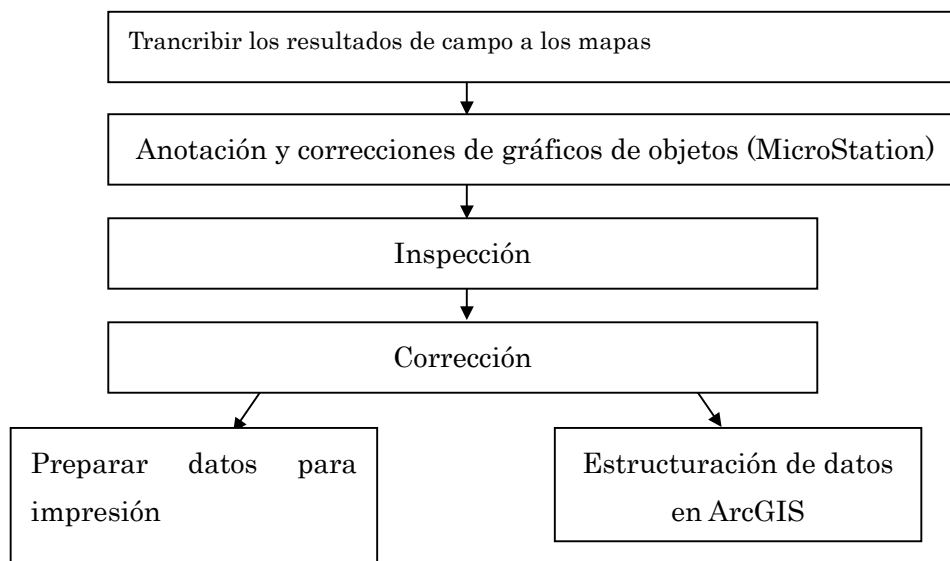


Figura 5-8 Procedimiento de edición cartográfica

### 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**

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 geográficos (resultados de clasificación de campo complementaria)

- Resultados de la clasificación de campo complementaria 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
- 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. Hasta el final del Estudio, el IGAC cambió o mejoró el método de producción o procesos para evitar dichos problemas.

### **5.12.1 Modelos incompletos**

Algunas de las fotos que cubren áreas de agua en Cartagena y Santa Marta se encontraron no correlacionadas. En otras palabras, existían algunos modelos incompletos. Por ejemplo, los bancos de arena en Cartagena no estaban cubiertos de curso simple. Para “Modelos Incompletos”, la elevación de los cuerpos de agua fue estimada desde la elevación de una área

de terreno cercana.

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

Fue descubierto que no había correlación entre el número de fotos generadas automáticamente por cámara aérea, el número de datos GPS montado en avión y número de archivos de fotos aéreas digitalizadas. Esto causó mucha confusión en la etapa preparatoria para aerotriangulación. Se recomienda revisar las reglas de numeración o elaborar alguna tabla relacional.

### **5.12.3 Posición de fajas 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 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 esta razón, diferente a desplazamientos o líneas causadas por vibraciones durante el escaneo, se hizo difícil medir la elevación de superficies planas como techos y vías. Sin embargo se concluyó que se podría concluir la aerotriangulación y restitución con las fotografías digitalizadas por el IGAC.

Durante el Equipo de Estudio estaba en Colombia entre enero y febrero de 2006, el Equipo verificó proceso de escaneo de películas del IGAC, cuyo resultado se describe abajo:

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



## **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:

- Sistema para aerotriangulación
- Sistema de restitución cartográfica digital
- Sistema de edición digital
- Sistema para estructurar datos ArcGIS
- 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 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 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 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 se especificó, y las razones para su selección, se explican a continuación:

(1) Software CAD: Bentley MicroStation

(2) Word Processing, Spread Sheet, Database y Presentation software : Microsoft Office

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

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

(5) software GIS: ESRI ArcInfo ver.9

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

- ◆ 1 sistema para aerotriangulación: un juego
  - LPS Stereo, LPS Core, LPS ATE, LPS TE, ORIMA TE GPS for LPS
  - Hardware HP Workstation XW6200
- ◆ 1 Sistema de cartografía digital: un juego
  - LPS Stereo, LPS Core, PRO600 FOR LPS/DPW, MICROSTATION
  - Hardware HP Workstation XW6200
- ◆ 1 sistema de edición digital: un juego
  - MICROSTATION
  - Hardware HP Workstation XW4300
- ◆ GIS: un juego
  - ArcINFO9.2
  - Hardware HP Workstation XW4300
  
- ◆ Impresoras
  - Plotter Gran formato (tamaño A0 )a Color  
HP DESIGNJET 1055CM PLUS
  - Impresora Laser monocromática  
Epson Laser Printer 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, del Equipo de Estudio hacia el IGAC. Sin embargo, el IGAC se diferencia de otros organismos cartográficos por contar con personal capacitado y con experiencia en la operación de instrumentos y software de fotogrametría digital. Por esta razón, el Equipo de JICA decidió hacer recomendaciones principalmente orientadas a mejorar la eficiencia de la producción.

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

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

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

Un miembro del equipo a cargo de la cartografía digital visitó el IGAC en octubre de 2006 por un lapso de un mes. Revisó el método de aerotriangulación del IGAC, y el proceso de aerotriangulación, constatando que sus operarios tienen la capacidad para producir cartografía digital. Se verificó que el IGAC está en capacidad 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 es difícil.

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

El IGAC realiza edición digital de la cartografía sin problemas, por lo cual el miembro del Equipo de JICA a cargo de edición y cartografía dedicó la mayor parte del tiempo a acordar con el IGAC la definición de símbolos para los mapas 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 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**

La mayoría del tiempo del Equipo de Estudio de JICA se destinó 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 eran únicas por cada sistema de coordenadas. Pero ahora, estos valores de coordenadas de estos orígenes locales se les han 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 10000. 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 del 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?

(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 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 un período de tiempo corto debido al movimiento del origen, el manejo de los datos de clasificación de campo será muy complicado.

(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 en su uso, las cuales deberán tenerse en cuenta para futuros planes de trabajo con estos dispositivos.

Uno de los aspectos positivos es que tanto las coordenadas como la información 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 apoya 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 JICA recomendó al IGAC a utilizar el dispositivo de captura en la siguiente manera:

- 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 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.

#### 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 Catalogo 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 de fecha 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 Direcciones 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 ATKIS 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 IGAC.
- Con respecto al catálogo [D], 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.

### 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

#### 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.

##### 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 with interfaces a MicroStation	ArcGIS, ArcInfo, Workstation y ocasionalmente MicroStation	Geodatabase, ArcInfo coverage, Shape File, Dxf

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

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 aerofotografía.

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 (que consiste de 12 feature classes)
- Elemento Divisorio (que consiste de 2 feature classes)
- Urbano (que consiste de 4 feature classes)
- Relieve (que consiste de 2 feature class)
- Infraestructura (que consiste de 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 los 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.

## **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. Los mapas y materiales recolectados fueron analizados 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. Los municipios de Cali, Manizales y Pereira fueron visitados para recolectar informaciones sobre el actual uso de información geográfica.

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

En Colombia, cada municipio es responsable para elaborar su propio POT. Esto significa que existe una necesidad clara 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 en 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.

#### **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.

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. (Figura 9.1).

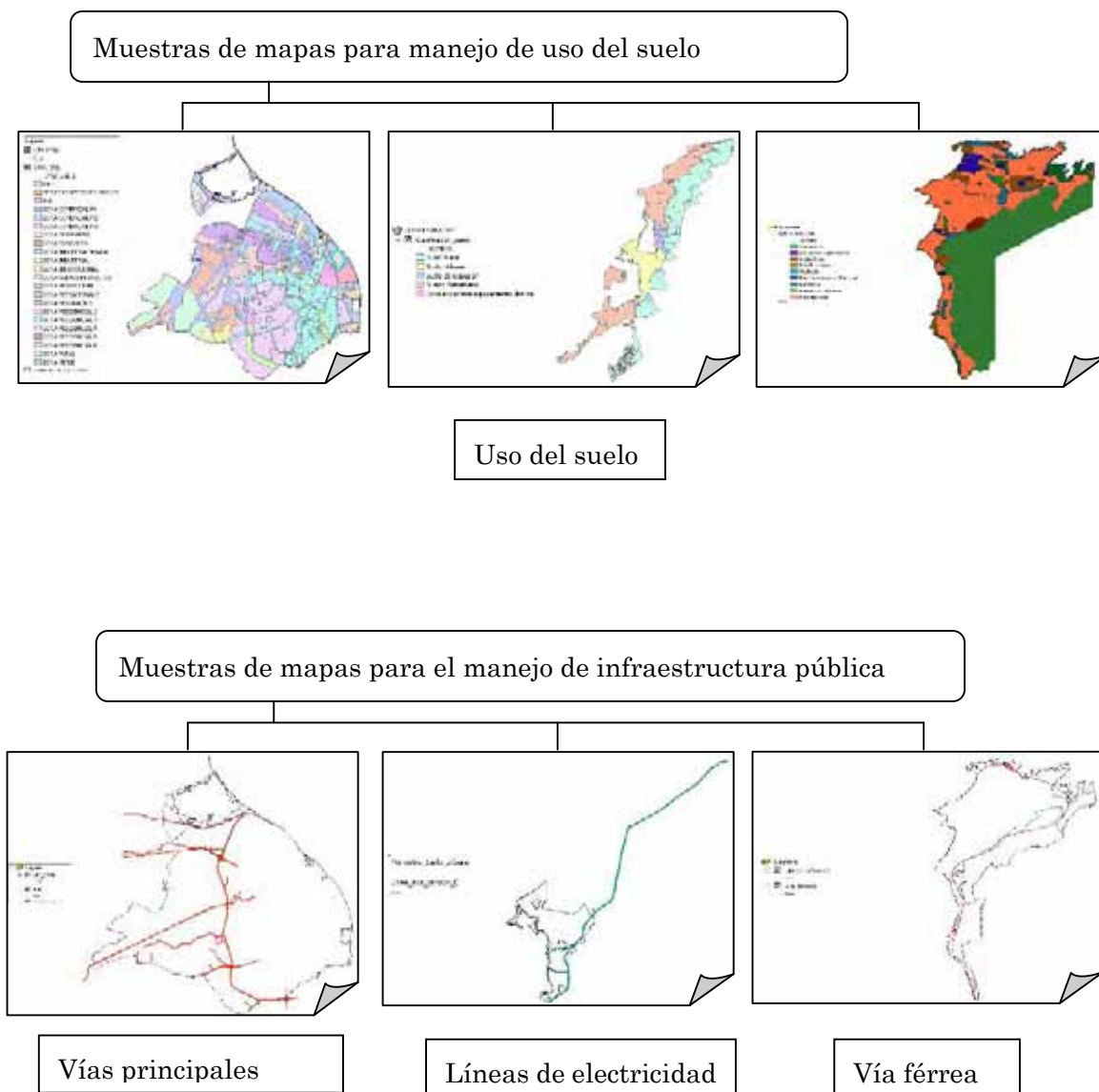


Figura 9-1 Muestras de los mapas recolectados

### 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.

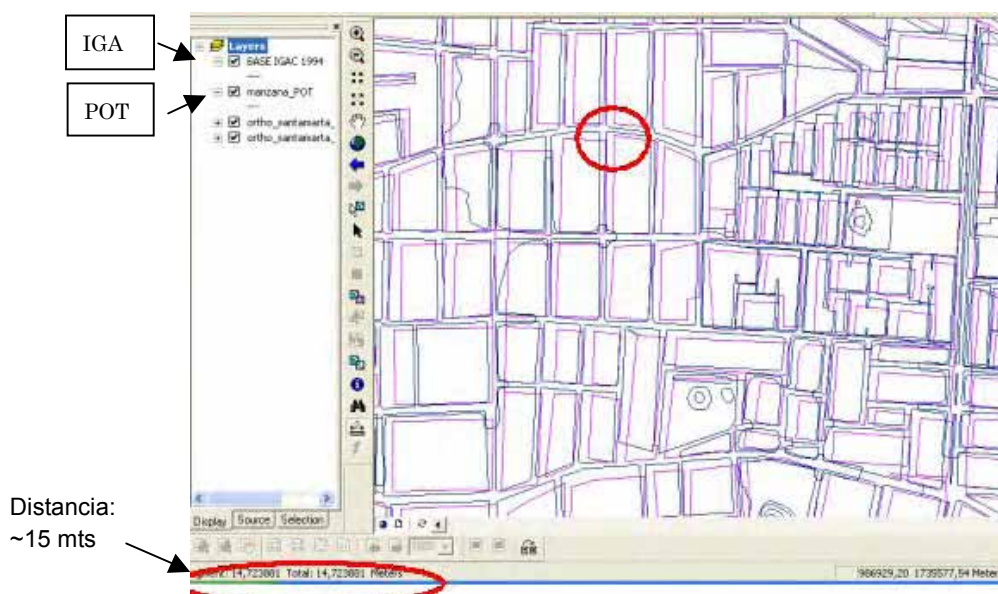


Figura 9-2. Superposición de mapas nuevos y antiguos (1994) de Santa Marta

#### (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 de 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 SIG. 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 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 software SIG, 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 Y EJEMPLO DE SIG**

### **10.1 Propósito para desarrollar una funcionalidad de software SIG**

El propósito al desarrollar 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 bondades de los SIG a sus usuarios potenciales.

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

(1) La funcionalidad software SIG para soportar 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 base de geodatos, y el manual de operación fue hecho en idioma Español.

(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 items:

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

(1) Cartografía temática y actualización

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 anejar 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) 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.

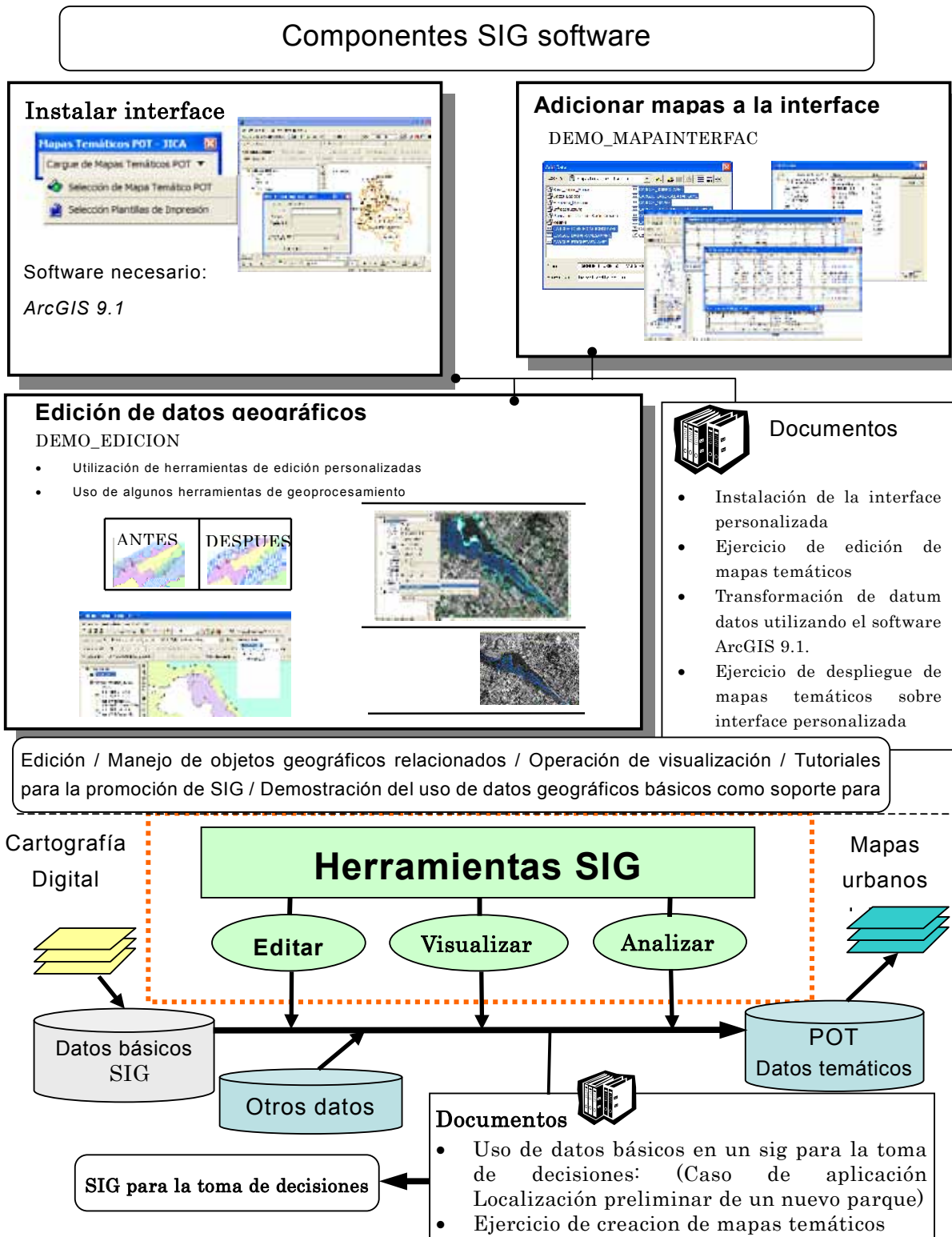


Figura 10-1 Componentes SIG software

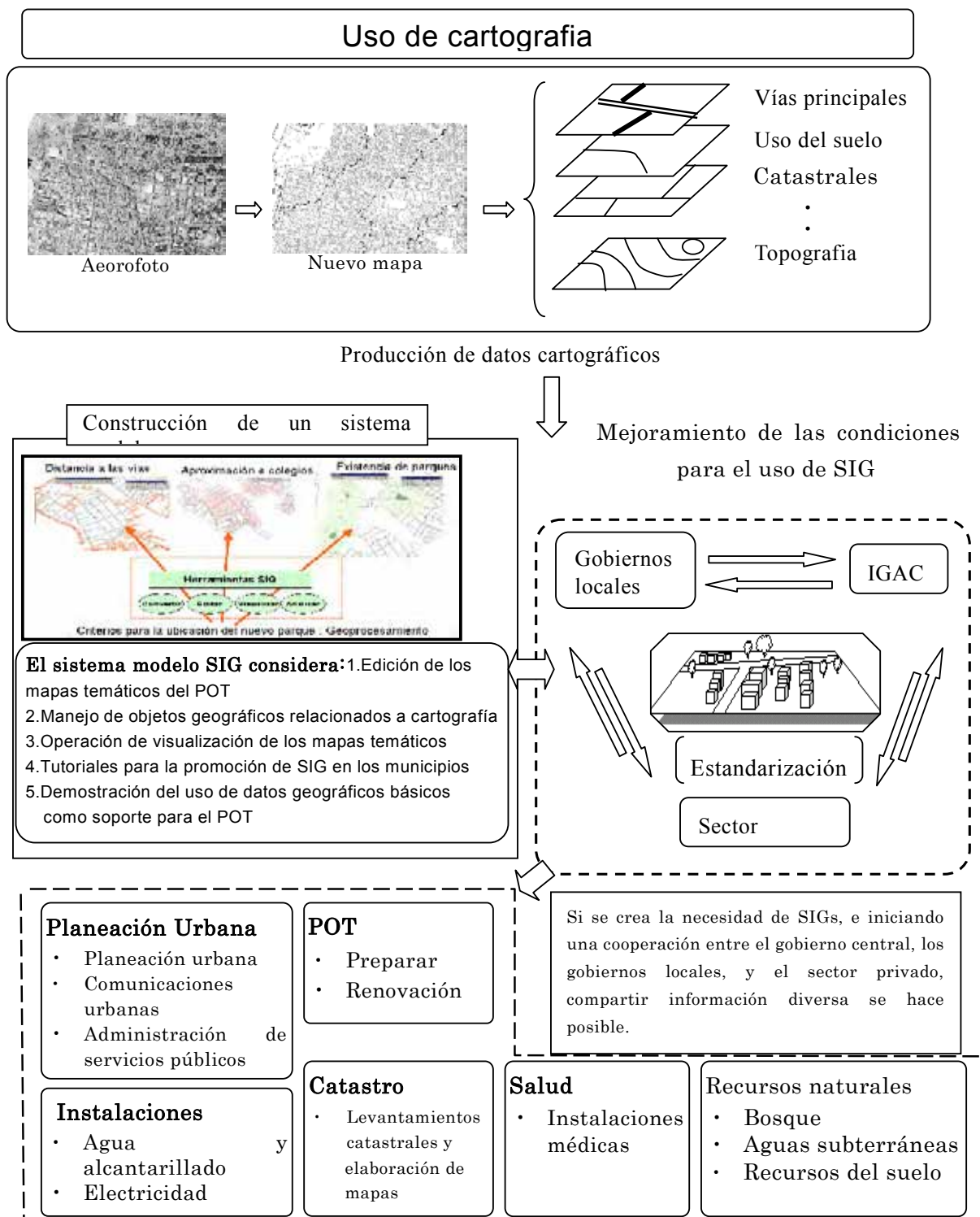


Figura 10-2 Procesamiento de datos con información espacial

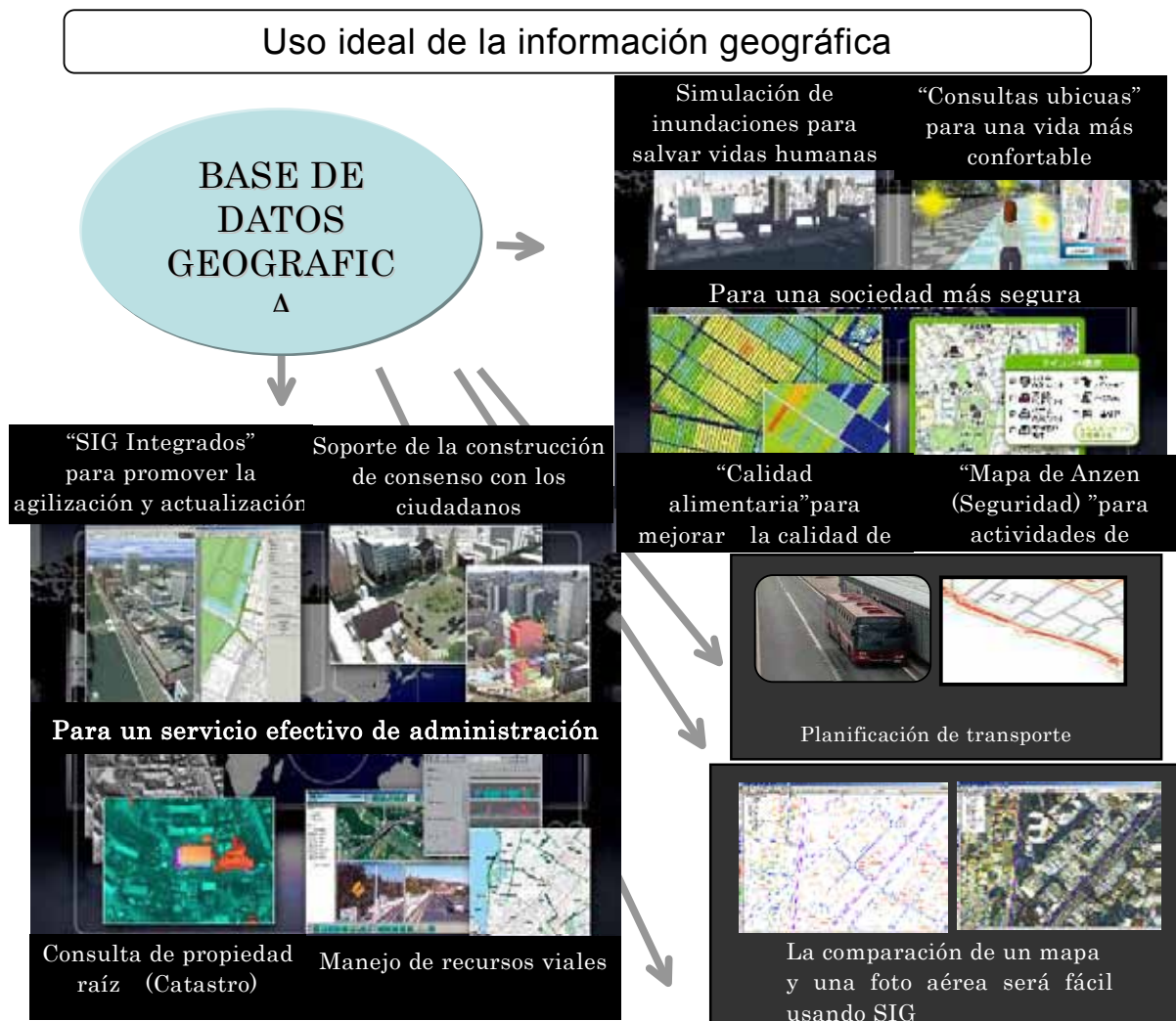


Figura 10-3 Uso ideal de la información geográfica

## **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 de 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 técnica de JICA

#### **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.

### **11.2 Registro cronológico de actividades**

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

- Se explicó el propósito del estudio, así como el contenido del análisis de autosostenibilidad al IGAC
- Análisis de las condiciones y dificultades actuales del IGAC
- Recolección de datos básicos para realizar un trabajo tentativo y los planes de costos
- Selección de los 100 municipios

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

- Recolección de las respuestas de los cuestionarios
- Análisis de las respuestas recolectadas
- Exigencia del envío de las respuestas
- Cálculo del volumen de producción de datos SIG
- Análisis de la función de las Territoriales del IGAC

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

- Recolección de respuestas
- Preprocesamiento de las respuestas recolectadas
- El cálculo del volumen de trabajo para la elaboración de la cartografía digital a escala 1:2000
- Recolección y análisis de información adicional

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

- Planeación de la cartografía de los 100 municipios
- Recolección de información adicional sobre la situación y los procedimientos de trabajo del IGAC
- Visita a las Direcciones Territoriales del IGAC
- Verificación de los resultados de la transferencia técnica y entrega de recomendaciones

## **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.

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 el promedio de la densidad 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 unos pocos modelos de fotografías aéreas (Figura 11-1).



Figura 11-1 Fotografías aéreas existentes de Santa Catalina, Bolívar

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.

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.

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.

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 de 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 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. Y por cada grupo se estimó el tiempo y los costos de los procesos de levantamiento de puntos de control terrestre, de aerotriangulación y de cartografía fotogramétrica.

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

- Área 56,210ha
- Modelos 646 modelos

- Puntos de control 723 puntos

2) Rendimiento del trabajo

- Levantamientos de puntos de control terrestre: 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

3) Costos

- Levantamientos de puntos de control terrestre: CO\$549.480.000
  - Clasificación de campo: CO\$224.840.000
  - Aerotriangulación: CO\$81.719.000
  - Cartografía digital / edición CO\$2.810.500.000
  - Complementación de campo: 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 65000 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 las elaboraciones 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:

$$(CO\$4.500.000.000 \times 10\%) + (CO\$4.500.000.000 \times 90\%) / 65.000 \text{ha} \times 56.210 \text{ha}$$

$$= CO\$3.952.315.385$$

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 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 11-1, el costo estimado puede compararse con el presupuesto del IGAC. El presupuesto del IGAC directamente relacionado con cartografía es:

Tabla 11-1 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 y capacidad**

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 y él cambió 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 los 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.

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

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 La 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. En 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.

### **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 presenta 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, generados 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 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

Una de las requerimientos de los municipios es el de solucionar la necesidad de mapas actualizados, puesto que su carencia es inconveniente para propósitos de relizar 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 la totalidad 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, 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 de 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:

- El IGAC debería ser responsable de coordinar, integrar, y monitorear las actividades de SIG de Colombia.
- El IGAC debe proveer asistencia técnica y entrenamiento en las diferentes etapas de proyectos usando SIG, y también actuar como centro de información.
- 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.
- 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.
- 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 de IGAC como proveedor de datos

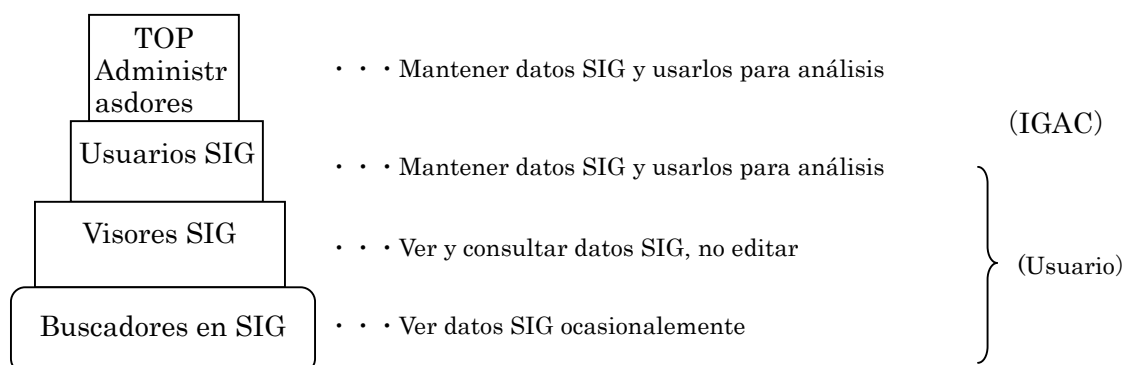


Fig. 13-1 Tipos de usuarios SIG y sus roles

(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 bases de datos 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 Planeación Distrital	Planning Office	Local (Bogota)
6.2	IDRD Instituto Distrital de Recreación 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 defensoría de espacio público	Public spaces	Local (Bogota)
6.8	DAMA – Departamento administrativo del Medio Ambiente	Environment	Local (Bogota)
6.9	Empresa de renovación urbana	Urban renewal	Local (Bogota)
6.10	ETB – Empresa de telecomunicaciones de Bogota	Telecommunications	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	Secretaría de educación	Secretary of Education	Local (Bogota)
6.17	Secretaría de hacienda	Secretary of	Local (Bogota)
6.18	Secretaría de gobierno	Secretary of government	Local (Bogota)
6.19	Secretaría de obras	Secretary of public infrastructure	Local (Bogota)
6.20	Secretaría de salud	Secretary of health	Local (Bogota)
6.21	Secretaría de tránsito 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	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.

Table 13-1 Muestra los datos organizados para proyectos principales.

Table 13-1 Uso de datos GIS

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
Land management	Manejo de la propiedad, evaluación de impuesto a la propiedad	Numeros prediales, vivienda, clasificación del suelo, estructura.
Resources management	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 definitivamente.

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.

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 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

ALCANCE DEL TRABAJO

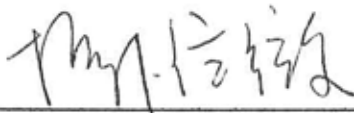
CORRESPONDIENTE AL

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

ACORDADO ENTRE

EL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC)  
Y  
LA AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE JAPÓN (JICA)

Bogotá D.C., 22 de marzo de 2005



Dr. Nobutetsu ENOSHITA

Líder

Equipo de Estudio Preparatorio

Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA)



Dr. Iván Darío Gómez Guzmán

Director General

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)



Dr. Luis Alfonso Hoyos Aristizabal

Director

Agencia Colombiana de Cooperación Internacional  
(ACCI)



Como testigo

Dr. Pedro José Fernández Ayala

Subdirector

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
(DANE)

## I. INTRODUCCIÓN

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Colombia, el Gobierno del Japón decidió llevar a cabo el Estudio sobre la Elaboración de la Base de Datos Geográficos de las Principales Ciudades en la Costa Atlántica en la República de Colombia (en adelante denominado "el Estudio"), de acuerdo con la legislación y regulaciones pertinentes y vigentes en el Japón.

Por consiguiente, la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante denominada "JICA"), institución oficial responsable para la ejecución de programas de cooperación técnica del Gobierno del Japón, efectuará el Estudio en estrecha cooperación con las autoridades competentes de la República de Colombia.

Este documento establece el Alcance del Trabajo del Estudio.

## II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del Estudio son:

- 1) Elaborar nuevos mapas topográficos digitales con la cobertura que se muestra en los Apéndices 1-1, 1-2 y 1-3 (en adelante denominada "el Área de Cartografía"), a escala 1:2.000, incluyendo la toma de nuevas fotografías aéreas (aproximadamente 400 kilómetros cuadrados).
- 2) Realizar el estudio de factibilidad para la formulación de la base de datos geográficos en otros 100 municipios.
- 3) Realizar la transferencia de tecnología al personal de contraparte durante la ejecución del Estudio.

## III. ALCANCE DEL ESTUDIO

Para alcanzar los objetivos arriba mencionados, el Estudio cubrirá los siguientes ítems:

### 1. Revisión de las Condiciones Existentes

Se revisarán las condiciones existentes pertinentes al Estudio, tales como sistema organizacional, sistema de cartografía, gestión de instalaciones y puntos de control.

### 2. Fotografías Aéreas

Se tomarán fotografías en blanco y negro a escala media de 1:10.000 (aproximadamente 400 kilómetros cuadrados).

### 3. Producción de Mapas para Cubrir el Area de Cartografía

#### 1) Levantamiento en campo de puntos de control, nivelación y fotoidentificación

Se realizará el levantamiento de puntos de control, nivelación y fotoidentificación.

#### 2) Triangulación aérea

Se llevará a cabo la triangulación aérea.

#### 3) Identificación en campo

La información topográfica se interpretará principalmente con base en las fotografías aéreas. En caso de que la información proveniente de fotografías aéreas resulte difícil de interpretar, se hará su identificación en campo.



- 4) Restitución  
Se realizará la captura digital de los datos topográficos.
  - 5) Edición y Simbolización  
Los datos topográficos digitales se editarán y simbolizarán para imprimir los mapas topográficos con la información vectorizada a escala 1:2.000.
  - 6) Estudio de Campo Complementario  
Se hará el estudio de campo complementario.
  - 7) Producción de CD-ROM  
Se compilarán los datos topográficos digitales en CD-ROM.
4. Ejecución del Estudio de Factibilidad
- 1) Revisión de Datos Disponibles  
Se revisarán los datos topográficos digitales disponibles en otros 100 municipios. Dichos municipios se muestran en el listado del Apéndice 2.
  - 2) Estudio Suplementario  
Se recopilarán datos necesarios para el análisis de costo-beneficio.
  - 3) Estimación de Costo  
Se estimarán los costos para la formulación de la base de datos geográficos en los otros 100 municipios.
  - 4) Análisis Económico y Financiero  
Se analizarán posibles beneficios que aporte el Proyecto.
5. Utilización de Datos SIG
- Los datos SIG elaborados en el Estudio se usarán para diversos propósitos tales como planificación del uso de suelos, información catastral, redes de servicios públicos, etc.
6. Conformación del Comité de Coordinación y del Equipo Técnico
- El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (en adelante denominado "IGAC") está dispuesto a establecer un Comité de Coordinación y un Equipo Técnico. El Comité de Coordinación se responsabilizará de administración del Estudio. El Equipo Técnico ejecutará el Estudio bajo la dirección del Comité de Coordinación.
7. Transferencia de Tecnología
- A efectos de facilitar la transferencia de tecnología al personal contraparte, parte de los ítems antes mencionados será asumida por el personal contraparte, bajo la supervisión técnica de los miembros del Estudio.
8. Divulgación de Productos Finales
- Se prepararán recomendaciones para que los datos topográficos producidos en el Estudio se aprovechen de modo amplio y efectivo.

#### IV. CRONOGRAMA DE ESTUDIO

M.  
P.



El Estudio se llevará a cabo de acuerdo con el cronograma tentativo anexado en el Apéndice-3. El cronograma, incluyendo el programa para el envío del personal del equipo que ejecutará el estudio (en adelante denominado "Equipo de Estudio") y las fechas de presentación de los informes que vienen en la siguiente cláusula V, es tentativo y está sujeto a posibles modificaciones cuando ambas partes así lo acuerden porque surja alguna necesidad en el transcurso del Estudio.

## V. INFORMES Y PRODUCTOS FINALES

JICA preparará y entregará los siguientes informes y productos finales de la cartografía topográfica al Gobierno de la República de Colombia.

### 1. INFORME INICIAL

Veinte (20) ejemplares - diez(10) en inglés y diez(10) en español- al comienzo del Estudio.

### 2. INFORME INTERMEDIO

Veinte (20) ejemplares - diez(10) en inglés y diez(10) en español- dentro de los quince(15) meses siguientes al comienzo del Estudio.

### 3. BORRADOR DEL INFORME FINAL

Veinte (20) ejemplares - diez(10) en inglés y diez(10) en español- dentro de los veintiséis(26) meses siguientes al comienzo del Estudio.

El IGAC aportará comentarios al Borrador a más tardar treinta (30) días después del recibo de dicho documento.

### 4. INFORME FINAL

Veinte (20) ejemplares - diez(10) en inglés y diez(10) en español- dentro de los treinta (30) días siguientes al recibo de los comentarios al Borrador.

### 5. Productos finales de la cartografía topográfica

- 1) Un (1) juego de los negativos de las fotografías aéreas
- 2) Un (1) juego de los contactos de las fotografías aéreas
- 3) Un (1) juego de los datos digitales de las fotografías aéreas
- 4) Una (1) copia de los resultados del levantamiento en campo de los puntos de control para la producción de los mapas del Área de Cartografía
- 5) Una (1) copia de los resultados de la triangulación aérea para la producción de los mapas del Área de Cartografía
- 6) Cinco (5) juegos de datos topográficos digitales a escala 1:2.000 del Área de Cartografía
- 7) Dos (2) juegos de mapas del Área de Cartografía ploteados a escala de 1:2000 en papel de poliéster

## VI. COMPROMISOS DEL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

1. Para facilitar una buena ejecución del Estudio, se aplicará el Convenio de la Cooperación Técnica Internacional, firmado en Bogotá el 22 de diciembre de 1976 entre los Gobiernos del Japón y de Colombia, y la Nota Verbal, emitida por el Gobierno del Japón el 17 de septiembre de 2001 y confirmada el 21 de enero de 2002 por el Gobierno de Colombia:

- 1) Procurar la seguridad del Equipo de Estudio ;

- 2) Permitir a los miembros del Equipo de Estudio el ingreso, salida y permanencia en Colombia en la duración de su tarea allí asignada, y exonerarlos de los requerimientos del registro de extranjería y derechos consulares;
  - 3) Exonerar a los miembros del Equipo del pago de impuestos, obligaciones y cualquier otra carga sobre los equipos, maquinarias y otros materiales introducidos a Colombia para la ejecución del Estudio;
  - 4) Exonerar a los miembros del Equipo del pago del impuesto sobre la renta y cargas de cualquier tipo que pudieran imponerse sobre o en relación con cualesquier emolumentos o pagos efectuados a los miembros del Equipo de Estudio por sus servicios relacionados a la ejecución del Estudio;
  - 5) Proveer al Equipo de las facilidades necesarias tanto para la remisión como para el uso de los fondos introducidos desde el Japón a Colombia, en relación con la ejecución del Estudio; y
  - 6) Asumir las reclamaciones, en caso de surgir contra los miembros del Equipo, o bien como resultados de, o bien en el transcurso de, o bien con relación al cumplimiento de sus tareas en la ejecución del Estudio, excepto cuando dichas demandas surjan debido a la negligencia grave o malas conductas intencionadas por parte de los miembros del Equipo.
2. IGAC: Para facilitar una buena ejecución del Estudio, el IGAC tomará las siguientes medidas necesarias:
- 1) Lograr el permiso necesario para el uso de avión para tomar fotografías aéreas en relación con la ejecución del Estudio;
  - 2) Facilitar entradas legales con permiso para acceder a propiedades privadas o áreas restringidas para la ejecución del Estudio; y
  - 3) Lograr la autorización para que el Equipo de Estudio pueda sacar de Colombia todos los datos (incluyendo mapas topográficos, negativos, contactos y datos digitales de fotografías aéreas) relacionadas al Estudio.
3. El IGAC actuará como institución contraparte del Equipo de Estudio, e incluso como ente coordinador en relación con otras organizaciones gubernamentales y no gubernamentales pertinentes a la ejecución fluida del Estudio .
4. El IGAC bajo su propio costo, proveerá al Equipo de lo siguiente :
- 1) Información disponible relacionada al Estudio;
  - 2) Información sobre la seguridad;
  - 3) Información y apoyo para la obtención del servicio médico;
  - 4) Personal contraparte ;
  - 5) Espacio adecuado para la oficina con equipos y muebles necesarios de oficina;
  - 6) Credencial o tarjetas de identificación ; y
  - 7) vehículos con choferes.
- Nota: En cuanto a dichos incisos 1), 2) y 3), el IGAC coordinará con otras organizaciones pertinentes.
5. El IGAC tomará las fotografías aéreas mencionadas en el punto 2 del "III. ALCANCE DEL ESTUDIO" a su propio costo. Así mismo, a su propio costo, el IGAC escaneará las aerofotografías y las proporcionará al Equipo de Estudio en la primera etapa del Estudio.

## VII. COMPROMISO DE JICA

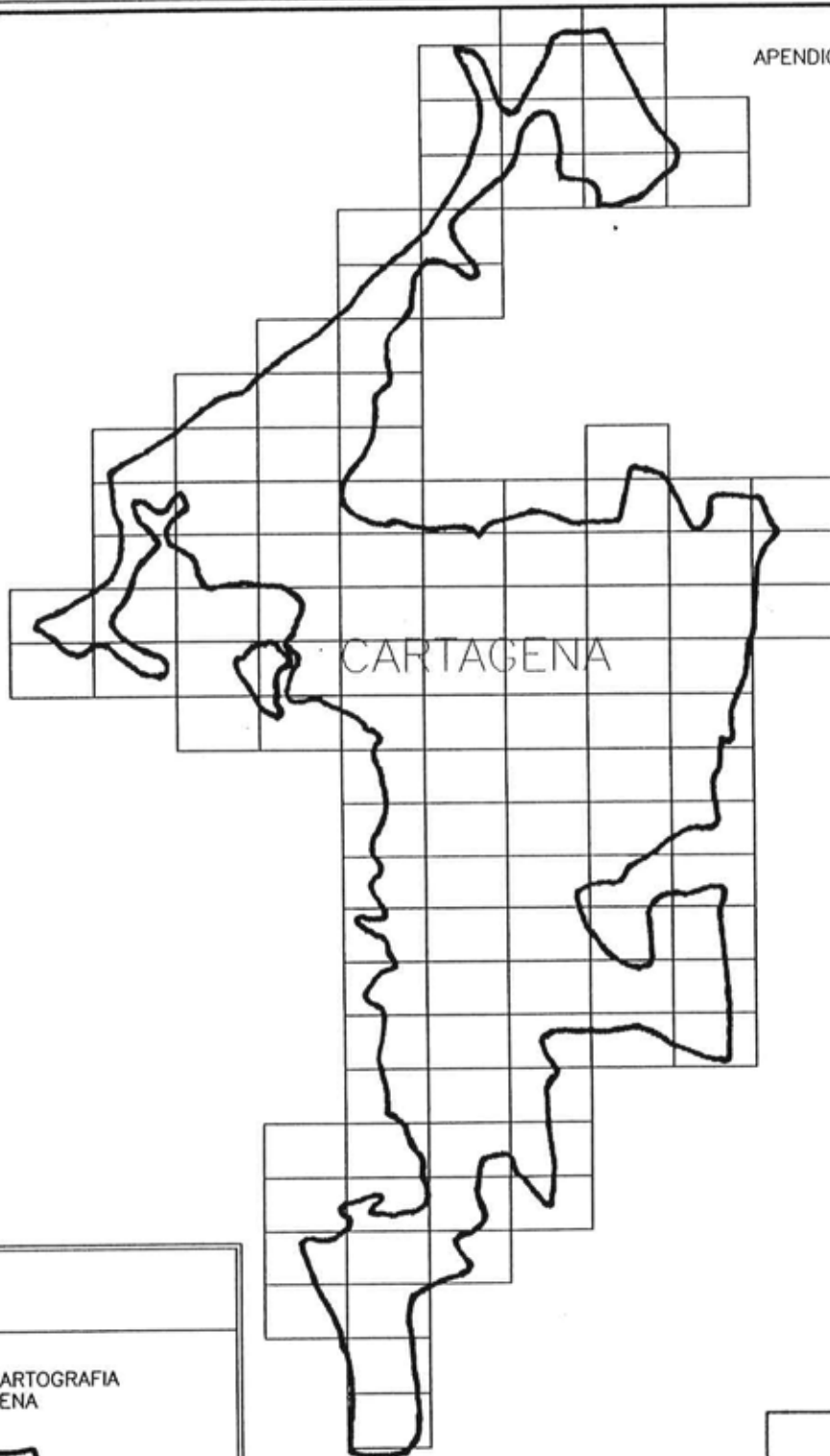
Para ejecutar el Estudio, JICA tomará las siguientes medidas :

- 1) Enviar el Equipo de Estudio a Colombia a su propia costa; y
- 2) Transferir tecnología al personal contraparte de Colombia durante el Estudio.

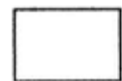
## VIII. OTROS

1. JICA y el IGAC se consultarán mutuamente en relación con cualquier asunto pertinente al Estudio.
2. El Alcance del Trabajo se preparará en inglés y en español y ambas versiones serán firmadas por las dos partes. En caso de que surjan dudas en su interpretación, prevalecerá el texto en inglés.
3. El Acta de Reuniones con fecha 22 de marzo de 2005 complementa el presente Alcance del Trabajo.





AREA DE CARTOGRAFIA  
EN CARTAGENA

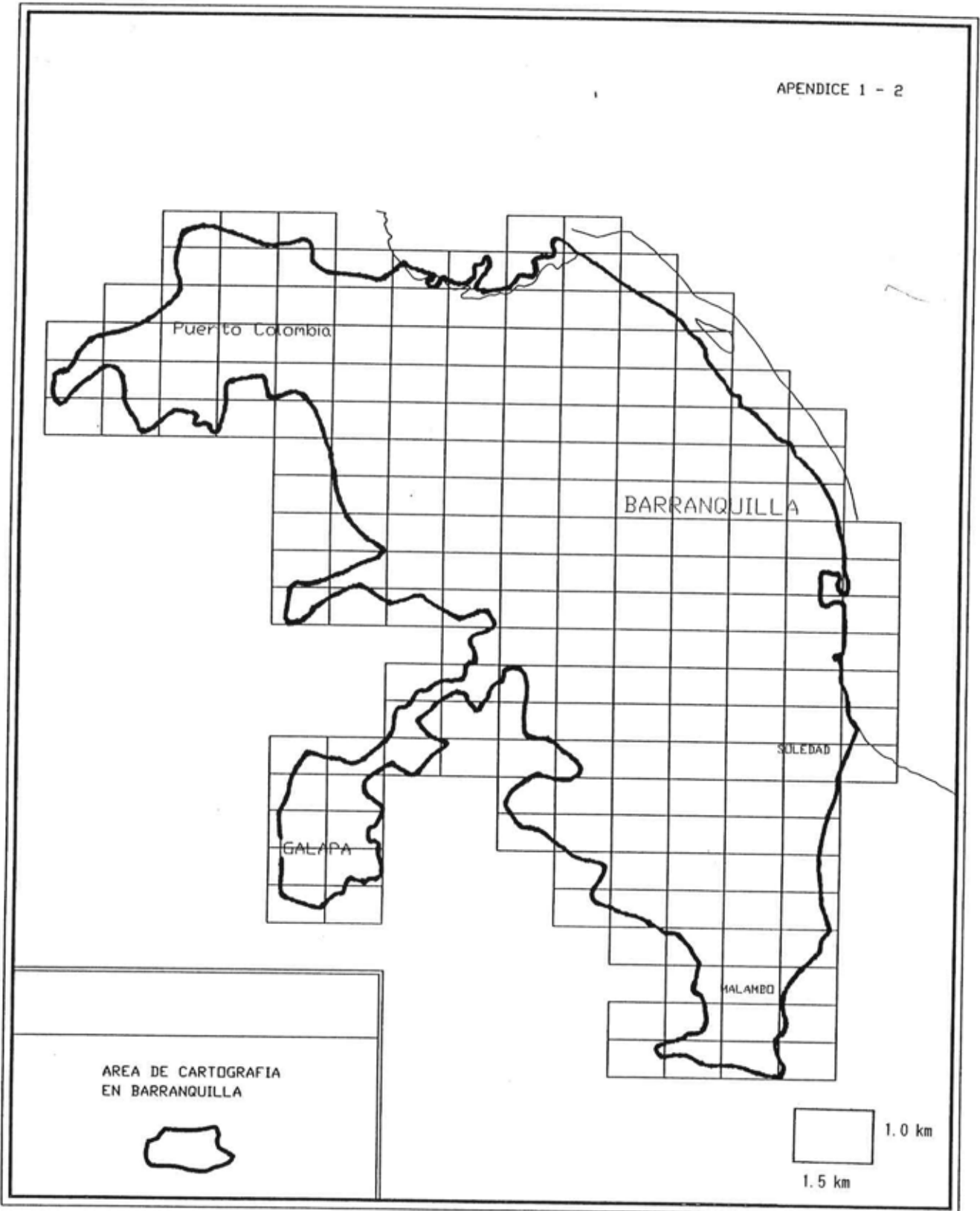


1.0 km

1.5 km

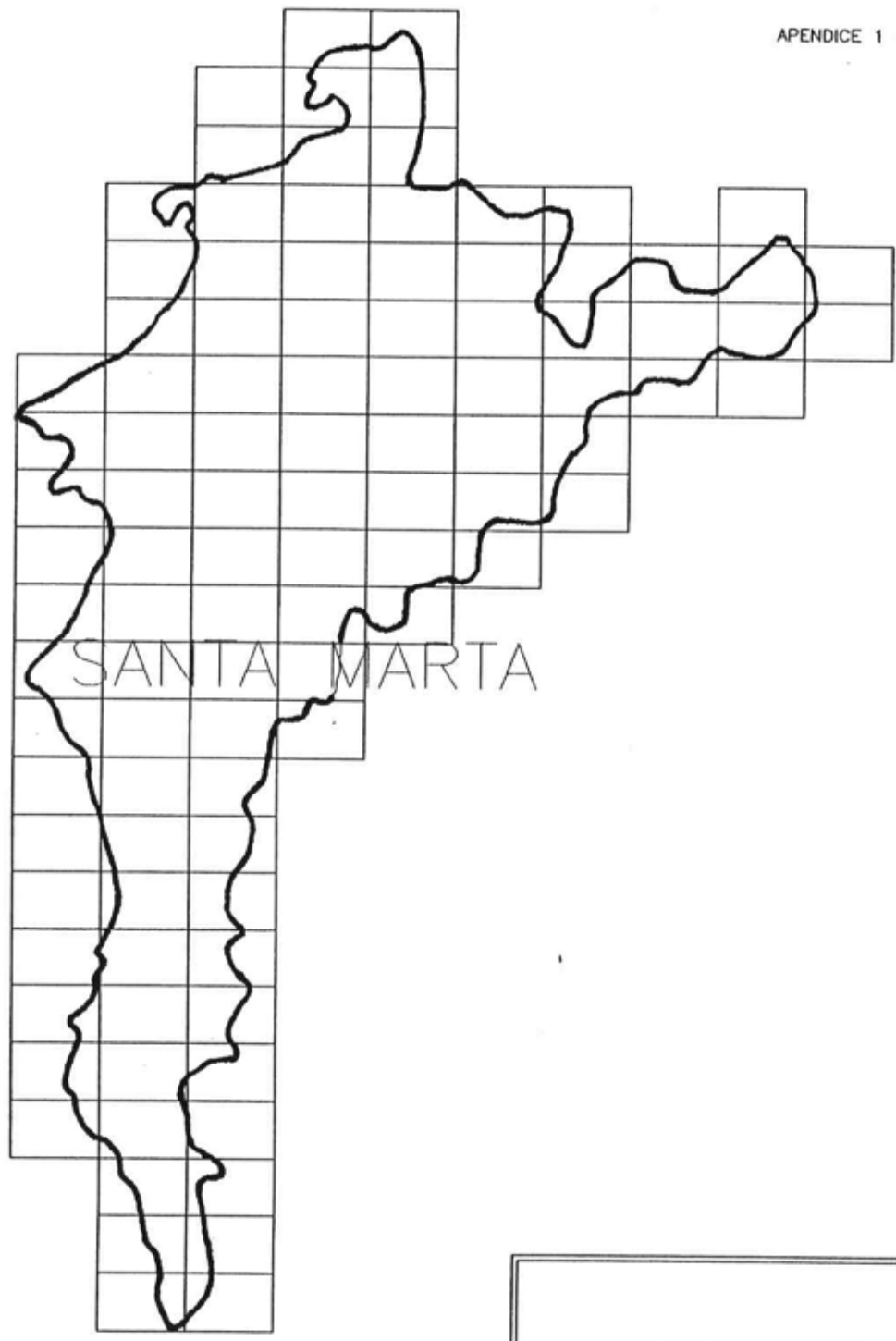
*Handwritten signature or initials in the bottom left corner.*

*Handwritten signature or initials in the bottom right corner.*

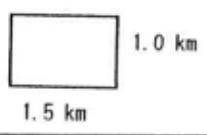


*Handwritten signature or initials in the bottom left corner.*

*Handwritten signature or initials in the bottom right corner.*



SANTA MARTA



*Handwritten signature*

*Handwritten mark*

## 100 Municipios en Colombia

No.	Departamento	Municipio	No.	Departamento	Municipio
1	SANTANDER	BUCARAMANGA	51	TOLIMA	CHAPARRAL
2	TOLIMA	IBAGUE	52	PUTUMAYO	PUERTO ASIS
3	CUNDINAMARCA	SOACHA	53	VALLE	PRADERA
4	SANTANDER	FLORIDABLANCA	54	HUILA	GARZON
5	RISARALDA	DOS QUEBRADAS	55	TOLIMA	MARIQUITA
6	BOYACA	SOGAMOSO	56	SAN ANDRES	SAN ANDRES
7	BOYACA	DUITAMA	57	ATLANTICO	BARANOA
8	BOLIVAR	MAGANGUE	58	ARAUCA	TAME
9	NORTE DE SANTANDER	OCANA	59	CUNDINAMARCA	FUNZA
10	SANTANDER	GIRON	60	CAUCA	PUERTO TEJADA
11	NORTE DE SANTANDER	VILLA ROSARIO	61	VALLE	CANDELARIA
12	VALLE	YUMBO	62	TOLIMA	FLANDES
13	CALDAS	LA DORADA	63	GUAVIARE	SAN JOSE DEL GUAVIARE
14	SANTANDER	PIEDECUESTA	64	VALLE	ROLDANILLO
15	NARINO	IPIALES	65	ARAUCA	ARAUQUITA
16	HUILA	PITALITO	66	NORTE DE SANTANDER	TIBU
17	TOLIMA	ESPINAL	67	VALLE	ZARZAL
18	CUNDINAMARCA	FACATATIVA	68	BOYACA	PUERTO BOYACA
19	VALLE	JAMUNDI	69	BOLIVAR	MOMPOS
20	NORTE DE SANTANDER	LOS PATIOS	70	CORDOBA	MONTELIBANO
21	META	ACACIAS	71	CUNDINAMARCA	MADRID
22	QUINDIO	CALARCA	72	CALDAS	VILLAMARIA
23	CESAR	AGUACHICA	73	TOLIMA	LIBANO
24	META	GRANADA	74	GUAJIRA	FONSECA
25	MAGDALENA	CIENAGA	75	CORDOBA	TIERRALTA
26	CUNDINAMARCA	CHIA	76	QUINDIO	LA TEBAIDA
27	BOLIVAR	TURBACO	77	QUINDIO	MONTENEGRO
28	CUNDINAMARCA	MOSQUERA	78	CASANARE	AGUAZUL
29	CORDOBA	LORICA	79	SUCRE	SAN ONOFRE
30	CAUCA	SANTANDER DE QUILICHAO	80	MAGDALENA	PLATO
31	CORDOBA	CERETE	81	META	PUERTO LOPEZ
32	RISARALDA	SANTA ROSA DE CABAL	82	MAGDALENA	ZONA BANANERA
33	SANTANDER	SAN GIL	83	SUCRE	SAN MARCOS
34	CORDOBA	SAHAGUN	84	HUILA	CAMPO ALEGRE
35	TOLIMA	MEIGAR	85	SUCRE	TOLU
36	BOYACA	CHIQUEQUIRA	86	MAGDALENA	PIVJAY
37	MAGDALENA	EL BANCO	87	SANTANDER	PUERTO WILCHES
38	MAGDALENA	FUNDACION	88	TOLIMA	GUAMO
39	GUAJIRA	SAN JUAN DEL CESAR	89	QUINDIO	QUIMBAYA
40	SUCRE	COROZAL	90	TOLIMA	LERIDA
41	CESAR	AGUSTIN CODAZZI	91	HUILA	LA PLATA
42	BOLIVAR	ARJONA	92	SANTANDER	SOCORRO
43	VALLE	FLORIDA	93	META	SAN MARTIN
44	ARAUCA	SARAVENA	94	GUAJIRA	BARRANCAS
45	NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	95	VALLE	CAICEDONIA
46	TOLIMA	HONDA	96	CASANARE	PAZ DE ARIPORO
47	VALLE	SEVILLA	97	VALLE	LA UNION
48	CORDOBA	PLANETA RICA	98	CAQUETA	PUERTO RICO
49	CALDAS	CHINCHINA	99	CESAR	CURUMANI
50	VALLE	EL CERRITO	100	CALDAS	RIOSUCIO

