

## **1. Introducción**

La República de El Salvador fue dañada severamente por la Guerra Civil que duró más de 13 años desde 1979 hasta 1992, el terremoto de 1986, el huracán Mitch de 1998, etc. El Gobierno de El Salvador tiene como objetivo el desarrollo económico con algunas políticas tales como la reconstrucción de la infraestructura, la erradicación de la pobreza, la democratización y la protección del ambiente.

El Gobierno de Japón comenzó de nuevo a prestar ayuda en 1992 y proporcionó apoyo para la reconstrucción, incluyendo una oferta como un préstamo en yenes para los campos de energía eléctrica y suministro de agua.

Con los antecedentes antes mencionados, el Gobierno de la República de El Salvador le solicitó al Gobierno de Japón, que preparase mapas topográficos para las áreas carentes de los mapas existentes en escala de 1/25,000 y datos geográficos básicos de SIG (Sistema de Información Geográfica) para los varios planes de desarrollo.

En respuesta a la solicitud presentada por el Gobierno de la República de El Salvador, el Gobierno de Japón decidió conducir un proyecto para mejorar los datos geográficos básicos de acuerdo con las leyes y reglamentos relevantes vigentes en Japón. El nombre del proyecto es “El Estudio para el Establecimiento de los Datos Geográficos Nacionales Básicos en la República de El Salvador” (en lo sucesivo referido como “Fase I del Estudio”).

En consecuencia, Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en lo sucesivo referido como “JICA”), la agencia oficial responsable de la implementación de los programas de cooperación técnica de Japón, asumió el Estudio en cooperación conjunta con las autoridades del Gobierno de la República de El Salvador.

Por otro lado, un terremoto azotó el país cerca de la línea costera de El Salvador, el 13 de enero del 2001, con una magnitud de 7.6 en la escala de Richter, seguido de otro, el 13 de febrero del 2001. Hay informes de serios daños en los 14 Departamentos del país.

Después de los terremotos mencionados arriba, inmediatamente, JICA ha decidido mandar el Equipo del Estudio del JICA (en lo sucesivo referido como “Equipo del Estudio” o “Equipo”) para un proyecto sobre la Fase II (en lo sucesivo referido como “Fase II del Estudio”). Los principales objetivos de la Fase II del Estudio fueron la preparación de los Mapas de Desastre para Áreas Dañadas, como resultado de los terremotos de enero y febrero de 2001, y preparar el Mapa de Análisis de Riesgos para Derrumbes y Áreas en Peligro.

El período de Estudio para la Fase I y la Fase II es desde marzo del 1999 hasta julio del 2001.

## **2. Perfil del Estudio**

### **2.1 Objetivos del Estudio**

Los objetivos del Estudio son:

Fase I:

- (1) Crear los mapas topográficos en escala 1/25,000 (aproximadamente 3,700 km<sup>2</sup>) para asistir al Gobierno de la República de El Salvador en la preparación de varios planes de desarrollo.
- (2) Elaborar los datos digitales cuya precisión de posición corresponde a los mapas topográficos existentes en escala de 1/25,000 para asistir al Gobierno de la República de El Salvador en el establecimiento de varios sistemas de información geográfica (aproximadamente 20,740 km<sup>2</sup>)
- (3) Transferir tecnología relacionada al personal de la contraparte salvadoreña.

Fase II:

- (4) Preparación de los “Mapas de Desastres de Áreas Dañadas” resultantes de los terremotos ocurridos en el 2001 para proceder con apoyo efectivo para el plan de reconstrucción.
- (5) Preparación del “Mapa de Análisis de Riesgos para Derrumbes y Áreas en Peligro” para indicar las áreas susceptibles a otro desastre.

### **2.2 Áreas de Estudio**

Fase I:

Las áreas del Estudio que se seleccionaron son las siguientes: Las áreas se muestran en la Figura 1.

- (1) El área donde faltan mapas topográficos en escala 1/25,000 (aproximadamente 3,700 km<sup>2</sup>) para elaborar tanto los datos digitales como los mapas topográficos en escala 1/25,000.
- (2) El área de todo el país (aproximadamente 20,740 km<sup>2</sup>) sólo para elaborar datos digitales.

Fase II:

- (3) El área de Estudio es de aproximadamente 5,100 km<sup>2</sup>, e incluye las principales áreas de desastres debido a los terremotos de enero y febrero del 2001.

El área de Estudio se muestra en la Figura 1.

**Figura 1 Área de Estudio**  
obj/spanish/id\_hojas.xls

## 2.3 Alcance del Trabajo

### 2.3.1 Fase I del Estudio

La Fase I del Estudio cubrirá los siguientes puntos:

- (1) Preparar datos digitales y mapa topográfico en escala 1/25,000 (aproximadamente 3,700 km<sup>2</sup>)
  - 1) Fotografía aérea  
Se tomarán fotografías en blanco y negro para cubrir el area preparada a escala de 1/40,000.
  - 2) Levantamiento de los puntos de control  
Se efectuará el levantamiento de los puntos de control con GPS para determinar las coordenadas horizontales y verticales de los puntos de control
  - 3) Triangulación aérea  
La triangulación aérea se llevará a cabo para establecer puntos de control para la fotografía.
  - 4) Identificación de campo  
La información topográfica se identificará a través de la investigación de campo utilizando las fotografías aéreas.
  - 5) Ploteo  
El ploteo se elaborará para preparar datos topográficos digitales en escala de 1/25,000. Se utilizarán mapas de manuscritos en escala de 1/5,000 ó 1/10,000 tanto como sea posible.
  - 6) Terminación del campo  
La terminación del campo deberá ser realizada en el area de Estudio para identificar las características naturales y artificiales del terreno y que son difíciles o imposibles de identificar en las fotografías aéreas.
  - 7) Recopilación  
La recopilación de los datos diagramados deberá ser realizada con base en los resultados de la identificación en el campo y los datos preparados por el Instituto Geografico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzman”, Centro Nacional de Registros, Ministerio de Justicia (IGN).
  - 8) Preparación de las películas de impresión  
Las películas de impresion deberán ser preparadas utilizando un plotter laser en escala 1/25,000.
- (2) Digitalizar los mapas topográficos existentes en escala 1/25,000 (aproximadamente 17,040 km<sup>2</sup>)
  - 1) Digitalización
  - 2) Mapas topográficos existents en escala 1/25,000 deberán ser digitalizados utilizando los mapas impresos.
  - 3) Actualización  
Los datos topográficos que cubren parcialmente a la ciudad de San Salvador y sus alrededores deberán ser acutalizados (aproximadamente 100 km<sup>2</sup>)
- (4) Estructuración  
La estructuración topológica deberá realizarse para la terminación de los datos topográficos digitales.
- (4) Transferencia de tecnología  
Para poder facilitar la transferencia de tecnología hacia el personal de la contraparte, se deberá realiza una parte del proceso de actualización de los datos topográficos digitales bajo la supervision técnica del Grupo de Investigación.

### 2.3.2 Fase II del Estudio

La Fase II del Estudio deberá cubrir los siguientes puntos:

- (1) Actualización del mapa base para las areas de desastre

El mapa topográfico en escala de 1/25,000, que está elaborando el Equipo de Estudio no ha actualizado de manera correcta los elementos cartográficos, aunque los datos ya se digitalizaron. Esto es porque la actualización de la información se programó en un inicio después de la digitalización de los datos del mapa. La actualización de los datos simplificados se efectuará utilizando una imagen satelital y otras fuentes existentes de imágenes tales como fotografías aéreas y mapas topográficos en escala de 1/5,000 para evitar confusiones innecesarias para elaborar planes de rehabilitación y reconstrucción.

(2) Estudio de campo

La verificación en el campo se efectuó para confirmar las áreas dañadas y actualizar los mapas existentes a lo largo de la investigación de campo. Más aún, la investigación para áreas de derrumbes se efectuó en varios puntos para futuros programas de rehabilitación.

(3) Elaboración del Mapa de Desastres para las Áreas Dañadas

Al utilizar los resultados de la investigación de campo como datos suplementarios, el mapa base existente se corrigió y se añadió información nueva, y después se prepararon los Mapas de Desastres más precisos. Se requiere entregar dichos datos al IGN en Archivos Plot en CD-ROM.

(4) Elaboración de Mapas de Análisis de Riesgos para Derrumbes y Áreas Peligrosas

Los Mapas de Análisis de Riesgos para Derrumbes y Áreas Peligrosas se prepararon identificando áreas en riesgo de pendientes escarpadas y derrumbes a lo largo de los ríos de la montaña y áreas urbanas al analizar los datos del mapa topográfico, DEM (Modelo de Elevación Digital), y las fotos aéreas existentes. Para este estudio se aplicó la norma japonesa sobre “prevención de derrumbes” y “medición de desastres”.

## 2.4 Política Básica del Estudio

La Fase I del Estudio se condujo basándose en el Alcance del Trabajo acordado entre el Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán”, el Centro Nacional de Registros, el Ministerio de Justicia y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón el 4 de diciembre de 1998, y en las Instrucciones de Trabajo presentadas en la reunión explicativa sostenida en El Salvador el 2 de febrero de 1999. Los detalles de la política básica son los siguientes:

- 1) Los datos digitales para el SIG se elaborarán dentro de un período de 28 meses para la urgente rehabilitación nacional de la infraestructura.
- 2) El material existente para el Estudio se utilizará tanto como sea posible.
- 3) Para la Agencia Contraparte se considerará tecnología adecuada y un sistema computacional económicamente viable.
- 4) El Estudio tendrá como objetivo el apoyar las siguientes actividades de la Agencia Contraparte:
  - - Elaboración y corrección de datos digitales para el SIG
  - - Mantenimiento de los datos digitales
  - - Suministro sostenible de datos digitales
  - - Estandarización de datos digitales
- 5) La base de datos sobre desastres deberá ser creada para apoyar la planificación de la rehabilitación después de los terremotos.
- 6) La base de datos del análisis de riesgo en la Fase II del estudio tiene como objetivo es proporcionar información a los residentes y aumentar la conciencia para la prevención de desastres y apoyar la rehabilitación.

## 2.5 Especificaciones

Los resultados y las especificaciones basadas en la política anterior se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1 Especificaciones el Estudio**

Símbolos de los Mapas	A decidirse tomando en cuenta el método de representación en El Salvador por medio de la discusión mutua.
Normas de medición	Elipsoide de referencia: Clarke 1866 Datum de coordenada: North American Datum 1927 (se refiere al primer grado del punto de triangulación en Soledad) Datum de nivelación: Media del nivel del mar (medido en La Unión) Proyección: Conformal cónico LAMBERT Escala de trazado: 1/25,000 Intervalo de curvas de nivel: Curva primaria de nivel 10 m Marco envolvente: 5' x 7.5'
Precisión	A decidirse por medio de discusiones mutuas.
Anotación especial	La siguiente anotación se proporcionará en cada archivo de datos: "Este mapa se elaboró conjuntamente por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) bajo el Programa de Cooperación Técnica del Gobierno de Japón y el Gobierno de la República de El Salvador.

## 2.6 Productos

Los productos del Estudio se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2 Productos del Estudio**

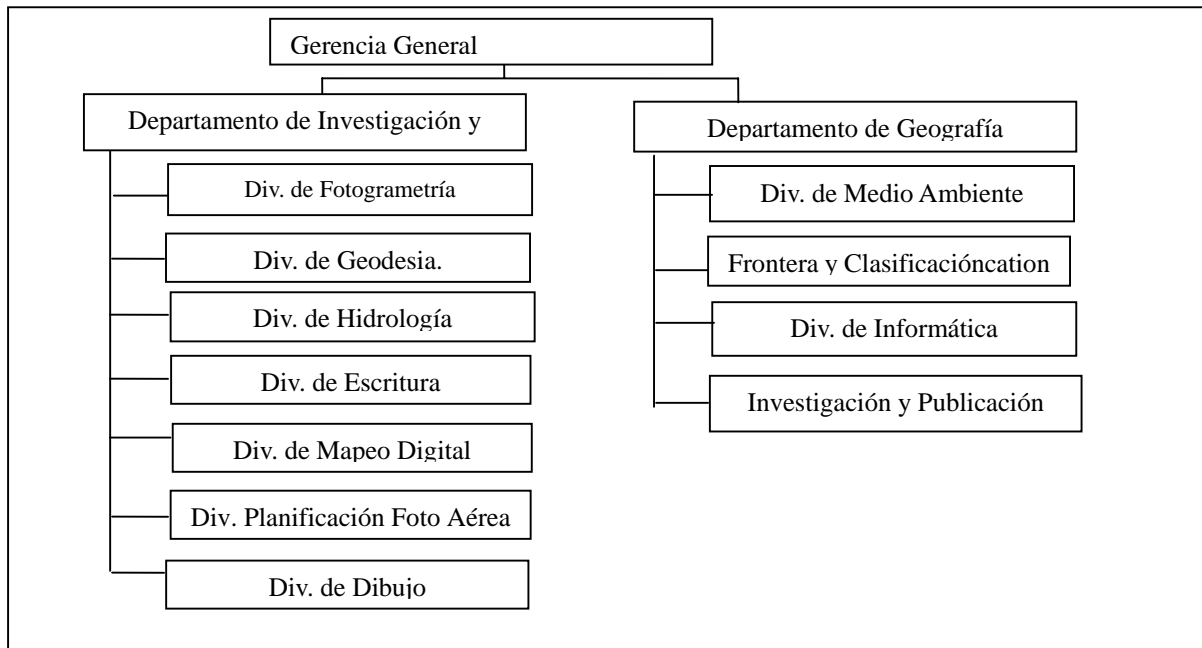
Punto	Descripción
Resultados	1 Informes del Estudio
	1) Informe Inicial (Inglés y Español) 20 copias
	2) Informe de Avance 1 (Inglés) 20 copias
	3) Informe de Avance 2 (Inglés) 20 copias
	4) Borrador del Informe Final
	Informe Principal (Inglés y Español) 20 copias
	Resumen (Inglés y Español) 20 copias
	5) Informe Final
	Informe Principal (Inglés y Español) 20 copias
	Resumen (Inglés y Español) 20 copias
	2 Fotografías aéreas en escala de 1/40,000, pancromáticas, alrededor de 4,000 km <sup>2</sup>
	1) Películas negativas de las fotografías aéreas 1 juego
	2) Mapa índice de las fotografías aéreas 1 juego
	3) Fotos de contacto para las fotografías aéreas 1 juego
	3 Levantamiento de los puntos de control
	1) Lista de los puntos de control 1 juego
	2) Mapa índice de los puntos de control 1 juego
	4 Triangulación aérea
	1) Resultado de la triangulación aérea 1 juego
	2) Mapa índice de la triangulación aérea 1 juego
	5 Mapas topográficos en escala de 1/25,000 en la nueva área de mapeo (aprox.3,700 km <sup>2</sup> )
	1) Películas de impresión 1 juego
	2) Datos digitales simbolizados para mapas topográficos 3 juegos
6 Datos digitales topográficos para SIG	
1) Datos digitales topográficos para SIG (CD-ROM) 200 juegos	
7 Mapas de desastres y mapas de riesgos (aprox.5,100 km <sup>2</sup> )	
1) Mapas impresos en escala de 1/25,000 1 juegos	
2) Datos digitales (CD-ROM) 20 juegos	

### 3. Agencia Contraparte

La agencia contraparte del Estudio es el Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán” (en adelante “IGN”), el Centro Nacional de Registros (en adelante “CNR”), y el Ministerio de Economía.

A continuación se muestra el organigrama:

Organigrama del IGN





#### 4. Miembros del Equipo de Estudio de JICA

Los miembros del Equipo de Estudio de JICA y los períodos de actividad se muestran a continuación:

**Tabla 3 Lista de Miembros de la Fase I**

Tarea	Nombre	Período
Líder del Equipo	Shun TAKAGI	31 de marzo al 29 de mayo de 1999 22 de octubre al 20 de noviembre de 1999 15 de enero al 13 de febrero de 2000 28 de marzo al 11 de abril de 2000 15 de junio al 12 de septiembre de 2000 12 de mayo al 21 de mayo de 2001
Levantamiento de GPS	Yutaka NAKADA	15 de abril al 29 de mayo de 1999 22 de octubre al 5 de diciembre de 1999
Fotografía Aérea	Yutaka KYAKUNO	1 de noviembre al 30 de diciembre de 1999
Verificación de Campo	Daikichi NAKAJIMA	17 de diciembre de 1999 al 13 de feb. de 2000 7 de octubre al 5 de noviembre de 2000
Mapeo Digital (1)	Hidetoshi KAKIUCHI	31 de marzo al 29 de abril de 1999 15 de enero al 13 de febrero de 2000 15 de mayo al 27 de agosto de 2000 12 de mayo al 29 de mayo de 2001
Mapeo Digital (2)	Masaru TERADA	5 de Julio al 17 de octubre de 2000
Mapeo Digital (3)	Kouzou YAMAYA	30 de julio al 27 de septiembre de 2000
Operación y Manejo de Datos Digitales	Myo THANT	15 de junio al 14 de julio de 2000 12 de mayo al 29 de mayo de 2001
Coordinación del Estudio	Kazunobu KAMIMURA	31 de marzo al 29 de abril de 1999 22 de octubre al 20 de noviembre de 1999 15 de junio al 14 de julio de 2000
Geólogo (1)	Hideaki UMEDA	12 de mayo al 29 de mayo de 2001

**Tabla 4 Lista de Miembros de la Fase II**

Tarea	Nombre	Período
Líder Suplente del Equipo	Fujio ITO	18 de febrero al 11 de marzo de 2001
Geólogo (1)	Hideaki UMEDA	18 de febrero al 11 de marzo de 2001
Geólogo (2)	Eiichi HAYAKAWA	18 de febrero al 11 de marzo de 2001
Encuestador de GPS (1)	Nobuhiro SATA	18 de febrero al 11 de marzo de 2001
Encuestador de GPS (2)	Mitsuhiko ASAI	18 de febrero al 11 de marzo de 2001
Coordinación del Estudio	Hidetoshi KAKIUCHI	18 de febrero al 28 de febrero de 2001

#### 5. Cronología del Estudio

A continuación se presenta cada punto de las operaciones del Estudio, en orden de la fase de trabajo. El Estudio se llevó a cabo tomando como base el Diagrama de Flujo de la Operación del Estudio mostrado en la Figura 2.

**Figura 2 Flujo del Estudio**  
obj/spanish/flujo\_es.xls

**Tabla 5 Puntos de trabajo para cada año de labores de la Fase I del Estudio**

Año	Puntos
1er año	<p>(1) El Trabajo de Preparación (1) en Japón</p> <p>Recopilación y Arreglo de los Materiales Relacionados Preparación del Plan de Programación, las Especificaciones y el Acuerdo Sub-contratado para la Fotografía Preparación del Informe Inicial</p>
	<p>(2) El Primer Trabajo en El Salvador</p> <p>Explicación y Discusión del Informe Inicial Discusiones sobre la Representación en Mapa y Especificaciones de los Datos del SIG Recopilación de Materiales Relacionados Investigación de reconocimiento de los puntos de control Identificación de Asuntos Relacionados con los Sistemas de Información de Mapas Digitales Estudio de Sistemas Legales y Organizacionales</p>
	<p>(3) El Primer Trabajo en Japón</p> <p>Digitalización de los Mapas Existentes (17,040 km<sup>2</sup>) Digitalización de los Mapas Existentes de Curvas de Nivel (3,100 km<sup>2</sup>) Creación de la estructura de datos 1 Preparación del Informe de Avance 1</p>
	<p>(4) El Trabajo de Preparación (2) en Japón</p> <p>Arreglo de los Materiales Relacionados Preparación del Plan del Programa, Especificaciones y Acuerdo de sub-contrato para la fotografía Aérea.</p>
	<p>(5) El Segundo Trabajo en El Salvador</p> <p>Explicación y Discusión del Informe de Avance 1 Instalación de Señales para Fotografía Aérea Levantamiento de puntos de control de GPS Fotografía aérea para el mapeo nuevo Identificación del Campo Comprobación del sistema computarizado del Estudio Capacitación en el lugar de trabajo y transferencia de tecnología</p>

2do año	(6) El Segundo Trabajo en Japón  Preparación del Informe de Avance 2
	(7) El Tercer Trabajo en El Salvador  <u>Fase I</u> Explicación y Discusión del Informe de Avance 2 Estudio de Operación y Manejo de Datos Digitales Actualización de los Datos Digitales en San Salvador Capacitación en el lugar de trabajo y transferencia de tecnología Investigación adicional Presentación <u>Fase II</u> Recolección de materiales disponibles Actividad de campo para para la actualización de los mapas existentes Foto-interpretación e interpretación de imágenes satelitales Survey of landslide areas
	(8) El Tercer Trabajo en Japón  Triangulación Aérea Comprobación de la Calidad de los Mapas Diagramación Digital
	(9) El Cuarto Trabajo en Japón  <u>Fase I</u> Preparación del Borrador del Informe Final Simbolización de los mapas Inspección del Resultado Creación de la Estructura de los Datos 2 Inspección Oficial <u>Fase II</u> Preparación del mapa de desastres Preparación del mapa de análisis de riesgos Preparación en CD-ROM de las bases de datos de desastres y de DIS
3er año	(10) El Cuarto Trabajo en El Salvador  Explicación y discusión sobre el Borrador de Informe Final Operación y Manego de los Datos Digitales Recomendaciones para el IGN Presentación
	(11) El Quinto Trabajo en El Salvador  Preparación del informe final Producción de las películas de impresión Copiar los Datos Digitales en CD-ROM

## **6. Detalles del Estudio de la Fase I**

### **6.1 Informes y Reuniones**

El Equipo de Estudio preparó un Informe Inicial, Informe de Avance 1, Informe de Avance 2, Borrador del Informe Final y el Informe Final acerca del Estudio, y el Equipo de Estudio comenzó a poner en práctica dichos planes con la aprobación del IGN, después de su discusión entre el IGN y el Equipo de Estudio. El resumen de cada discusión se muestra a continuación y en el apéndice se presentan las minutas de las reuniones.

#### **6.1.1 Explicación y Discusión del Informe Inicial**

El 7 de abril de 1999 se sostuvo la primera reunión con respecto al Informe Inicial, en la oficina del IGN. Después del saludo, el Sr. Takagi, el Líder del Equipo, les presentó el Informe Inicial al Ing. Roberto López Meyer y al Ing. Enrique de la O de IGN. Se continuó la discusión en una segunda reunión sostenida el 8 de abril de 1999 con los mismos miembros.

Durante las reuniones se discutieron y confirmaron los siguientes puntos técnicos:

- (2) La proyección primaria de los mapas topográficos en escala 1/25,000, es de tipo conformal cónica Lambert y también se tienen que describir las coordenadas de UTM.
- (3) Los receptores de GPS para el levantamiento de los puntos de control serán revisados y les proporcionará mantenimiento adecuado el IGN.
- (4) En la segunda fase del trabajo el Equipo de Estudio podrá traer un avión para tomar la fotografía aérea de un país vecino, ya que es difícil el rentar un avión adecuado en El Salvador.
- (5) El IGN proporcionará al Equipo de Estudio la información de las fronteras en mapas en escala de 1/50,000 con las firmas autorizadas en cada hoja.
- (6) La nueva área de mapeo (3,700 km<sup>2</sup>) es el área limitada por las nuevas fronteras nacionales.
- (7) Ya que el área territorial de la hoja del mapa 2558-II SW es pequeña, esta área se incluirá como una extensión de la hoja del mapa 2557-I-NW.
- (8) El trabajo de digitalización deberá incluir el área de la Isla de Meanguera.
- (9) El IGN deberá preparar y proporcionarle al Equipo de Estudio copias de los siguientes mapas:
  - 1/25,000 mapas de nivel
  - 1/10,000 mapas de nivel
  - 1/5,000 mapas de nivel

#### **6.1.2 Discusiones sobre Representación de Mapas y Especificaciones de Base de Datos del SIG**

Los miembros del IGN y del Equipo de Estudio de JICA asistieron a la reunión. Esta reunión fue acerca de los datos de las capas para SIG y la simbolización para la impresión de mapas topográficos en escala de 1/25,000 a aplicarse en el Estudio. Los resultados de estas discusiones son las siguientes:

- (1) El IGN decidirá cómo se deberán digitalizar las líneas escondidas de los ríos. El IGN estudiará los mapas de las ciudades de San Salvador, San Miguel y Santa Ana y después del estudio, el IGN le entregará al Equipo de Estudio de JICA los mapas para que las líneas escondidas se marquen como líneas visuales.
- (2) El mapa existente de San Salvador se elaboró en 1988, y presenta algunos errores en la leyenda. Estos errores no aparecen en otro mapa del año 1996.

- (3) Los edificios grandes se digitalizan en los polígonos a escala (las mismas formas que en realidad tienen).
- (4) Los canales de irrigación se digitalizarán como un solo tipo de datos de SIG. Se dibujarán en azul.
- (5) Los tanques de agua se digitalizarán en tres tamaños (grande, mediano y pequeño) utilizando una capa y tres clases de atributos. Los tanques de aceite y gas se digitalizarán en el mismo método que los tanques de agua. Los símbolos se utilizarán igual que las 'CONVENCIONES TOPOGRAFICAS DEL INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA'. Junto a cada símbolo se hará una anotación para especificar el tipo de tanque, por ejemplo, agua, aceite o gas.
- (6) Los centros recreativos se digitalizarán como características poligonales, y un círculo conteniendo las letras CD se colocará en cada centro recreativo. El símbolo para mapas en papel deberán ser los mismos de los mapas existentes.
- (7) Se digitalizarán las escuelas e iglesias dependiendo del tamaño. Aquéllas más pequeñas de 3 mm en las mapas existentes, serán digitalizadas sólo como una característica de un punto, y aquellas más grandes de 3mm se utilizarán para simbolizar una bandera para la escuela o una cruz para la iglesia orientada al Norte.
- (8) Las áreas de vegetación se digitalizarán como características de polígonos.
- (9) Los caudales serán digitalizados como líneas y como polígonos. Si un caudal aparece como una línea en los mapas será digitalizado como una línea solamente.
- (10) Se emplearán cinco colores en la impresión de los mapas (rojo, azul, verde, negro y café).
- (11) Los números de códigos para SIG serán tomados de los números de símbolos de las 'CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS'.

Notas:

- 1) Los símbolos de las 'CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS' serán utilizados en la impresión de los mapas.
- 2) Si se presentaran problemas o dificultades, podrán usarse métodos alternos para completar el trabajo después de que el IGN y el Equipo de Estudio de JICA hayan discutido y alcanzado un acuerdo.

### **6.1.3 Explicación y Discusión sobre el Informe de Avance 1**

El 3 de noviembre de 2000, se sostuvo una reunión en el CNR con respecto al Informe de Avance 1. El Grupo de Investigación presentó el Informe de Avance 1 al IGN, Embajada de Japón y al Residente Representante de JICA en El Salvador. El Informe de Avance fue aceptado por el IGN

### **6.1.4 Explicación y Discusión sobre el Informe de Avance 2**

El 3 de abril de 2000, se sostuvo una reunión en el CNR con respecto al Informe de Avance 2. El Informe de Avance se presentó al IGN, a la Embajada de Japón, y a JICA en El Salvador. El Informe de Avance fue recibido y aceptado por el IGN.

### **6.1.5 Labores Adicionales**

JICA y el IGN discutieron y acordaron lo siguiente:

- 1) Se realizarán actividades adicionales para crear la base de datos SIG equivalente al mapa topográfico en escala 1/25,000 de la parte sureste del país de 85 km<sup>2</sup>. Los límites no estarán representados en la base de datos SIG.

- 2) El IGN proporcionará al Equipo de Estudio de JICA, los materiales existentes incluyendo las fotografías aéreas que abarcan el área de estudio adicional que se menciona arriba, para el 15 de diciembre de 2000.

### **6.1.6 Explicación y Discusión del Borrador de Informe Final**

El 14 de mayo de 2001, se sostuvo una reunión en el CNR con respecto al Borrador del Informe Final. El Equipo del Estudio presentó el Informe al IGN y el Informe fue recibido y aceptado por IGN.

## **6.2 Organización y Sistema Legal de la Agencia Contraparte**

### **6.2.1 Historia**

El Instituto Geográfico Nacional fue creado el 5 de noviembre de 1946, como la Oficina de Mapas. Su objetivo era la preparación de los mapas básicos del El Salvador, principalmente para proporcionar información a los Estados Unidos. La oficina cambió su nombre en julio de 1947 al de "Oficina de Cartografía y Geografía" y de 1951 a 1955 llevó el nombre de "Departamento de Cartografía". A partir del siguiente año (1956), la oficina se convirtió en el "Departamento General de Cartografía" y el 1 de enero de 1968 pasó a ser el "Instituto Geográfico Nacional". En 1972, por decreto legislativo, se estableció el nombre actual "Instituto Geográfico Nacional ing. Pablo Arnoldo Guzmán". En 1995, el instituto pasó al Centro de Nacional de Registros bajo el Ministerio de Justicia

El Instituto Geográfico Nacional, desde su inicio como la Oficina de Mapas, hasta 1995, estuvo bajo el Ministerio de Obras Públicas y tuvo una estructura compuesta por una Gerencia General, Sub-gerencia General, División Administrativa, Finanzas, División Cartográfica, y División Catastral. Cada departamento tenía sus respectivas divisiones y secciones. La anterior estructura tenía funciones de apoyo tales como: Planificación, Legal, Relaciones Públicas, y a poyo de parte de la Agencia de Mapas de Defensa (DMA).

A pesar de la formalización de su estructura, la organización debía funcionar con un presupuesto limitado asignado por el Gobierno Central debido a la Guerra Civil y/o los daños en la infraestructura provocados por el terremoto del octubre de 1986.

Una vez que terminada la Guerra Civil, el país entró en una etapa de reconstrucción, esfuerzo que requería la actualización de los mapas. Sin embargo, el IGN no podía dar una respuesta inmediata debido a la situación financiera y las razones ya expuestas, por lo tanto, el país solicitó proyectos de cooperación económica y técnica internacionales, algunos de los cuales fueron implementados con la asistencia de Japón y otros países e institutos internacionales como el Banco Mundial.

Simultáneamente, el Gobierno de El Salvador pasó a implementar el Plan de Modernización Nacional y dentro de este contexto el Centro Nacional de Registros (CNR) se estableció como parte del Ministerio de Justicia. El IGN quedó bajo el CNR de acuerdo con el Decreto Ejecutivo No. 62, del 5 de diciembre de 1994; y el Decreto Legislativo No. 462, del 10 de octubre de 1995.

Durante los últimos tres meses de 1995 y 1996, el CNR integró instituciones del Registro de la Propiedad e Hipotecas, Registro Social de Inmuebles, y el IGN. La organización parece continuar cambiando dentro del proceso de modernización del CNR.

En el proceso de inclusión del IGN dentro del CNR, la estructura organizacional del IGN cambió considerablemente al ser absorbidas las funciones administrativas y financieras por el CNR. El Catastro fue integrado directamente al Registro de la Propiedad, y las funciones que le quedaron al IGN fueron los campos de la geografía y la cartografía.

### **6.2.2 Leyes y Normas de Cartografía**

Las normas cartográficas en El Salvador siguen las mismas establecidas por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la Agencia Nacional de Imágenes y Mapeo (NIMA), para la diagramación de mapas en escalas de 1/50,000, 1/25,000 y redes geodésicas de primero, segundo y tercer orden. Para la diagramación digital de mapas, el marco legal está en proceso de ser establecido.

### **6.2.3 Personal**

El Instituto Geográfico Nacional consiste en un total de 138 personas de las cuales 15 son profesionales con grado académico. Éstos han sido debidamente capacitados en sus respectivas áreas, varios de ellos fueron capacitados tanto fuera del país como internamente. Las disciplinas académicas que se tienen son: ingeniería civil, ingeniería mecánica, arquitectura, biología, y educación. Parte del personal posee grados de maestría. El nivel de educación académica en el IGN es considerado alto.

El personal del IGN está satisfecho con las condiciones laborales incluyendo el ambiente en las oficinas y las compensaciones desde que el Instituto se volvió parte del CNR. La voluntad para adquirir sistemas de mapeo digital y tecnología SIG es muy alta, sin embargo, las oportunidades son limitadas debido a la falta de estaciones computarizadas.

### **6.2.4 Programas de Capacitación del IGN**

Los institutos en los que se ha capacitado parte del personal del IGN son:

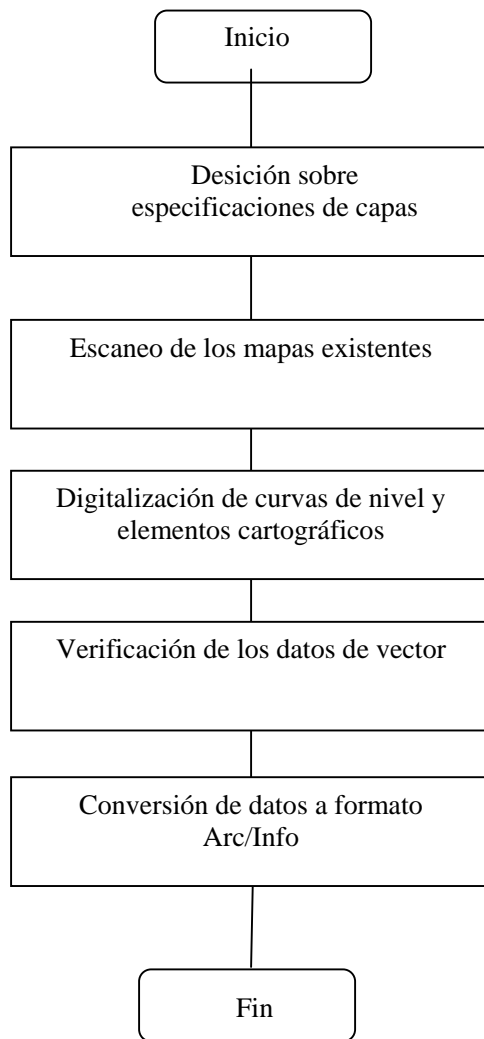
Fuerte Clayton Panamá  
El Instituto Geográfico de Agustín Codazzi en Colombia  
El Instituto de Estadística Geográfica e Informática en México  
El Instituto Panamericano de Geografía e Historia en México

El contenido de los programas está basado en la cartografía y la fotogrametría.

## **6.3 Creación de Datos Digitales a partir de los Mapas Existentes en Escala 1/25,000**

Se crearon datos digitales del área (aproximadamente 17,040 km<sup>2</sup>) que cuenta con los mapas topográficos existentes en escala 1/25,000, utilizando dichos mapas existentes y la edición existente de líneas de nivel en película positiva en cumplimiento con las especificaciones acordadas por el IGN y el Equipo de Estudio. La figura 3 muestra un organigrama de la creación de datos y los detalles de cada proceso se explican abajo.





**Figura 3. Creación de los datos digitales a partir de los mapas existentes en escala 1/25,000**

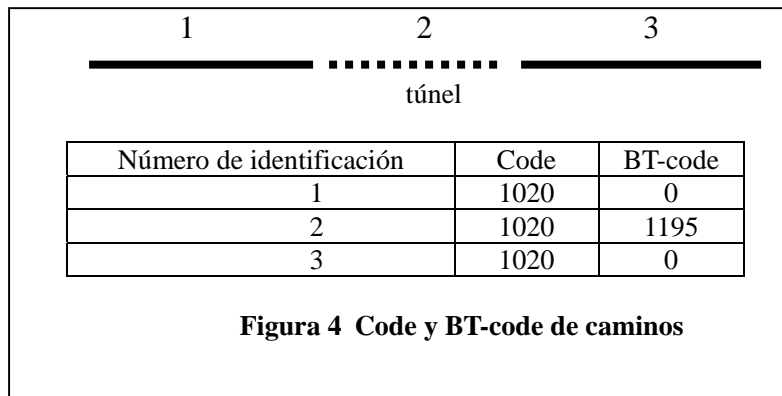
### 6.3.1 Decisión sobre las Especificaciones de las Capas

Se definieron 19 capas de datos topográficos digitales y los tipos de cada elemento cartográfico y elevaciones fueron expresados utilizando ocho atributos tales como code, BT-code, dept, muni, dept-code, tipo, elevación y texto. Las especificaciones de las capas se muestran en la Tabla 6.

Los principales elementos cartográficos de las especificaciones son:

#### 1) BT-code

La cobertura de caminos tiene dos tipos de atributos, Code (código) y BT-code (la palabra “cobertura” es un término del software Arc/Info SIG y quiere decir “capa”). El ítem Code es para el tipo de camino. Por ejemplo: un número Code de 1020 quiere decir un tipo de camino pavimentado con dos o más carriles. El ítem BT-code es para puentes o túneles. Por ejemplo: un número BT-code de 1195 es la parte interna de un túnel, lo que quiere decir que no hay capas independientes de puentes o túneles en esta estructura. Este ejemplo se muestra en la figura 4. El mismo método se aplicó a la cobertura de datos de ferrocarriles, hidrología y empresas de servicio público.



## 2) Wells (Pozos)

Todo tipo de pozos y tanques están almacenados en la cobertura de Pozos. Esta cobertura tiene dos tipos de atributos, Code (código) y Type (tipo). El ítem Code es una descripción en lugar de tamaño. Por ejemplo, el número Code de 1930 quiere decir un tanque pequeño. El ítem *Type* es para los tipos de tanque, por ejemplo, Type A quiere decir agua.

## 3) Contours (curvas de nivel) y Spot-heights (puntos de elevación)

La cobertura de Contours (curvas de nivel) tiene tres tipos de atributos, Code, BT-code y Elevation (elevación). La característica de esta cobertura es que el BT-code significa depresiones. Sobre *Spot-height* (puntos de elevación), el valor de -9999 fue entrado para un punto que tiene un valor de elevación desconocida.

## 4) Marco envolvente

Todos los datos de cobertura tienen un marco envolvente. Las coordenadas de las cuatro esquinas del marco envolvente netas concuerdan con las correspondientes coordenadas de los mapas en papel existentes y el valor del code (código) es 9999.

**Tabla 6 Especificaciones de las Capas para los Datos Topográficos Digitales**

No.	Theme (tema)	Cover	Type (tipo)	Code (código)	BT-Code	Attrb (atributo)	Description (descripción)
1	Admin. áreas	ADMIN	LINE	2220			Límite nacional
				2230			Límite de ciudad o distrito
				2240			Límite Municipal
			POLY			Nombre	Nombre de la ciudad o distrito
						Nombre	Nombre del municipio
2	Caminos	ROAD	LINE	1150			Camino en construcción
				1140			Camino desconocido
				1010			Carretera o camino pavimentado - 2 o más carriles (isla)
				1020			Camino pavimentado - 2 o más carriles
				1030			Pavimentado, camino de un carril
				1040			Camino no pavimentado - 2 o más carriles
				1050			No pavimentado, un carril, todas las temporadas
				1060			No pavimentado, temporada seca
				1070			Pista
				1160			Calle en área urbana
				1420			Ford
				Road Code	1195		Camino dentro de un túnel
				Road Code	1430		Puente en camino
				Road Code	1380		Puente para peatones
3	Ferrocarriles	RAIL	LINE	1340			Teleféricos
				1200			Línea férrea de un solo carril
				1210			Línea férrea no operante
				1220			Línea férrea de varios carriles
				1280			Lote para trenes
				Rail Code	1335		Línea férrea dentro de un túnel
				Rail Code	1440		Puente de línea férrea
				Rail Code	1300		Tornamesa (para voltear trenes)
4	Áreas construidas	BUILT-UP	POLY	2320			Aeropuerto con edificios
				2330			Claro para aterrizajes
				1480			Áreas urbanizadas
				1670			Cementerio
				1672			Parque
				1660			Centro para deportes
				2051			Mina (tamaño real)
5	Construcciones	BUILDING	POLY	1500			Casas sombreadas con color negro sólido
				1510			Casas representadas con puntos
				1641			Edificios de oficinas públicas (anotados)
				1643			Estación de policía (anotado)
				1644			Museo (anotado)
				1645			Mercado (anotado)
				1590			Bodega (0.5 - 1.2 mm en el mapa)
				1600			Bodega (mayor de 1.2 mm en el mapa)
				1646			Finca (anotado)
				1647			Fabrica (anotado)
				1530			Escuela (mayor o igual que 3 mm en el mapa)
				1560			Iglesia (mayor o igual que 3 mm en el mapa)
				1648			Hospital (mayor o igual que 0.5 x 0.5 mm)
				1620			Ruinas (forma real, anotado)
				1610			Caseta para nieve
				1310			Estación de trenes (forma real)
				1962			Sub-estación
				1980			Piscina
				1990			Embalse
2010			Planta tratadora de aguas negras				

CODE = Códigos de elemento cartográfico

BT-CODE = Códigos de puente o túnel

ATTRB = Atributo (nombre diferente para cobertura diferente)

Continúa en la siguiente página

Continúa desde la página anterior

**Tabla 6 Especificaciones de las Capas para los Datos Topográficos Digitales**

No.	Theme (tema)	Cover	Type (tipo)	Code (código)	BT-Code	Attrb	Description (descripción)
	Asentamientos	SETTLEMENT	POINT	1490			Casas o cabañas (menores o iguales que 0.5 x 0.5 mm)
				1520			Escuela (menor que 3 mm en el mapa)
				1550			Iglesia (menor que 3 mm en el mapa)
				1580			Hospital (menor o igual que 0.5 x 0.5 mm)
				1630			Ruinas (menor o igual que 0.5 x 0.5 mm)
				1310			Estación de ferrocarril (simbolizada)
				2335			Helipuerto
				1642			Estación meteorológica
				2040			Chimenea
				2041			Antena de Radio o televisión
				1690			Referencia terrestre (Monumento, torre...)
				2050			Mina (símbolo)
				1646			Forma
6	Pozo/tanque	WELL	POINT	1961			Hidroestación
				1963			Estación de bombeo
				3140			Arroyo
				3150			Pozo (agua)
				1930	A/G/P/ M/S/O		Tanque - pequeño <small>(A=Agua; G=Gas; P=Petroleo; M=Melaza; S=Gasolina; O=Otro)</small>
				1940	A/G/P/ M/S/O		Tank-medium <small>(A=Agua; G=Gas; P=Petroleo; M=Melaza; S=Gasolina; O=Otro)</small>
				1950	A/G/P/ M/S/O		Tank-large <small>(A=Agua; G=Gas; P=Petroleo; M=Melaza; S=Gasolina; O=Otro)</small>
1960			Pozo (gas, aceite)				
7	Empresas de servicio público	UTILITY	LINE	2020			Tubería
				1470			Línea de transmisión eléctrica
				2990			Canal, esclusa
				3000			Acueducto subterráneo
				<i>Util. Code</i> 3010			Acueducto
8	Hidrología	HYDRO-POL	POLY	2811			Ríos anchos y drenaje
				2830			Caudales anchos intermitentes
				2840			Lago o estanque (permanente)
				2850			Lago o estanque intermitente
				2860			Estanque seco o cíclico
				2911			Canal ancho navegable
				2921			Canal de irrigación ancho abandonado
				3110			Estanque de peses
				<i>Hydro code</i> 2813			Río subterráneo ancho
				HYDRO-LIN	LINE	2811	
		2812					Curso del agua y drenaje
		2830					Línea central de caudales anchos intermitentes
		2820					Curso del agua indefinido
		2910					Canal navegable de una sola línea
		2911					Línea central de canal ancho navegable
		2920					Canal abandonado de una sola línea
		2921					Línea central de canal ancho abandonado
		2930					Sanja desconocida
		2810					Línea costera (Océano)
		<i>Hydro code</i> 2813			Curso de agua subterránea (una sola línea)		
9	Elementos cartográficos	CARTO-LIN	LINE	1880			Muelle grande (tamaño real)
				1870			Muelle (símbolo)
				1800			Rompeolas (símbolo)
				1810			Rompeolas (tamaño real)
				1820			Rompeolas sumergido (submarino)
				1860			Revoco (superior)
				1861			Revoco (Inferior)

CODE = Códigos de elemento cartográfico

BT-CODE = Códigos de puente o túnel

ATTRB = Atributo (nombre diferente para cobertura diferente)

Continúa en la siguiente página

Continúa desde la página anterior

**Tabla 6 Especificaciones de las Capas para los Datos Topográficos Digitales**

No.	Theme (tema)	Cover	Type (tipo)	Code (código)	BT-Code	Attrb	Description (descripción)
				1410			Transbordador (Ferry)
				2900			Rápidos pequeños
				2890			Rápidos grandes, cataratas (superior)
				2891			Rápidos grandes, cataratas (inferior)
				1730			Represa (símbolo)
				1740			Represa grande de mampostería
				1750			Represa con camino
				1760			Represa de barro
				1780			Esclusa transitable
				1890			Rampa de ferry
				1910			Esclusa seca
				1920			Vía férrea marina
				3270			Dique (superior)
				3271			Dique (inferior)
				3280			Bordo con camino (superior)
				3281			Bordo con camino (inferior)
				3290			Bordo con vía férrea (superior)
				3291			Bordo con vía férrea (inferior)
				3300			Sanja (superior)
				3301			Sanja (inferior)
				3310			Terraplén (superior)
				3311			Terraplén (inferior)
				1700			Cerca
				1710			Muro (símbolo)
				1720			Muro (tamaño real)
				1671			Límite de sitio
		CARTO-PNT	POINT	1360			Símbolo para entrada de túnel en camino
				1370			Símbolo para entrada de túnel en vía férrea
				2980			Símbolo para entrada de túnel en acueducto
				2814			Alcantarillado y conducto cerrado
				1531			Escuela (posición del símbolo)
				1561			Iglesia (posición del símbolo)
				2290			Faro
				2940			Punto de penetración
				1790			Compuerta
				2530			Naufragio
				2790			Ancladero para embarcaciones pequeñas
				2800			Ancladero para embarcaciones grandes
				3420			Cueva
10	Cobertura de la tierra	VEGETATION	POLY	3120			Arrozal
				3580			Pinar
				3600			Sabana, hierba tropical
				3570			Coco/Palma
				3030			ciénaga
				3060			Pantano (near sea)
				3090			Manglar
				3130			Pantano
				3590			Nipa
				3520			Árboles
				3530			Arbustos densos
				3540			Árboles dispersos
				3550			Huerta/Plantación
				3560			Huerta/Plantación (temporal)
				3610			Tundra
				3630			Hierba
				3650			Áreas pantanosas (arebusto/maleza)

CODE = Códigos de elemento cartográfico

BT-CODE = Códigos de puente o túnel

ATTRB = Atributo (nombre diferente para cobertura diferente)

Continúa en la página siguiente

Continúa desde la página anterior

**Tabla 6 Especificaciones para las Capas de los Datos Topográficos Digitales**

No.	Theme (tema)	Cover	Type (tipo)	Code (código)	BT-Code	Attrb	Description (descripción)
		LANDFORM	POLY	2350			Áreas arenosas
				3360			Grava
				3350			Arena
				3340			Dunas de arena
				3040			Evaporadora de sal
				3050			Sal gema
				2370			Arrecife de coral
				3380			Afloramiento de roca
				2360			Acantilado costero (superior)
				2361			Acantilado costero (inferior)
				2440			Rocas descubiertas, rocas grandes
11	Contorno	CONTOUR	LINE	3170	3260	E	Líneas índice de elevación (Depresión, Elevación)
				3180	3260	E	Curvas de nivel intermedias (depresión, elevación)
				3190	3260	E	Curvas de nivel de medio intervalo (depresión, elevación)
		SPOTHGT	POINT	2190		E	Puntos de elevación de referencia (E=Elevación)
				2195		E	Valor del nivel de agua de los lagos (E=Elevation)
12	Tereno			3250			Desmoronamiento de tierra (superior)
				3251			Desmoronamiento de tierra (inferior)
				3500			Pendiente (superior)
				3501			Pendiente (inferior)
				3240			Acantilado (superior)
				3241			Acantilado (inferior)
13	Puntos de control y otros	CONTROL	POINT	2080		E	Puntos de triangulación (E=Elevación)
				2100		E	Puntos de control verticales (E=Elevación)
				2090		E	Puntos de control horizontales (E=Elevación)
				2110		E	Puntos de nivelación (E=Elevación)
				2260			Mojones (delimitadores)
14	Anotaciones	ANNO	POINT			T	Nombres de provincias (T=Línea de texto)
						T	Nombres de distritos (T=Línea de texto)
						T	Nombres de municipios (T=Línea de texto)
						T	Agua, aceite, gas, melaza (T=Línea de texto)
						T	Valores de elevación (T=Línea de texto)
						T	Valor del nivel del agua de los lagos (T=Línea de texto)
						T	Valores de curvas de nivel (T=Línea de texto)

CODE = Códigos de elemento cartográfico

BT-CODE = Códigos de puente o túnel

ATTRB = Atributo (nombre diferente para cobertura diferente)

### **6.3.2 Escaneo de los Mapas Existentes**

Las películas positivas de las curvas de nivel y los mapas existentes en papel en escala de 1/25,000 fueron suministrados por la contraparte, IGN, y dichos materiales fueron escaneados para su utilización con el sistema computarizado. Se hicieron varias pruebas pues la correcta modalidad y resolución del escaneo son muy importantes para trabajos posteriores de digitalización de las imágenes escaneadas. Altas resoluciones de escaneo son necesarias para obtener imágenes escaneadas precisas. Sin embargo, mientras más alta es la resolución más espacio se necesita para almacenar las imágenes escaneadas. También se probó el ajuste de brillantez, contraste y enfoque. Después de realizar cuidadosas pruebas se decidió utilizar la siguiente modalidad y resolución:

Las películas positivas de las curvas de nivel fueron escaneadas en modalidad monocromática con una resolución de 200 dpi y posteriormente fueron corregidas en forma geométrica. Estas imágenes escaneadas se emplearon en la extracción de datos para las curvas de nivel. A pesar de que una imagen en escala de gris es mejor que una monocromática, se eligió la modalidad monocromática para la extracción de las curvas de nivel en el siguiente paso.

Los mapas existentes en papel también fueron escaneados con una resolución de 200 dpi y fueron luego corregidos geoméricamente. Estas imágenes escaneadas fueron utilizadas como imágenes de fondo para la extracción manual de datos de elementos cartográficos. En el Estudio la palabra “elemento cartográfico” significa caminos, construcciones, vegetación, etc., toda información contenida en los mapas existentes a excepción de las curvas de nivel.

Se utilizó una función de transformación afín para corregir las imágenes geoméricamente. Aun cuando el número mínimo de puntos de control para calcular una transformación afín es de tres, se seleccionaron, como puntos de control, los cuatro puntos de las esquinas en los cuadrantes de las películas de curvas de nivel y los mapas topográficos en papel.

### **6.3.3 Digitalización de Elementos Cartográficos y Curvas de Nivel**

Las imágenes escaneadas de las curvas de nivel fueron empleadas para digitalizar las curvas de nivel en forma automática por medio de una conversión de trama a vector. Sin embargo, fue necesario editar manualmente para algunas áreas debido a que el procesamiento R2V (trama a vector) dependía de la topografía y la condición de las imágenes escaneadas. Tras digitalizar las curvas de nivel, se crearon los datos digitales de las curvas de nivel utilizando el software VecEdit98 para ingresar datos de atributos como los códigos y elevaciones. En esta etapa, los datos digitales son un tipo de dato de vector. Después de verificar el envío de datos a Arc/Info.

Las imágenes a colores escaneadas de los mapas existentes en papel fueron empleadas para digitalizar los elementos cartográficos de los mapas por medio del VecEdit98. Los datos de atributos para los elementos cartográficos también fueron ingresados utilizando el VecEdit98.

Nota:

El R2V es un software avanzado de conversión de trama a vector para SIG y mapeo. Dicho software es capaz de crear datos de vector y editar los datos en forma tanto manual como automática. VecEdit98 es un excelente software para digitalización y edición. Este software incluye varias funciones de edición y detección de errores.

### 6.3.4 Verificación de los Datos Digitalizados

Luego de crear los datos digitales de las curvas de nivel y los elementos cartográficos, se diagramaron copias impresas de los datos para la verificación manual. La diagramación permite que los datos sean verificados rápida y fácilmente. Los principales aspectos a revisar fueron los elementos cartográficos, los valores de atributos inválidos y la concordancia (registro) de las orillas entre los cuadrantes. El proceso de verificación y corrección fue reforzado utilizando VecEdit98 hasta que no se detectaron más errores. Los datos digitales por lo general tienen errores en elementos tan pequeños que son invisibles a simple vista durante una verificación en papel, por lo tanto, después de convertir los datos a datos de cobertura Arc/Info, los datos fueron revisados en Arc/Info y corregidos en los casos respectivos.

### 6.3.5 Construcción de la Topología de los Datos Digitales

Después de corregir los datos digitales, se crearon datos de cobertura a través de la importación de datos digitales dentro de Arc/Info. Los datos de cobertura son datos de capas de Arc/Info. Las coordenadas de los datos de cobertura fueron convertidas a Lambert para el Estudio y puestas en la estructura de topología.

### 6.3.6 Aseguramiento de la Calidad de los Datos

Finalmente, los datos de cobertura fueron revisados y corregidos por medio de Arc/Info. Los puntos de verificación para todos los datos de cobertura fueron los siguientes:

- 1) Verificación de códigos inválidos
- 2) Verificación de tipos de elementos cartográficos inválidos
- 3) Verificación de texto inválido
- 4) Verificación de la dirección de la digitalización
- 5) Verificación de la definición de los ítems de atributos
- 6) Verificación de atributos innecesarios
- 7) Verificación de la topología
- 8) Registro (concordancia) de las orillas

Los ítems de verificación para cobertura individuales fueron lo siguiente:

Road, Rail, Utility y Hydro-lin	Verificación de dangle (líneas pendientes)
Built-up area y Building (Zonas construidas y edificaciones)	Verificación de dangle (líneas pendientes) Verificación de polígonos
Wells (Pozos)	Verificación de texto
Hydro-pol	Verificación de dangle (líneas pendientes) Verificación de polígonos Verificación de dirección
Carto-lin, Landform y Terrain	Verificación de dangle (líneas pendientes) Verificación de dirección
Vegetation	Verificación de dangle (líneas pendientes) Verificación de polígonos
Contour	Verificación de dangle (líneas pendientes) Dodos innecesarios Verificación de texto inválido



#### 6.4 Creación de Datos para las Áreas no Cubiertas de los Mapas Existentes en Escala de 1/25,000

Hay dos tipos de productos para el área (aproximadamente 3,700 km<sup>2</sup>) de la cual no hay mapas en papel existentes en escala 1/25,000, uno es el conjunto de películas para impresión para los mapas topográficos de papel en escala 1/25,000, y el otro es un conjunto de datos digitales para SIG. Dichos productos fueron creados utilizando nuevas fotografías aéreas. Se emplearon plotters analíticos convencionales para obtener los datos de las curvas de nivel y los elementos cartográficos. También se utilizó la tecnología digital para algunas áreas; los detalles del procesamiento aparecen en la sección 5.5. En la presente sección se describe el método convencional utilizando un plotter analítico para la generación de datos cartográficos. La figura 5 muestra un diagrama de flujo del proceso. Los detalles de cada paso del proceso se explican abajo.

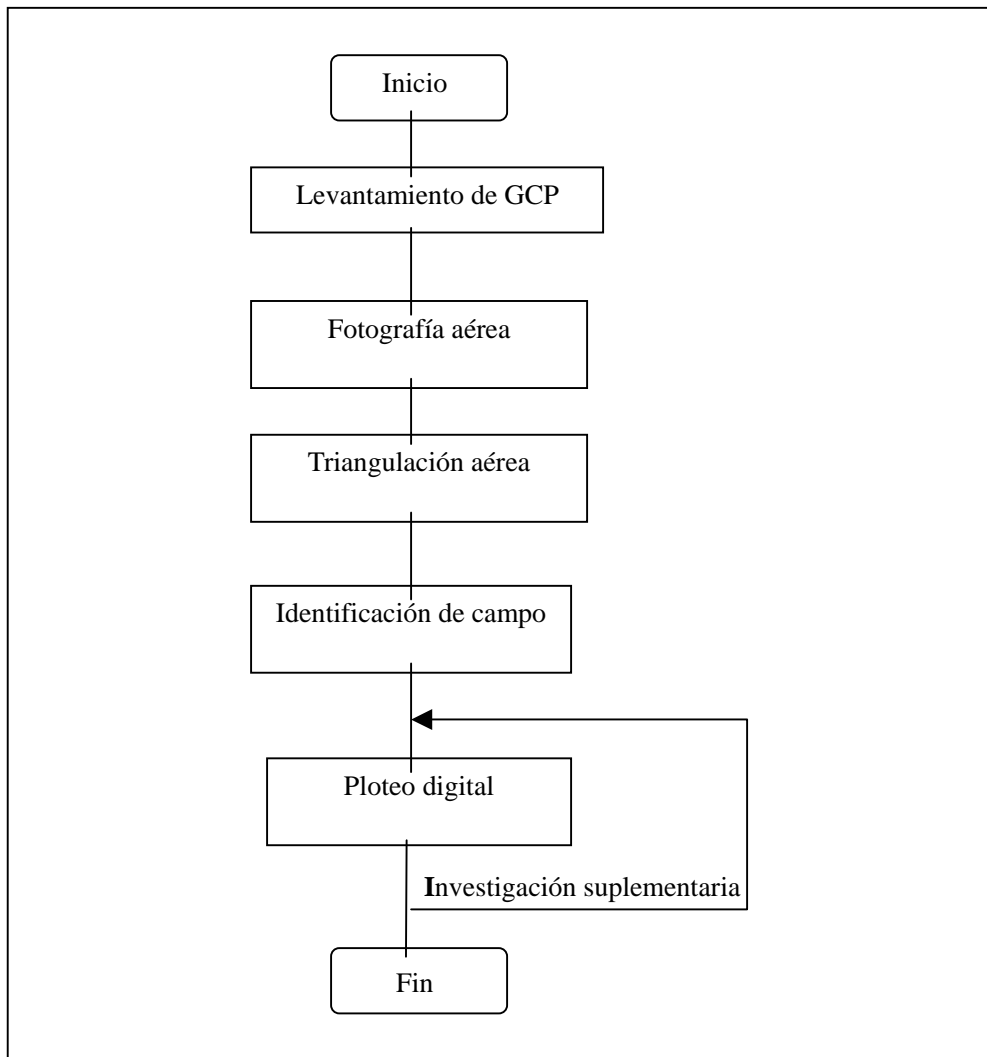


Figure 5 Generación de Datos Digitales para la Nueva Área de Mapeo

#### **6.4.1 Levantamiento de los Puntos de Control**

##### (1) Investigación de reconocimiento para los puntos de control

La investigación de reconocimiento para los puntos de control se realizó de acuerdo con los mapas en escala 1/25,000 y la información descriptiva de los puntos de control existentes. Se planificaron la ubicación de señales para la fotografía aérea y los sitios de los nuevos puntos de control para el levantamiento con GPS.

##### Puntos de control establecidos anteriormente

Las principales razones para el reconocimiento son las siguientes:

- 1) Investigar las condiciones actuales de los puntos de control establecidos y la idoneidad de los alrededores para las observaciones de GPS recién planificadas.
- 2) Seleccionar en forma preferencial los sitios de fácil acceso en vehículo, para los puntos de control a ser establecidos.

Los resultados de el levantamiento se muestran en la tabla 7 y la figura 6.

Muchos puntos de control establecidos anteriormente se encontraban destruidos en algunas partes del área de investigación que fueron ocupadas, durante la guerra, por las fuerzas opositoras. Mientras tanto, algunos puntos de control no lograron ser identificados debido a que los residentes más antiguos que conocían los puntos establecidos se habían mudado y los nuevos residentes no conocían los puntos. En otros casos, algunos de los puntos establecidos en las cimas de los cerros habían sido destruidos o removidos debido a los recientes desarrollos regionales.

##### Puntos de referencia establecidos anteriormente

Muchos puntos de referencia nacionales fueron establecidos junto a viejas carreteras que posteriormente quedaron destruidas debido a los trabajos de expansión en los proyectos de desarrollo de caminos. Las referencias establecidas bajo la tierra en períodos antiguos fueron localizadas con exactitud en la posición de la descripción de los puntos. Las referencias establecidas después de la expansión de las carreteras pudieron ser identificadas debido a que cada una de ellas tenía un monumento en la superficie.

##### Plan para el levantamiento de los puntos de control

Algunos puntos de control fueron establecidos junto a nuevas líneas limítrofes entre El Salvador y Honduras, y las coordenadas de los puntos fueron determinadas por el IGN. Dichos puntos fueron planificados para su utilización en observaciones con GPS y como señales para la fotografía aérea.

**Figura 6 Descripción de Puntos (Muestra)**  
obj/common/figure/figure6.jpg

**Tabla 7      Resultado de la Investigación de Reconocimiento para los Puntos de Control**  
obj/common/figure/table7.jpg

## (2) Observaciones de GPS

Un total de 29 puntos de control fueron observados con GPS para las ocho áreas fotogramétricas digitales en forma separada. De los 29 puntos de control, 3 fueron situados fuera de las áreas de fotografía aérea como puntos de referencia para el cálculo de ajuste neto.

Cuatro grupos de levantamiento geodésico del IGN observaron los puntos. El período de trabajo fue del 11 de noviembre de 1999 hasta el 25 de noviembre de ese mismo año, inmediatamente después de haber completado la instalación de las señales aéreas. La tabla 8 muestra una sección de observación con GPS y la distribución de estaciones de GPS se muestra en la figura 7.

El levantamiento se realizó utilizando cuatro receptores geodésicos de GPS marca ASTEC, con 1.5 – 2.0 horas de observación en cada estación. Los vectores observados fueron post-procesados con el software ASTEC FILLNET GPS en la oficina del IGN en San Salvador. La red entera fue luego ajustada utilizando el software tridimensional para ajuste neto Trimble GPSurvey, en Japón. El ajuste usó como referencia dos coordenadas geográficas, WGS-84 y NAD-27. Las coordenadas finales fueron transformadas a Lambert Conformal Cónico.

Se preparó una hoja de descripción de puntos para cada uno de los puntos GPS. Cada punto fue marcado o señalado en las hojas de contacto de las fotos aéreas. Las coordenadas finales ajustadas se muestran en la tabla 9. El resultado del trabajo con GPS se adjunta como un Apéndice.

**Tabla 8 Sesiones de Observación de GPS**

Día juliano	Fecha	Identificación de la estación	Nombre de la estación	Hora de registro de los datos
315	11-Nov.-1999	PCF4 ES20 <b>SIGN F242</b>	PCF-4 Punto limítrofe ES-20 <b>San Ignacio</b> Punto limítrofe F-242	13:00 –15:00 (2 Horas)
316	12-Nov-1999	<b>SIGN LCAV</b> <b>TEJU MANZ</b>	<b>San Ignacio</b> La Cava <b>Tejutla</b> Manzano	11:00 –13:00 (2 horas)
319	15-Nov-1999	SDIE SOLE LCAV <b>TEJU</b>	San Diego Norte Soledad La Cava <b>Tejutla</b>	13:00 –16:00 (3 horas)
320	16-Nov-1999	MANZ F103 OCOT <b>ETOR</b>	Manzano Punto limítrofe F-103 Ocotillo <b>El Tortuguero</b>	13:00 –15:00 (2 horas)
321	17-Nov-1999	<b>ETOR CUSC</b> <b>TECO LPAM</b>	<b>El Tortuguero</b> Cuscatlan Tecomatepeque <b>Las Pampas</b>	13:00 –15:00 (2 horas)
322	18-Nov-1999	<b>LPAM MURI</b> PLAY PI97	<b>Las Pampas</b> <b>Murillo Ecc</b> Playa Dorada Pista 97	13:00 –15:00 (2 horas)
323	19-Nov-1999	<b>MURI LCAR</b> ALBE <b>ECOC</b>	<b>Murillo</b> La Carrera II Alberto II <b>El Cocal II</b>	11:00 –13:00 (2 horas)
327	23-Nov-1999	<b>PAVA MAXI</b> E329 <b>MONT</b>	<b>Pavana</b> Maximo E-329a <b>Monteca</b>	13:00 –15:00 (2 horas)
328	24-Nov-1999	<b>ECOC ALEG</b> <b>VOLC PAVA</b>	<b>El Cocal II</b> Valle Aregre Volcan II <b>Pavana</b>	13:00 –15:00 (2 horas)
329	25-Nov-1999	<b>MONT</b> <b>ETOR VTAB</b> RNEG	<b>Monteca</b> <b>El Tortuguero</b> Valle Tablon Roble Negro	12:00 –15:00 (3 horas)

**Figura 7    Distribución de las Estaciones de GPS**

obj/common/figure/figure7.jpg

(Mapa de la red : IGN SIG )

**Tabla 9 Coordenadas del Ajuste Final por GPS**

ESTACIÓN					PLANO DE COORDINADASS (LAMBERT)			
No.	ID de la Estación de GPS	Estatus fijo para el procesamiento con GPS	Point Information	P/M	X (m)	Y (m)	Orto-altura (m)	
1	ALBE	No conocido	Pilar nuevo		257,154.747 N	566,839.016 E	379.162	
2	ALEG	No conocido	Pilar nuevo		264,939.648 N	578,278.861 E	450.548	
3	CVSC	<b>Fijo</b>	Pilar existente		289,370.418 N	510,979.770 E	870.310	
4	E329	No conocido	Pilar nuevo		297,660.502 N	639,441.896 E	142.405	
5	ECOC	No conocido	Pilar nuevo		264,807.764 N	569,222.284 E	746.852	
6	ES20	No conocido	Boundary Point		360,988.273 N	477,428.585 E	721.056	
7	ETOR	No conocido	Pilar nuevo		289,497.283 N	538,359.582 E	282.236	
8	F103	No conocido	Pilar limítrofe		322,360.993 N	536,426.637 E	109.584	
9	F242	No conocido	Pilar limítrofe		349,465.984 N	497,466.447 E	809.016	
10	LCAR	No conocido	Pilar nuevo		245,950.764 N	551,973.258 E	84.683	
11	LCAV	<b>Fijo</b>	Pilar existente		308,071.238 N	494,487.521 E	622.390	
12	LPAM	No conocido	Pin nuevo		265,674.376 N	524,090.465 E	165.694	
13	MANZ	<b>Fijo</b>	Pilar existente		324,349.509 N	507,531.939 E	462.610	
14	MAXI	No conocido	Pilar nuevo		259,324.412 N	638,162.345 E	8.373	
15	MONT	<b>Fijo</b>	Pilar existente		306,596.057 N	625,043.510 E	935.990	
16	MURI	No conocido	Eccentric Point		247,061.246 N	524,660.170 E	2.351	
17	OCOT	<b>Fijo</b>	Pilar existente		315,224.629 N	539,071.039 E	1,013.800	
18	PAVA	<b>Fijo</b>	Pilar existente	Out	259,882.098 N	623,231.451 E	88.560	
19	PCF4	<b>Fijo</b>	Pilar existente		361,325.856 N	471,982.914 E	1,121.862	
20	PI97	No conocido	Pilar existente		231,936.799 N	548,538.474 E	1.059	
21	PLAY	No conocido	Pilar nuevo		241,309.936 N	512,257.833 E	0.724	
22	RNEG	No conocido	Recovered Pillar		315,745.376 N	584,720.866 E	976.863	
23	SDIE	<b>Fijo</b>	Pilar existente	Out	349,998.796 N	448,197.069 E	786.610	
24	SIGN	No conocido	Punto excéntrico		357,222.520 N	480,988.632 E	1,046.050	
25	SOLE	<b>Fijo</b>	Pilar existente	Out	282,614.446 N	475,476.010 E	998.730	
26	TECO	<b>Fijo</b>	Pilar existente		281,301.377 N	531,998.500 E	498.780	
27	TEJU	<b>Fijo</b>	Pilar existente		339,083.787 N	488,701.471 E	352.520	
28	VOLC	No conocido	Pilar nuevo		262,543.554 N	580,602.688 E	469.250	
29	VTAB	<b>Fijo</b>	Pilar existente		304,238.958 N	587,508.979 E	775.750	

\*\* : Punto de Señal Aérea    • : Punto de punción                      Out : Fuera de la fotografía aérea

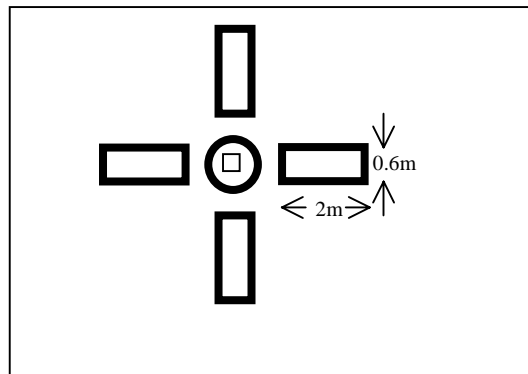


## 6.4.2 Fotografía Aérea

### (1) Señales para la fotografía aérea

Se instalaron un total de 20 señales de fotografía aérea en los puntos de levantamiento de GPS. Las señales se colocaron en los puntos de control de triangulación existentes y en los puntos de control recién establecidos.

Cuatro grupos de levantamiento geodésica del IGN instalaron estos puntos. El período de dicha tarea fue del 3 de noviembre de 1999 al 10 de noviembre de 1999. En la Figura 8 se muestra la forma y tamaño de la señal.



**Figura 8 Forma y Tamaño de la Señal**

### (2) Fotografía aérea

#### Planificación

Se preparó un aeroplano que se puede elevar a una altitud de 6,000 metros para tomar fotografías aéreas en una escala de 1/40,000. El área de fotografía consistió de 24 cursos de vuelos y cubrió la nueva área de mapeo (aproximadamente 3,700 km<sup>2</sup>).

#### Ejecución

Las fotografías aéreas se tomaron del 9 de noviembre de 1999 al 15 de diciembre de 1999. El progreso de los detalles de la ejecución se reportan en BITÁCORAS DE VUELO.

Para las áreas planas, la fotografía se efectuó sin problemas, bajo condiciones climatológicas favorables durante todo el período de trabajo. No obstante, las áreas del norte de las montañas, a lo largo de la frontera con Honduras, donde el clima por lo general está nublado casi todo el año, hubo poca oportunidad de tomar buenas fotografías. Debido a estas condiciones climatológicas locales desfavorables, algunas de las fotografías tienen algunas sombras.

A pesar del número de vuelos de prueba, no se pudieron obtener resultados excelentes durante el período de trabajo. Sin embargo, estas fotografías se aceptan porque la cantidad tan pequeña de nubes que presentan no afecta los trabajos de triangulación aérea y las fotografías existentes para las áreas significativas se podrían obtener del IGN como datos de referencia.

El período laboral y el tiempo de vuelo fue como sigue:

Período laboral: 38 días

Número de vuelos: 10 vuelos (en los cuales se podrían tomar fotografías)

Horas: 15h 52m

## Resultados

Los resultados de la fotografía aérea son los siguientes:

Películas: 2 rollos  
Cursos de vuelo: 24 cursos  
Fotografía aérea: 351 marcos de fotos

Ver la Figura 9. Índice de vuelos.

## Procesamiento fotográfico

### 1) Inspección de las películas Reveladas

Después de tomadas las fotografías, se revisó la película de los rollos revelados prestando atención especial a los siguientes puntos:

- Asegurarse que las imágenes tengan un tono homogéneo y buen contraste
- Quitar totalmente la emulsión y la solución del revelado
- Recordar que la imagen se distorsiona si el secado de la película es inadecuado

### 2) Inspección de las Impresiones de Contacto

Después de la impresión, se revisarán detenidamente las impresiones de contacto prestando atención especial a los siguientes puntos:

- Traslape hacia delante y lateral
- Nubes, sombras por nubes e irregularidades en las imágenes
- Discrepancias entre los actuales cursos de vuelo y los cursos planificados
- Halo
- Bruma, humo, etc.
- Rasguños en la película

### 3) Anotaciones de las Películas

Las películas se anotaron de acuerdo con las especificaciones acordadas con el IGN. Estas especificaciones se muestran en la Figura 10.

**Figura 9 Índice de Vuelos**

obj/common/figure/figure9.jpg

**Figura 10** Especificaciones de las Anotaciones de las Películas  
obj/common/figure/figure10.jpg

### 6.4.3 Triangulación Aérea

Inicialmente, el Equipo de Estudio planificó el recopilar algunos Puntos de Control (GCPs) de los mapas existentes en escalas de 1/5,000 y 1/10,000 ya que las observaciones solas de los GCPs con GPS no eran suficientes para la triangulación aérea. No obstante, después de revisar los mapas existentes, el Equipo de Estudio comprendió que no era aceptable la precisión de los mapas. Se calculó la diferencia entre el resultado de la triangulación y los mapas existentes. Ver la Figura 11. Los errores dependen del área y, por ende, los puntos que tienen menos errores se seleccionaron por medio de GCPs.

Se adoptó el Modelo Independiente del PAT-M para el método de triangulación y el área de Estudio se dividió en ocho bloques. Ver la Figura 9 para la ubicación de cada bloque. A continuación se muestra un ejemplo del procesamiento del bloque 1.

El procesamiento se desarrolló en tres pasos, mismos que se muestran a continuación:

Paso 1:		
	Puntos del GPS :	6
	Revisión de puntos: Conexión entre los modelos	
	Puntos de los elementos cartográficos de los mapas existentes	
	Puntos del Triángulo (x, y, z)	
Paso 2:		
	Puntos del GPS :	6
	Puntos del Triángulo (x, y, z) aceptados para usar en el paso 1:	17
	Revisión de puntos: Puntos para los elementos cartográficos de los mapas existentes	
	Puntos del Triángulo (x, y, z)	
	Altura del Spot (z) 126 puntos	
Paso 3:		
	Puntos del GPS :	6
	Puntos del Triángulo (x, y, z) aceptados para su uso en el paso 2:	17
	Puntos de los elementos cartográficos de los mapas existentes (El error es menor de 15 m):	18
	Altura del Spot (z):	88

El procesamiento se terminó exitosamente y el resultado de la triangulación aérea se utilizó para el ploteo digital. Los errores del RMS (errores horizontales y verticales) de los GCPs utilizados para los cálculos mostrados en la Tabla 10.

**Tabla 10 Errores de RMS de los GCPs**

Número de bloque	Error Horizontal (m)	Error Vertical (m)
Bloque 1	5.601	2.029
Bloque 2	3.387	3.052
Bloque 3	.668	2.102
Bloque 4	3.150	3.425
Bloque 5	5.070	1.766
Bloque 6	7.502	1.633
Bloque 7	.582	.708
Bloque 8	.365	.674

**Figura 11 Diferencia entre el Resultado del Triangulación y los Mapas Existentes**  
obj/spanish/figura11.xls

#### 6.4.4 Verificación de Campo

La verificación de campo se llevó a cabo dos veces. La primera vez fue para elaborar manuscritos de mapas de ploteo y la segunda para revisar los manuscritos del ploteo. En este informe se le denomina investigación complementaria a la segunda comprobación de campo.

##### (1) Primera comprobación de campo para el ploteo

Antes de efectuar la comprobación de campo, se realizó la interpretación preliminar de las fotografías aéreas utilizando fotografías ampliadas al doble y los mapas topográficos existentes en escala de 1/50,000. Tomando en cuenta los resultados de la interpretación de la fotografía preliminar, los siguientes puntos se revisaron y comprobaron en el campo.

- 1) Los puntos de trabajo para la comprobación en el campo son los siguientes:
  - Confirmación de los resultados preliminares de la interpretación
  - Identificación de los objetos pequeños difíciles de interpretar en las fotografías aéreas
  - Identificación de carreteras, vías ferroviarias, edificios, puntos de control, ríos, vegetación, y nombres de valles y cerros.
  - Estudio y recopilación de materiales sobre fronteras y nombres administrativos
  - Recopilación de información de Agencias Gubernamentales
  - Nombres para anotaciones
- 2) Revisión y arreglo  
Los resultados de la comprobación en el campo se registraron en las fotografías aéreas amplificadas, y se arreglaron para ploteo y simbolización de mapas de acuerdo con la lista y las reglas de aplicación de los símbolos de los mapas.
- 3) Coordinadas de los mapas nuevos  
Se calcularon las coordenadas de las hojas de los mapas para el área nueva. Los valores de las coordenadas se muestran en la Tabla 11.

##### (2) Investigación Suplementaria

Se efectuó la investigación suplementaria para la revisión de los manuscritos del mapa de ploteo, revisión de los datos de anotaciones y revisión de la información al margen para los mapas impresos en papel.

Antes de efectuar la investigación, se efectuó la revisión de los manuscritos de color de los mapas de ploteo utilizando las fotografías amplificadas con los resultados de la primera comprobación de campo, los datos de las fronteras administrativas, los datos de los puntos de control, los mapas topográficos existentes en escala de 1/50,000 y las coordenadas de esquina de los mapas correspondientes en Japón.

Los manuscritos a color, las copias en blanco y negro de los manuscritos y las fotografías amplificadas se utilizaron para la investigación complementaria en El Salvador. La planificación del trabajo de campo tomó cinco días en la oficina del IGN y el trabajo de campo se realizó en unas dos semanas.

Los resultados se escribieron en las copias en blanco y negro de los manuscritos. Un punto identificado fue la substancial falta de edificios públicos.

**Tabla 11**  
obj/spanish/tabla11.doc



**Tabla 11**  
obj/spanish/tabla11.doc

**Tabla 11**  
obj/spanish/tabla11.doc

### 6.4.5 Ploteo Digital

Se elaboraron los datos digitales en formato DXF por tres métodos diferentes dependiendo del material topográfico. Los datos en DXF se utilizaron para crear datos de cobertura para “Arc/Info” y también se convirtieron a datos de formato “Illustrator” para la simbología de cartografía. Refiérase a la sección 5.3 con respecto a la creación de cobertura de datos y vea la siguiente sub-sección con respecto a la simbolización cartográfica con el formato “Illustrator”.

- (1) Para las áreas donde no existían mapas en escala de 1/25,000 pero los mapas topográficos en escala de 1/5,000 sí existían, se utilizaron los siguientes procedimientos:

Se crearon los datos en formato “DXF” utilizando plotters analíticos.. Los mapas existentes en escala de 1/5,000 no se utilizaron porque sería muy complicado el hacer intervalos de niveles de 10 metros en escala de 1/25,000 de los intervalos de nivel de cinco metros de los mapas en escala de 1/5,000.

- (2) Para las áreas donde fue factible utilizar los mapas topográficos existentes en escala de 1/10,000, se utilizaron los procedimientos siguientes:

Se generaron los niveles de los datos digitales utilizando los mapas existentes en escala de 1/10,000 y se digitaron los datos digitales de los elementos cartográficos de las orto-imágenes ratificadas recién creadas. El flujo de trabajo se muestra en la Figura 12. Ver la sección 5.5 donde aparecen los detalles acerca de estos procedimientos.

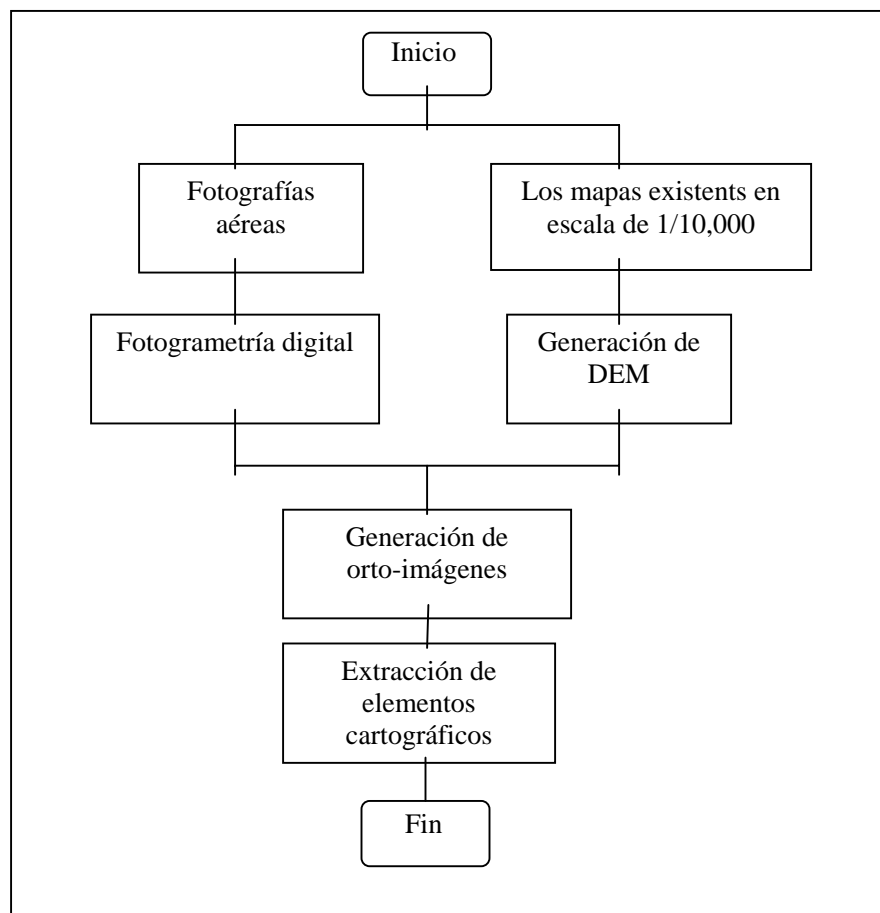


Figure 12 Extracción de Elementos Cartográficos de las Orto-imágenes

(3) Para las áreas donde fue imposible el usar los mapas topográficos existentes en escala de 1/10,000, se utilizaron los siguientes procedimientos:

Aquí, el procesamiento fue similar para los pasos del punto 1). Los datos digitales para niveles en esta área se generaron de los mapas existentes en escala de 1/10,000. Los datos de nivel de los mapas en escala de 1/10,000 no se utilizaron sin editar porque la precisión de los mapas era baja.

#### **6.4.6 Simbolización de Datos Digitales**

El objetivo de este procedimiento es efectuar datos digitales de imágenes cartográficas convencionales y películas impresas. Los datos digitales para este paso se elaboraron de los datos DXF utilizando el formato "Illustrator". Refiérase a la sub-sección 5.5.2 de estos procedimientos.

#### **6.4.7 Creación de Datos Digitales**

Se crearon los datos de cobertura de "Arc/Info" utilizando datos DXF. El método para crear y corregir los datos digitales fue casi el mismo que el método para los datos digitales de los mapas existentes en escala de 1/25,000. Ver la sección 5.3.

#### **6.4.8 Comprensión del Sistema Computarizado para el Estudio**

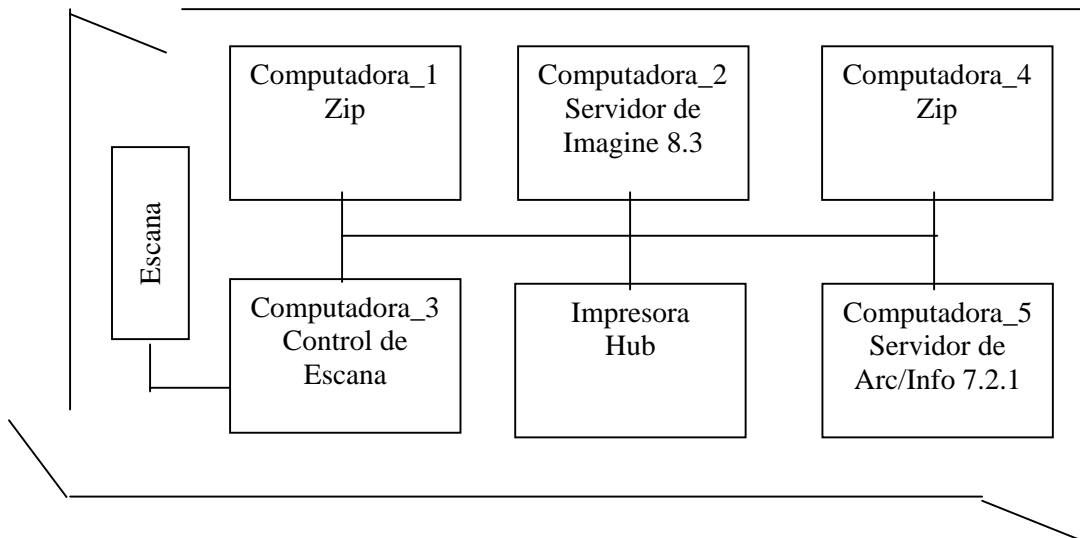
Se revisó el sistema computarizado y se confirmó su adecuado funcionamiento. Al mismo tiempo, se comprobó la disponibilidad de datos digitales de los mapas existentes en escala de 1/25,000 que se elaboraron en el primer trabajo en Japón. Uno de los objetivos de estos trabajos de comprobación fue el de capacitar a los ingenieros del IGN en la comprensión del sistema computacional incluyendo la operación básica de aplicación del software.

Los siguientes puntos se explicaron en detalle:

- El método para elaborar los datos digitales de los mapas existentes
- La configuración del sistema computacional
- Operación del sistema Windows NT para el Administrador de Software
- Funcionamiento del escáner
- Funcionamiento del Software "Arc View"

Los ingenieros del IGN comprendieron el método para realizar los datos digitales, la configuración del sistema computarizado y la operación del Administrador de Windows NT. Se utilizó la Figura 13 para explicar la configuración del sistema computarizado de la capacitación en El Salvador.

**Figura 13 Diagrama del Sistema Computarizado**

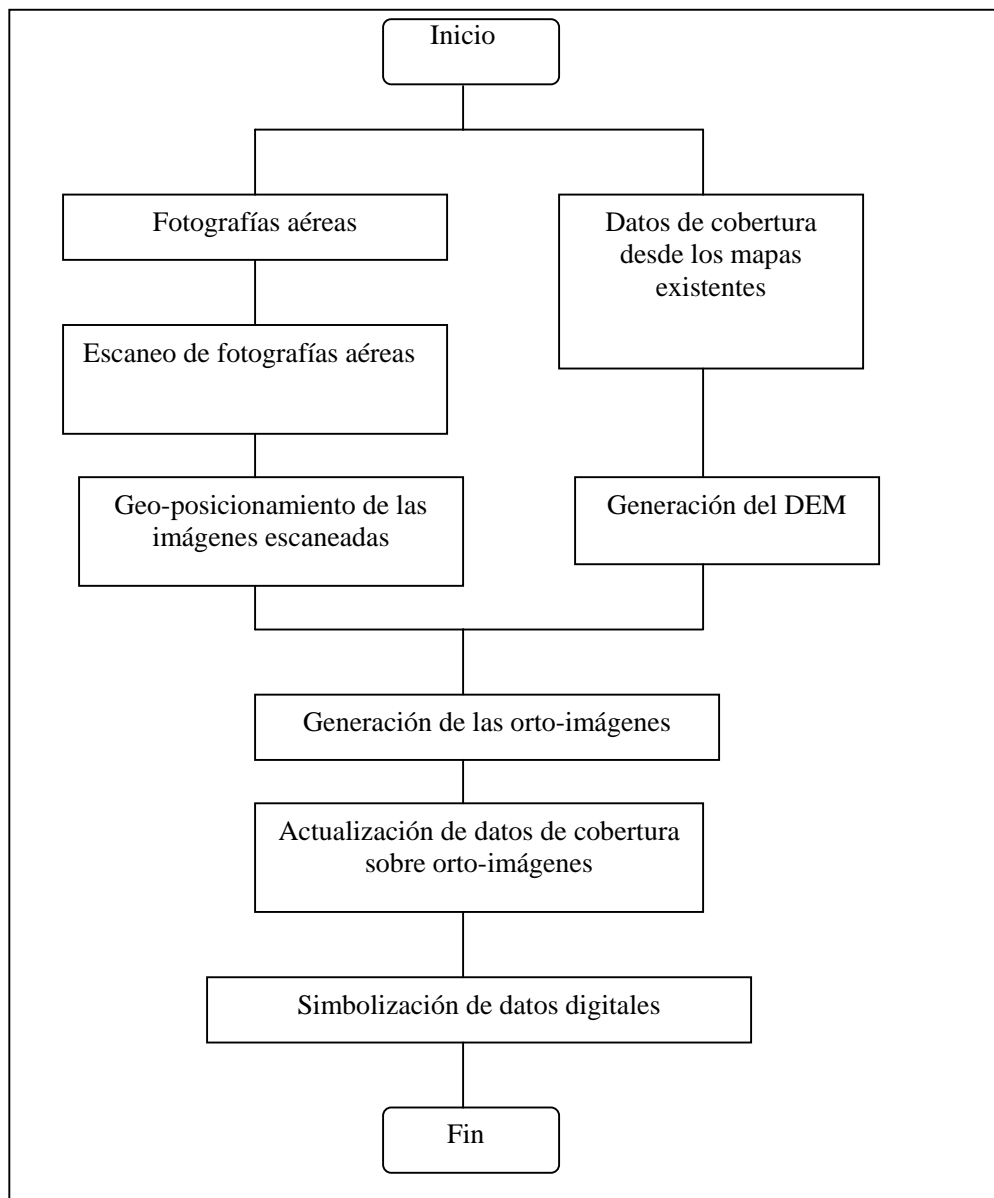


Número de Maquina	Nombre de PC	Dirección IP	Número de Licencia de Windows NT	Aplicación	Nota
Computadora_1	7942CKP30123	192.168.10.1	16899-OEM-004283 4-65838	Zip	
Computadora_2	7942CKP30144	192.168.10.2	16899-OEM-004283 4-65252	Servidor de Imagine8.3	Necesita Llave
Computadora_3	7942CKP30124	192.168.10.3	16899-OEM-004283 4-65926	Control de Escaneo	
Computadora_4	7942CKP30150	192.168.10.4	16899-OEM-004283 4-64526	Zip	
Computadora_5	7942CKP30141	192.168.10.5	16899-OEM-004283 4-65015	Servidor de Arc/info 7.2.1	Necesita Llave
Impresora	PS(Phaser780)	192.168.10.6			

#### 6.4.9 Actualización de Datos Digitales

La datos de cobertura en formato de “Arc/Info” para la hoja del mapa de San Salvador (aproximadamente 100 km<sup>2</sup>) se utilizaron para capacitar a los ingenieros del IGN y el equipo para capacitar fue el sistema computarizado para el Estudio, incluyendo la aplicación del software. El flujo de trabajo de la tarea de actualización se muestra en la Figura 14. Los temas de la transferencia de tecnología para la actualización de los datos digitales fueron los siguientes:

- a) Generación de orto-imágenes rectificadas
- b) Actualización de datos de cobertura
- c) Simbolización de mapas



**Figura 14 Flujo de Trabajo de la Actualización de los Datos Digitales**

## (1) Generación de orto-imágenes

### Fotografías aéreas

El IGN proporcionó las fotografías aéreas para el Estudio. Ya que las fotografías más recientes (enero del 2000) no cubrieron el área de San Salvador, las fotografías de 1997 y 1998 también se utilizaron para generar orto-imágenes de San Salvador. Las fotografías aéreas utilizadas para las orto-imágenes se muestran en la Tabla 12. La escala de las fotografías aéreas es de 1/15,000.

**Tabla 12 Fotografías Aéreas Utilizadas para las Orto-imágenes**

Línea	Número	Fecha
L-13	716,718,720,722	26/1/2000
L-12	773,771,769,767	27/1/2000
L-11	751,749,747,745,743	26/1/2000
L-10	775	27/1/2000
L-6	75,74	17/2/1998
L-5	173,174,175,176	15/12/1997
L-4	164,163	15/12/1997
L-2	39,41,43,45,47	16/12/1997

### Escaneo de las fotografías aéreas

Las fotografías aéreas se escanearon y las imágenes escaneadas fueron visualmente mejoradas utilizando el Software de “Adobe PhotoShop”. Durante la capacitación, los ingenieros del IGN comprendieron el objetivo de este procesamiento y dominaron bien la operación de escaneo y “PhotoShop”.

La resolución del escaneo fue de 300 dpi y el modo del escaneo fue en escala gris. La brillantez y el contraste se decidieron después de las pruebas y se aplicó el filtro de enfoque (zarpen) dependiendo de la calidad de las imágenes.

### Generación del DEM

Aquí se utiliza el Modelo de Elevación Digital (DEM) para rectificar la distorsión ocasionada por la elevación de las foto-imágenes. En otras palabras, el DEM se utilizó para generar orto-imágenes en los siguientes procedimientos.

Los datos de cobertura de los puntos de control y niveles se utilizaron para generar el DEM. La aplicación de software utilizada fue “Arc/Info” y el intervalo de la cuadrícula fue de 25 metros.

### Geo-referencia y orto-rectificación

Inicialmente, la imagen escaneada del mapa existente en escala de 1/25,000 de San Salvador se utilizó como mapa base para la georeferencia. No obstante, hubieron errores inaceptables (alrededor de 20 metros, y en algunas áreas más de 50 metros) entre las orto-imágenes generadas y el mapa base escaneado. Después de efectuar algunos experimentos, el IGN y el Equipo de Estudio decidió utilizar los mapas existentes en escala de 1/5,000. En este paso, los ingenieros del IGN pudieron comprender muy bien la precisión de los mapas existentes y el concepto de la georeferenciación.

El proceso se efectuó utilizando el formato “ERDAS Imagine”. Se seleccionaron alrededor de 20 puntos de control para cada foto-imagen y el valor de error RMS fue de alrededor de un pixel en cada procesamiento. Durante estos procedimientos, el operador se cambió cada tres días porque sólo estaba disponible una

licencia del formato “ERDAS Imagine” y había cuatro ingenieros del IGN que necesitaban recibir capacitación.

Las 27 orto-imágenes resultantes se colocaron en forma de mosaico en una sola imagen. La imagen ploteada de mosaico se utilizó para comprobar los elementos cartográficos a actualizar. El mosaico digital se utilizó como una imagen de fondo en el siguiente paso para la actualización de los datos de cobertura.

Finalmente, se elaboró un manual de operación para el formato “ERDAS Imagine” en español, como una revisión de este proceso.

## (2) Actualización de los datos de cobertura

Cuando se efectuó en Japón un experimento de actualización, se encontraron errores horizontales de posicionamiento en el mapa existente en escala de 1/25,000 de San Salvador. La mayoría de las áreas tienen errores de 20 metros y algunas de las áreas contienen errores de más de 50 metros. El IGN y el Equipo de Estudio comprendió que estos errores se cometieron cuando se elaboraron los mapas existentes en escala de 1/25,000 de los mapas existentes en escala de 1/5,000.

Después de la discusión, el IGN y el Equipo de Estudio decidieron que sería mejor actualizar y corregir al mismo tiempo los datos de cobertura de San Salvador.

Los objetos que se deben actualizar y corregir son los siguientes:

- a) Carreteras
  - Carreteras recién establecidas
  - Carreteras que no están dentro del ancho que corresponde a las carreteras de la orto-imagen
  - Carreteras cuya forma se describe de manera incorrecta
- b) Edificios recién establecidos
- c) Áreas de construcción recién establecidas

Los objetos que no se deberán actualizar o corregir son los siguientes:

- a) Ríos
- b) Vegetación
- c) Niveles

El personal del IGN preparó la información necesaria para este procesamiento como sigue:

- a) Definición de clases de carreteras
- b) Fronteras administrativas cambiadas
- c) Datos de anotaciones
- d) Edificaciones adoptadas recién establecidas

Los elementos cartográficos a actualizar se describen en las orto-imágenes ploteadas utilizando la información antes mencionada y la nueva edición del mapa existente de carreteras en escala de 1/15,000 de San Salvador. Antes del procesamiento, el Equipo de Estudio instruyó a los ingenieros del IGN acerca de la operación del sistema de edición del formato “Arc/Info” llamado “ArcTools”. No obstante, el período de instrucción se acortó porque se consideró más importante para el IGN la capacitación en el lugar del trabajo.

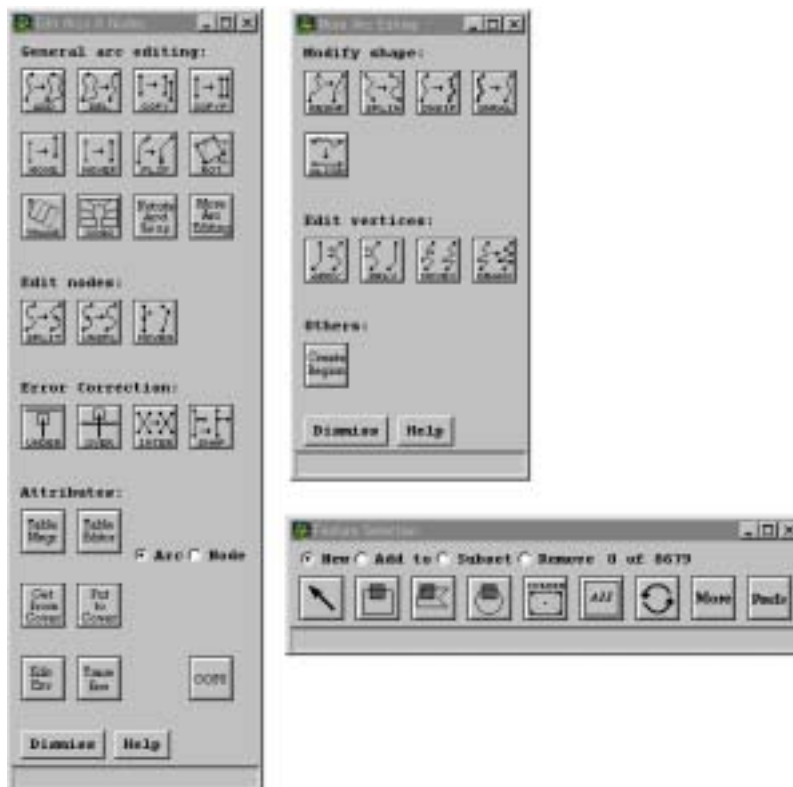
Se comenzó la actualización utilizando el formato “Arc/Info”. El operador cambió cada dos días porque sólo había una licencia para “Arc/Info” y había cuatro ingenieros del IGN. No fue una mala idea ya que el trabajo fue arduo y ninguno de los operadores podría continuar realizándolo concentrándose en el trabajo, durante mucho tiempo. La tarea de actualización continuó durante un mes y se terminó por completo. Los principales temas enseñados fueron los siguientes:



- a) Cargar los datos de cobertura
- b) Cargar la orto-imagen
- c) Definir la tolerancia para la edición
- d) Acercamiento, alejamiento, paneo
- e) Seleccionar elementos cartográficos
- f) Añadir elementos cartográficos de línea
- g) Eliminar elementos cartográficos de línea
- h) Mover elementos cartográficos de línea
- i) Añadir elementos cartográficos de nodo
- j) Eliminar elementos cartográficos de nodo
- k) Mover elementos cartográficos de nodo
- l) Modificar los vértices
- m) Entrada de códigos en elementos cartográficos de línea
- n) Cambiar los códigos de elementos cartográficos de líneas
- o) Modificar la etiqueta
- p) Cambiar los elementos cartográficos disponibles, principalmente, Tic, Arc, Node y Label
- q) Guardar los datos de cobertura editados
- r) Efectuar topología

El sistema de edición “Arc/Info ArcTools es amigable para el usuario, con el GUI (*Graphic User Interface* o Interfaz Gráfica del Usuario). En la Figura 15 se muestra un ejemplo de un GUI.

Finalmente, se elaboró un manual de operación para el formato “Arc/Info Editing Tools” en español como una revisión de este proceso.



**Figura 15 ArcTools GUI**

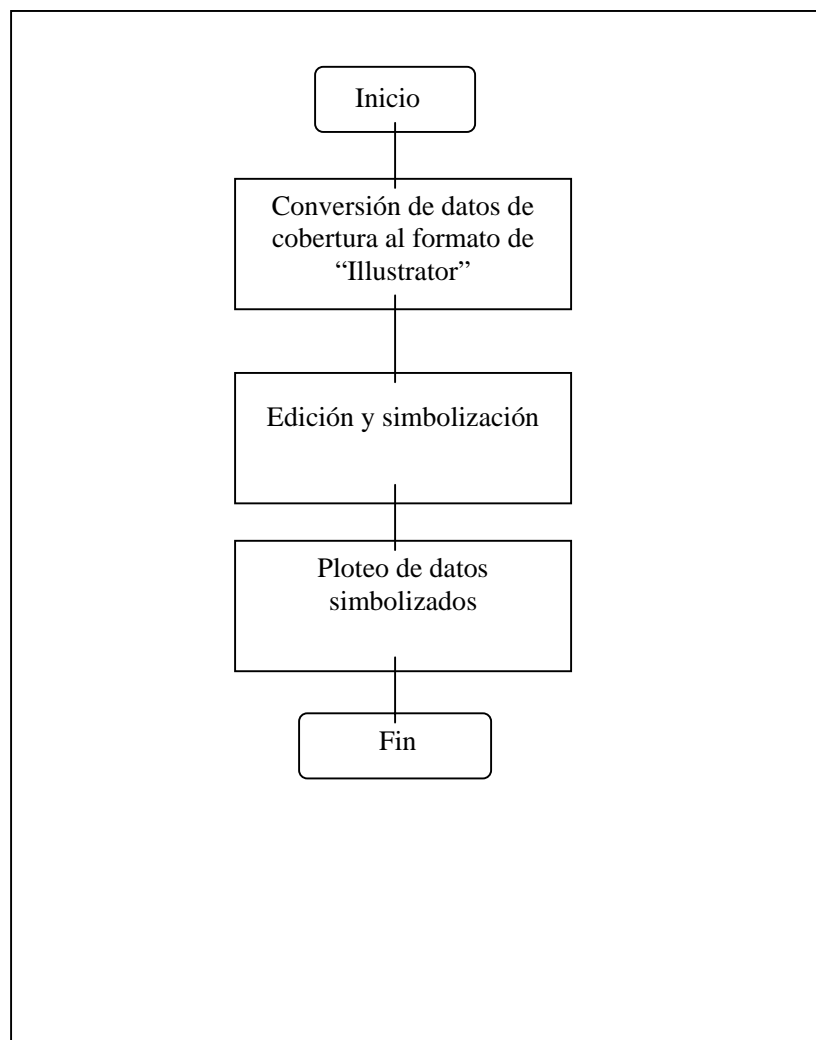
### (3) Simbolización de Mapas

El objetivo de esta capacitación fue comprender cómo simbolizar la actualización de los datos de cobertura en la forma de un mapa cartográfico convencional en papel. Se utilizaron el “Arc/Info” y el “Adobe Illustrator”.

Los temas de la capacitación fueron los siguientes:

- a) Operación básica del “Arc/Info” e “Ilustrador”
- b) Cómo elaborar símbolos de mapas y anotaciones en “Illustrator”
- c) Cómo elaborar documentos de instrucciones de trabajo
- d) Cómo transformar los datos de cobertura en formato “Arc/Info” a datos en formato “Illustrator”
- e) Cómo simbolizar los datos de cobertura y cómo editar mapas
- f) Cómo efectuar datos digitales para impresión incluyendo el método de separación de colores.

En la Figura 16 se muestra el flujo de trabajo.



**Figura 16 Flujo de Trabajo de la Simbolización de Mapas**

Los ingenieros del IGN comprendieron bien la operación del software porque estaban habituados a las computadoras y ya estaban utilizando algún software de aplicación. Sin embargo, ya que los ingenieros no eran especialistas en edición de mapas ni en cartografía, el Equipo de Estudio sintió que la capacitación fue suficiente para este trabajo. En la Figura 17 se presenta un ejemplo de la lista de los códigos y símbolos.

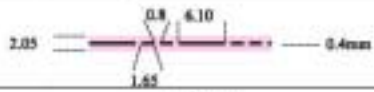

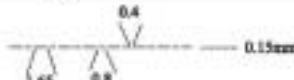







Color / Color	%	Aplicacion / Aplicacion	Remark / Nota	Cover	Code
magenta black	20 100			Admin	2220
black	100			Admin	2230
black	100			Admin	2240
white black	100			Road	1360
white black	100		fp Helvetica oblique	Road	1150
black	100		fp Helvetica oblique	Road	1140
magenta black	100 100		fp Helvetica oblique Son anotadas las vias de carretero	Road	1010
magenta black	100 100		fp Helvetica oblique Son anotadas las vias de carretero	Road	1020
magenta black	100 100			Road	1030
magenta white black	100 100 100		fp Helvetica oblique Son anotadas las vias de carretero	Road	1040

Figura 17 Ejemplo de Códigos y Símbolos

## 6.5 Evaluación del Estudio

El Estudio del Establecimiento de los Datos Nacionales Geográficos Básicos en la República de El Salvador ha concluido exitosamente. Casi todas las partes de cada tarea estuvieron libres de problemas significativos. La relación entre el IGN y el Equipo de Estudio de JICA fue altamente satisfactoria durante el período del Estudio y el personal del IGN siempre apoyó al Equipo de Estudio en los momentos difíciles. No ocurrieron accidentes y todo el personal del IGN y el Equipo de Estudio trabajaron activamente. A continuación se presentan las evaluaciones de cada actividad.

### (1) Creación de los datos topográficos digitales de los mapas existentes en escala de 1/25,000

Este proceso se terminó una vez según estaba programado, y los datos digitales se entregaron temporalmente al IGN. No obstante, durante la comprobación final después de la entrega se encontraron muchos errores y se corrigieron, aun cuando fue una ardua tarea que requirió unos cuantos meses. Los errores principales fueron valores incorrectos de las curvas de nivel, códigos incorrectos de algunos elementos cartográficos y diferencias de los códigos de las conexiones de las hojas de los mapas.

También hubo errores en los mapas existentes. Por ejemplo, algunas áreas pequeñas no tenían niveles o no había mucha correspondencia de la vegetación entre las hojas de los mapas. La solución a los problemas se decidió después de su discusión y acuerdo mutuo entre el IGN y el Equipo de Estudio.

### (2) Levantamiento de campo de los puntos de control

La investigación de reconocimiento y la observación de el levantamiento de los puntos de control se llevaron a cabo exitosamente ya que los ingenieros del IGN cuentan con amplia experiencia y estaban bien informados acerca de los puntos de GPS de su red.

Aunque la transferencia de tecnología para este tipo de trabajo se planeó antes del Estudio, no se requirió llevarla a cabo. El personal del IGN no tiene problemas en su campo de trabajo.

### (3) Fotografía aérea

La fotografía aérea se podría haber terminado con éxito dentro del período de trabajo. El único problema fue que hubo pocas oportunidades para tomar fotografías claras en la parte norte de las montañas, a lo largo de la frontera con Honduras por la permanente condición climatológica nublada existente.

### (4) Verificación en el campo

La comprobación en el campo y la investigación complementaria se efectuaron con eficiencia tomando como base la buena cooperación entre el personal del IGN y el Equipo de Estudio. Algunos miembros del IGN eran principiantes, pero trabajaron arduamente bajo las instrucciones del Equipo de Estudio. Se explicó y puso en práctica el método de ordenamiento computacional de los datos recopilados.

### (5) Revisión del sistema de computadoras

La instalación del sistema computacional se tuvo que posponer debido a que el envío del sistema se retrasó. La agencia contraparte, el IGN y el CNR hicieron lo posible para sacar el sistema de la aduana. Casi les tomó un mes recibir el sistema en la oficina del IGN, y al Equipo de Estudio, un par de días el instalar dicho sistema. No obstante, muchos empleados del IGN, no sólo los miembros contrapartes directos, sino también personal de otros departamentos ayudaron a instalar el sistema.

La verificación del sistema computación se efectuó sin novedad y se sostuvo exitosamente la primera presentación utilizando dicho sistema.

### (6) Actualización de los datos digitales por medio de capacitación en el lugar del trabajo

La actualización de los datos digitales por medio de la capacitación en el lugar de trabajo se dividió en tres pasos del procesamiento, principalmente, la generación de orto-imágenes, la actualización de los datos de cobertura y la simbología de los datos digitales. Aunque sólo una persona podía utilizar una aplicación del software el mismo tiempo, porque sólo hay una licencia para cada aplicación, la capacitación se programó bien y la tarea de actualización se terminó con prontitud. Ya que los manuales están escritos en español, de ahora en adelante, el personal del IGN podrá trabajar de manera independiente utilizando dichos manuales.

Durante la capacitación en el lugar del trabajo, el personal del IGN se mostró muy interesado en este procesamiento digital y trabajó con mucha concentración. Ya han aplicado estos métodos digitales a sus otras tareas laborales.

(7) Triangulación aérea para el área donde no existen mapas en escala de 1/25,000

Antes del Estudio, los mapas topográficos existentes en escala de 1/10,000 se consideraron útiles por los niveles de los mapas digitales en escala de 1/25,000, y también se planeó el recabar algunos puntos de control para la triangulación aérea de los mapas en escala de 1/10,000. Sin embargo, se encontró que el 68% de los mapas existentes tenían diferencias de más de dos milímetros en los mapas con los resultados de la triangulación. Ello significó que los mapas existentes no se pudieron utilizar para conectar los mapas nuevos para complementar las áreas donde no existían mapas.

Una vez discutido y acordado con la Agencia contraparte, el IGN, JICA y el Equipo de Estudio de JICA, se decidió que también se podría utilizar el método convencional de triangulación aérea. También, se observó que los datos de los mapas existentes podrían no estar conectados con los datos nuevos para las áreas donde no existen mapas.

No hubiera habido ningún problema con la triangulación de haber efectuado más puntos de control con el GPS. La diferencia entre los mapas existentes y los resultados de la triangulación aérea también ocasionó dificultades para el procesamiento del ploteo.

(8) Transferencia de tecnología de la operación y manejo de los datos digitales

Esta transferencia de tecnología se efectuó una vez en Japón. El capacitando recibió un curso sobre "Arc/Info" y practicó durante aproximadamente un mes la aplicación del software, en noviembre y diciembre del 2000. Es probable que la capacitación recibida no fuera suficiente debido al corto tiempo de duración. Sin embargo, esta transferencia de tecnología se efectuará de nuevo en mayo del 2001, en El Salvador. Más aún, los manuales estarán en español.

## **7. Elaboración de los “Mapas de Desastre y Mapas de Análisis de Riesgo”**

### **7.1 Actividades de campo para la Fase II en El Salvador**

Las siguientes actividades se implementaron en El Salvador del 18 de febrero al 9 de marzo del 2001.

#### **7.1.1 Recopilación de Materiales Disponibles**

Los materiales recopilados para la Fase II del Estudio son los siguientes:

- (1) Fotografía Aérea
  - Antes del terremoto de enero: el Departamento de Usulután aproximadamente 100 fotos).
  - Después de los terremotos: área de desastre (aproximadamente 620 fotos).
  - Orto-fotos en escala de 1/5,000: en los Departamentos de Ahuachapán, Sonsonate y Santa Ana.
- (2) Mapas topográficos existentes
  - Los mapas topográficos existentes en escala de 1/5,000 para los Departamentos de La Libertad San Salvador, Cuscatlán, San Vicente y La Paz (aproximadamente 90 hojas de mapas).
- (3) Datos digitales de la información sobre el desastre
  - Los datos digitales sobre la información del desastre del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
  - Los datos digitales sobre uso de suelo y geología del Vice-Ministerio de la Vivienda y del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- (4) Solicitud de datos meteorológicos

El Equipo solicitó al IGN que le proporcionara los datos meteorológicos del Departamento de Comercio de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional (NOAA). El IGN se comprometió a coordinar este punto para el Equipo.

#### **7.1.2 Actividad de Campo para Actualizar los Mapas Existentes**

Se efectuó una comprobación de campo utilizando instrumentos portátiles de GPS e imágenes satelitales SPOT que fueron de gran utilidad para la pre-interpretación de los cambios seculares. Se desplegaron 8 miembros del Equipo para obtener los datos de cambios seculares y tomar fotografías de las carreteras y viviendas dañadas, y de los derrumbes, con una cámara de GPS. Para la actualización de la información de las carreteras, se utilizó el Geoexplore-3 de Trimble como GPS portátil.

El procedimiento de la recopilación de datos del GPS fue como siguiente:

##### **(1) Preparación del Trabajo**

Los coordinadores de El Salvador se prepararon utilizando el “Pathfinder Office” y transfiriendo los datos al GEOEXPLORES3. La lista de códigos obtenida en el trabajo de campo se preparó utilizando el Edito del Diccionario de Datos del “Pathfinder Office” y transfiriendo los datos al GEOEXPLORES3.

Se prepararon los Archivos de Imágenes Mundiales en Arc/Info escaneando los mapas topográficos en escala de 1/25,000 con el fin de verificar tanto el progreso de la tarea en el trabajo de campo como los datos.

##### **(2) Trabajo de Campo**

Los datos de cambios seculares en la investigación de campo se captaron con el GEOEXPLORES3 de acuerdo con los códigos preparatorios. Los datos de cambios seculares se descargaron utilizando el “Pathfinder Office” y se diferenciaron utilizando los archivos base obtenidos del sitio FTP del Agente Trimble. Para cuidar que no se omitieran los datos satelitales pobres en la investigación de campo durante el curso del procesamiento diferencial, se presentaron datos antes del procesamiento diferencial de las áreas requeridas. Los datos elaborados se verificaron sobre los mapas topográficos en escala de 1/25,000. Los datos captados

se convirtieron en códigos DXF. En la siguiente Figura se muestran los datos del GPS en los mapas existentes.

### 7.1.3 Foto-interpretación e interpretación de imagen satelital

El Equipo de Estudio implementó una interpretación fotográfica y de imagen satelital para el área de derrumbe y los resultados se enviaron a Japón para delinear el perfil de los derrumbes en los mapas de desastres. Las siguientes fotografías se interpretaron principalmente para el área de derrumbe

#### FOTOGRAFIAS ELABORADAS PARA LA MISION JAPONESA

**Tabla 13 Fotografía aérea después del terremoto**

	LUGAR	RO LL O	LIN EA	DESD E	HASTA	ESCAL A	FECHA	TOT AL
1	Cordillera del Bálsamo	267	1	7216	7231	1/15,000	16/01/01	16
2		267	2	7232	7247	1/15,000	16/01/01	16
3		267	3	7248	7263	1/15,000	16/01/01	16
4		267	4	7264	7280	1/15,000	16/01/01	17
5		267	5	7281	7295	1/15,000	16/01/01	15
6		267	6	7296	7311	1/15,000	16/01/01	16
7		267	7	7312	7321	1/15,000	16/01/01	10
8		267	8	7322	7330	1/15,000	16/01/01	9
9	Carretera Panorámica	276	1	8769	8773	1/5,000	19/02/01	5
10		276	2	8774	8783	1/5,000	19/02/01	6
11		276	3	8784	8789	1/5,000	19/02/01	7
12		276	4	8790	8796	1/5,000	19/02/01	7
13		276	5	8797	8800	1/5,000	19/02/01	4
14		276	6	8801	8805	1/5,000	19/02/01	5
15		276	7	8806	8812	1/5,000	19/02/01	7
16	Volcán de San Salvador	276	2	8608	8615	1/5,000	15/02/01	8
17	(GRIETAS)							
18	Las Colinas	268	1	7344	7358	1/5,000	17/01/01	15
19	Comasagua	268	1	7359	7377	1/5,000	17/01/01	19
20	Armenia	268	2	7378	7388	1/5,000	17/01/01	11
21		268	3	7389	7396	1/5,000	17/01/01	8
22		268	4	7397	7405	1/5,000	17/01/01	9
23	Las Colinas	268	1	7406	7408	1/5,000	17/01/01	3
24	Usulután	268	1	7409	7423	1/5,000	17/01/01	15
25		268	2	7424	7438	1/5,000	17/01/01	15
26		268	3	7439	7453	1/5,000	17/01/01	15
27		268	4	7454	7468	1/5,000	17/01/01	15
28		268	5	7469	7483	1/5,000	17/01/01	15
29		268	6	7484	7498	1/5,000	17/01/01	15
30	Alegría	268	1	7499	7509	1/5,000	17/01/01	11
31	Berlín	268	1	7524	7534	1/5,000	17/01/01	11
32	Santiago de María	268	1	7510	7523	1/5,000	17/01/01	14
33	San Agustín	268	1	7535	7548	1/5,000	17/01/01	14
34	San Francisco Javier	268	1	7549	7558	1/5,000	17/01/01	10
35	Curva la Leona	268	1	7559	7561	1/5,000	17/01/01	3
36	Sta. Cruz Analquito	273	1	8205	8213	1/5,000	14/02/01	9
37	Curva la Leona	273	1	8216	8222	1/5,000	14/02/01	7
38	San Vicente	273	1	8223	8228	1/5,000	14/02/01	6
39		273	2	8235	8241	1/5,000	14/02/01	7

40		273	3	8242	8248	1/5,000	14/02/01	7
41		273	4	8229	8234	1/5,000	14/02/01	6
42	Cantón la Laguneta	273	1	8252	8263	1/5,000	14/02/01	12
43	(Mpio. San Juan Nonualco)							
44	San Miguel Tepezontes	273	1	8264	8269	1/5,000	14/02/01	6
45	San Juan Tepezontes	273	1	8270	8275	1/5,000	14/02/01	6
46	Volcán Chinchontepec	273	1	8295	8322	1/5,000	14/02/01	28
47	(GRIETAS)							
48	Cantón el Chile	273	1	8335	8338	1/5,000	14/02/01	4
49	(Mpio. Sn. Juan Tepezontes)							
50	Cantón la Laguneta	273	1	8339	8342	1/5,000	14/02/01	4
51	(Mpio. Sn. Juan Nonualco)							
52	Guadalupe	273	1	8344	8349	1/5,000	14/02/01	6
	Óaí							
53	Cojutepeque	273	2	8196	8203	1/5,000	14/02/01	8
54		273	1	8814	8822	1/5,000	14/02/01	9
55		273	4	8823	8833	1/5,000	14/02/01	11
56	Tecoluca	274	1	8835	8850	1/5,000	19/02/01	16
57	Ctón. Y Crío. Veracruz	274	1	8655	8661	1/5,000	15/02/01	7
58	(Mpio. el Rosario)							
59	Ctón. Y Crío San Antonio)	274	1	8662	8668	1/5,000	15/02/01	7
60	(Mapio el Carmen)							
61	El Rosario	274	5	8674	8660	1/5,000	15/02/01	7
62	Candelaria	274	1	8699	8702	1/5,000	15/02/01	4
63	San Ramón	274	1	8703	8708	1/5,000	15/02/01	6
64	San Cayetano de Istepeque	274	1	8709	8713	1/5,000	15/02/01	5
65	Jerusalen	274	1	8716	8719	1/5,000	15/02/01	4
66	Sta. Cruz Michapa	274	1y2	8722	8730	1/5,000	16/02/01	9
67	Verapaz	274	1y2	8731	8740	1/5,000	16/02/01	10
68	San Pedro Nonualco	274	1y2	8741	8752	1/5,000	16/02/01	12
69	Paraiso de Osorio	274	1	8753	8756	1/5,000	16/02/01	4
70	Sta. María Ostuma	274	1y2	8757	8766	1/5,000	16/02/01	10
	Óaí							
	TOTAL							619

#### 7.1.4 Investigación del Área de Derrumbe

(1) Objetivos de la investigación

Los objetivos de la investigación del desastre del derrumbe son el asegurar la causa de la ocurrencia del desastre y utilizar los resultados de dicha investigación para la rehabilitación de las actuales áreas de desastre y también para una exitosa planificación de construcción de carreteras y poblaciones.

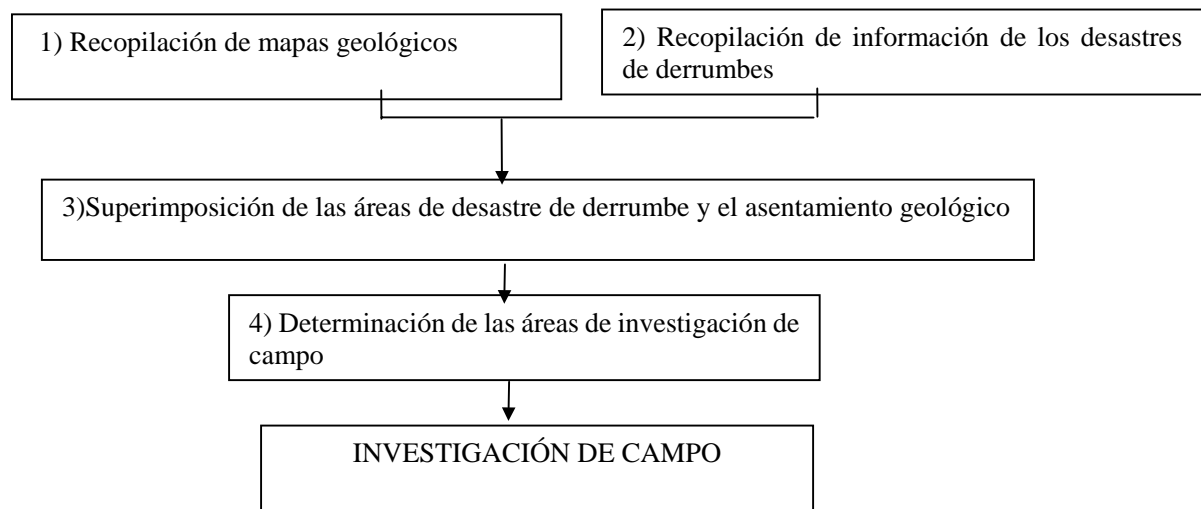
(2) Contenido de la Investigación

El contenido de la investigación del desastre de derrumbes cubren el colapso de pendientes, la caída de rocas y rehabilitación para la planificación de construcción de viviendas, instalaciones públicas y carreteras principales.

(3) Selección de las áreas de investigación de campo

Las áreas de investigación de campo se predeterminaron para conducir con efectividad la investigación de campo siguiendo los siguientes pasos:





(4) Recopilación de mapas geológicos

El asentamiento geológico es lo más importante para el análisis de la causa del desastre de los derrumbes. Se sabe que el movimiento de la masa depende del asentamiento geológico. El Equipo de Estudio adquirió mapas geológicos en escala de 1/100,000 del IGN, y obtuvo los datos digitales como archivo “Shape” de los mapas geológicos anteriores del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

(5) Recopilación de información de desastre de derrumbes

El Equipo de Estudio recopiló información del desastre para 104 áreas afectadas por el terremoto del 13 de enero del 2001.

(6) Superimposición de las áreas de desastre y del asentamiento geológico

Se analizaron la distribución geológica y geográfica de las áreas de desastre por la superimposición de las áreas de desastre de derrumbes sobre los mapas geológicos.

(7) Determinación de las áreas de investigación de campo

Primero, se determinaron las grandes áreas de desastre reportadas para la investigación de campo, y el orden para analizar cada desastre de derrumbe teniendo las diferentes causas de ocurrencia, las áreas de investigación de campo también se determinaron para cada asentamiento geológico y región.

Finalmente, se seleccionaron aproximadamente 20 áreas de investigación tomando en cuenta la limitación de tiempo, y se investigó alrededor de la mitad de ellas utilizando la hoja de comprobación mencionada a continuación.

### 7.1.5 Hoja de Verificaciones para la Investigación de Desplazamientos Masivos

Para estandarizar los puntos de la investigación y el contenido entre los miembros del Grupo, se elaboraron hojas de comprobación para la investigación de campo.

Materiales de referencia para elaborar las hojas de comprobación

“El Manual de Investigación para Desastres por Derrumbes” lo elaboró el Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte en Japón. La lista de comprobación se elaboró tomando principalmente como base el libro titulado “Libro Guía para la Prevención de Desastres”, cuyo resumen preparó el Departamento de Carreteras, del Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte de Japón.

Contenido de la lista de comprobación:

En el anexo a esto: “Hoja de Comprobación de Investigación de Movimiento de Masas” se muestran los puntos detallados a verificar.

### **7.1.6 Investigación en Sitios de desastre**

El Ministerio del Ambiente reportó 246 derrumbes a lo largo del país; debido a la limitante del tiempo, se seleccionaron los lugares a visitar tomando en cuenta estos dos criterios importantes:

- (1) Derrumbes que ocasionaron pérdidas de vidas humanas o que son potencialmente peligrosos para los pueblos y comunidades.
- (2) Derrumbes afectando las carreteras y caminos más importantes.

Las áreas más afectadas se localizaron en los Departamentos de La Libertad, San Salvador, Cuscatlán, La Paz, San Vicente y Usulután. Esto muestra que la mayoría de los derrumbes están alrededor de la cadena volcánica del país. Los deslizamientos y caídas de tierra fueron los derrumbes más vistos, quedando los desprendimientos. Los deslizamientos de tierra más grandes ocurrieron a lo largo de la pendiente cortada donde las pendientes escarpadas hechas por la mano del hombre, la tierra volcánica mal consolidada y la actividad sísmica provocaron la mayoría de los derrumbes.

Los desprendimientos también se presentaron en las pendientes cortadas y en lugares donde ha habido explotación comercial de roca, siendo esta última el mayor peligro potencial para los habitantes.

Ya que los derrumbes ocasionados por los terremotos siempre han sido un problema significativo en El Salvador, se recomienda fuertemente el efectuar un análisis detallado de riesgo en los lugares del país con mayor deslizamiento. Este estudio presentará una mejor evaluación y medidas de mitigación o correctivas para cada evento en particular. Durante el Estudio, se visitaron los siguientes lugares:

- (3) El Departamento de Cuscatlán: Las poblaciones de Santa Cruz Analquito y Candelaria

Estos dos derrumbes se localizan en los bancos de las riveras de los Ríos Desagüe y Jiboa, respectivamente.

El derrumbe en el Río del Desagüe provocó que subiera el nivel del agua en el Lago de Ilopango; Más aún, el gran derrumbe en el Río Jiboa amenaza el inundar el área cuando comience la época de lluvias.

- (4) El Departamento de La Libertad. Las Colinas, Santa Tecla (Derrumbe)

Este evento ocasionó la mayor pérdida de vidas humanas. Se reportaron más de 300 personas muertas.

Cerca de esta área se observaron algunos pequeños derrumbes. Podrían ocasionar daños a las comunidades muy pobladas, ubicadas al pie de la montaña, durante la época de lluvias.

- (5) El Departamento de La Libertad. Finca Buena Vista. (Flujo de escombros )

Este derrumbe se deberá estudiar con cuidado. Tiene una distancia fuera de alrededor de 2.7 kms. El flujo de escombros se depositó en la Carretera Panamericana. Bloqueó la circulación vehicular. Se reportaron más de 35 personas fallecidas.

- (6) El Departamento de La Libertad. Cantón Las Cumbres (Derrumbe)

Deslizamiento de tierra afectando la carretera de Tamanique.

(7) El Departamento de La Libertad. La Finca San José. (Deslizamiento y desprendimiento)

Pone en peligro la carretera a la ciudad de Comasagua

(8) El Departamento de La Libertad. Pedrera las Lajas. Carretera Panamericana a Santa Ana (Desprendimiento)

En éste, se extraen por explosión rocas de cantera. Hay masas de roca muy inestable amenazando los vehículos y las personas en la carretera.

(9) El Departamento de La Libertad. Desprendimiento cerca del Hotel Monte Verde, Los Chorros. (Desprendimiento)

El lugar está afectando la Carretera Panamericana. Los siguientes dos lugares presentan las mismas características: desprendimiento, comercialización de canteras, explosiones no supervisadas, y ningún control sobre las vibraciones:

- El Departamento de San Salvador. San Marcos Pedrera El Socorro. Afecta a los habitantes.
- El Departamento de San Salvador. Ilopango. Pedrera Los Amates. Presenta peligro para los vehículos y para las personas que utilizan este camino para ir al Lago.

(10) El Departamento de San Salvador. San Martín. Colonia Las Anémonas. (Deslizamiento)

Ocurrió cerca de una vía férrea abandonada donde las personas construyeron sus viviendas en barracas. Es muy peligroso.

(11) El Departamento de La Paz. Carretera Panamericana. Cantón Las Piedritas. (Desprendimiento)

Esta inestable masa de roca bloqueó la Carretera Panamericana a San Vicente. Se reportaron 40 personas sepultadas bajo las rocas.

(12) El Departamento de La Paz. La Carretera al Aeropuerto Internacional de Comalapa. (Desprendimiento)

Se tuvo que cerrar la carretera porque desapareció parte de ella y otra parte se colapsó al barranco.

(13) El Departamento de Usulután. La Carretera de Tecapán a Santiago de María. (Desprendimiento)

Desprendimiento afectando la carretera secundaria.

(14) El Departamento de Usulután. La Carretera entre Santiago de María y Alegría. Curva el Cuyapo

Desprendimiento y deslizamiento afectando el camino no pavimentado a estas ciudades.

(15) El Departamento de San Vicente. La Carretera Panamericana en el Km. 53. Curva La Leona.

Deslizamientos y desprendimientos muy grandes bloqueando la Carretera Panamericana a San Vicente. En esta cantera de roca y tierra perecieron soterrados muchos empleados.

Aun cuando los derrumbes ocurrieron en pendientes escarpadas, la mayoría fueron en los cortes de caminos hechos por el hombre. Esto indica que los derrumbes habrían podido prevenirse con estudios cuidadosos de estabilidad de pendientes. Se recomienda realizar cuanto antes un análisis detallado de riesgos de las áreas críticas. Este análisis contribuirá a evitar catástrofes futuras que se puedan desencadenar ya sea por la continua actividad sísmica o por la fuerte estación de lluvias.

## **8. Procesamiento en Japón**

### **8.1 Actualización de los Mapas Topográficos en Escala 1/25,000**

Los mapas topográficos en escala de 1/25,000 que actualmente se están estudiando no describen de forma adecuada el estado topográfico actual, aunque sus datos ya se han digitado. La actualización de los datos topográficos se efectuó en su mayoría utilizando la imagen SPOT, orto-fotos disponibles, mapas topográficos en escala de 1/5,000 y datos del GPS obtenidos en la comprobación en el campo. Las diferentes metodologías se tomaron considerando cada fuente diferente de datos disponible.

#### **8.1.1 Departamentos de San Vicente y Usulután por Imagen Satelital de SPOT**

La actualización de los elementos cartográficos existentes por imagen satelital SPOT se efectuó utilizando el software “ArcInfo” y “ArcView”. Para ello la orto-imagen SPOT y los elementos cartográficos a actualizar se mantuvieron en el mismo sistema de proyección, que es la Proyección Lambert Conformal Conica, que es en Centroamérica con Spheroid Clarke de 1866 y Datum NAD de 1927. La imagen y el archivo *shape* de elementos cartográficos se mostró en una escala de 1/25,000 manteniendo la imagen en el fondo y los datos de los elementos cartográficos sobre la imagen. Después, se actualizó visualmente añadiendo la información, encontrada en la imagen, pero faltante en los datos existentes. Caso contrario, se borró la información, que estaba presente en los datos existentes pero ausente en la imagen. Una vez terminada la actualización de un elemento cartográfico, se aplicó la misma metodología para los demás.

Finalmente, los cambios seculares de la Carretera se actualizaron en los archivos de cobertura “Arc/Info” y “ArcView”, y también utilizando los archivos DXF para los datos captados por el GEOEXPLORES3.

#### **8.1.2 Departamentos de Santa Ana, Sonsonate y Ahuachapán por las Orto-fotos Existentes**

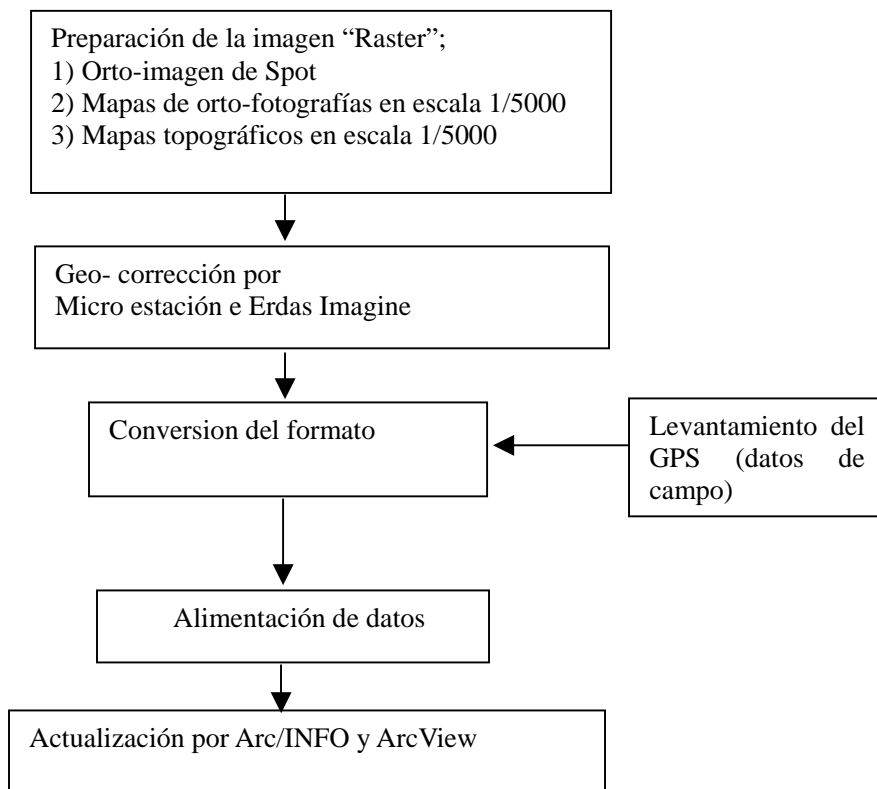
La metodología aplicada a la actualización de los elementos cartográficos por medio de las orto-fotografías fue similar a las que utilizaron la orto-imagen SPOT. Es decir, se mostró de igual forma la orto-foto y el archivo *shape* de elementos cartográficos, teniendo el mismo sistema de proyección, que al utilizar la orto-imagen SPOT. No obstante, siendo la escala de las orto-fotos 1/5,000, la actualización se podría hacer a una escala bastante más grande que la de 1/25,000.

#### **8.1.3 Departamentos de La Libertad, Cuscatlán, San Vicente y La Paz por los Mapas Existentes**

Los mapas existentes en escalas de 1/5,000 y 1/10,000 se escanearon en escala gris a 300 dpi. Se elaboraron los archivos de imagen con los valores de las coordenadas de los datos escaneados utilizando la Micro Estación en El Salvador para cooperar con la sección técnica del IGN. Los archivos escaneados de imágenes (Formato Hmr) se convirtieron a TIFF con los archivos mundiales utilizando la Micro Estación que se pueden ver en “ArcInfo” y en “ArcView”.

La metodología aplicada a la actualización de la topografía fue similar a la que utilizan las orto-fotografías.

A continuación se muestra el diagrama de flujo para la actualización utilizando imágenes “Raster” como orto-imágenes SPOT, orto-fotografías y mapas topográficos.



**Figura 18 Actualización del Diagrama de Flujo**

## 8.2 Preparación del Mapa de Desastres para las Áreas Dañadas

Utilizando los resultados de la investigación de campo como datos complementarios, los datos topográficos actualizados para los cambios seculares, y los mapas de desastres para áreas dañadas se elaboraron de la siguiente manera:

### 8.2.1 Interpretación de la Fotografía Aérea

Para elaborar el borrador de mapas de desastres, las fotografías aéreas tomadas inmediatamente después del terremoto se interpretaron para delinear el perfil de las áreas de desastre, cuyas ubicaciones se mostraron en los mapas topográficos en escala de 1/25,000. Para delinear las áreas dañadas en el curso de la interpretación, se excluyeron las siguientes condiciones topográficas de las áreas de desastre:

(1) Área de desnudez (logged-off land)

La cordillera y los ríos montañosos se muestran como características naturales teniendo como vecinos a las áreas boscosas.

(2) Área natural colapsada

La acumulación de una gran cantidad de tierra no se muestra a un lado del río montañoso.

(3) Cantera y lugar de recolección de tierra

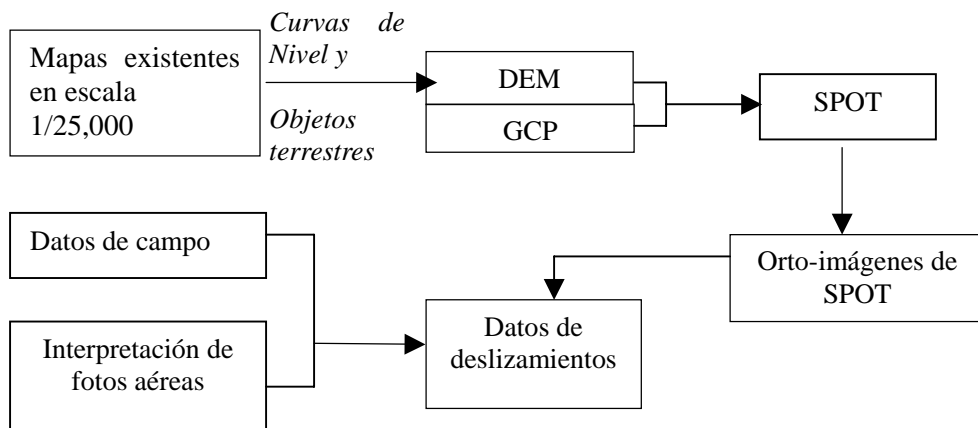
En el área del bajío no se muestra la acumulación de tierra, y aquí se amplían las carreteras accesibles.

(4) Algunas partes de las fotografías aéreas en color blanco probablemente se deban a manchas de luz en las fotografías aéreas con ligero ascenso y en los llanos.

(5) Áreas dañadas en pequeña escala.

### 8.2.2 Análisis de la Imagen para los Derrumbes en San Vicente y Usulután

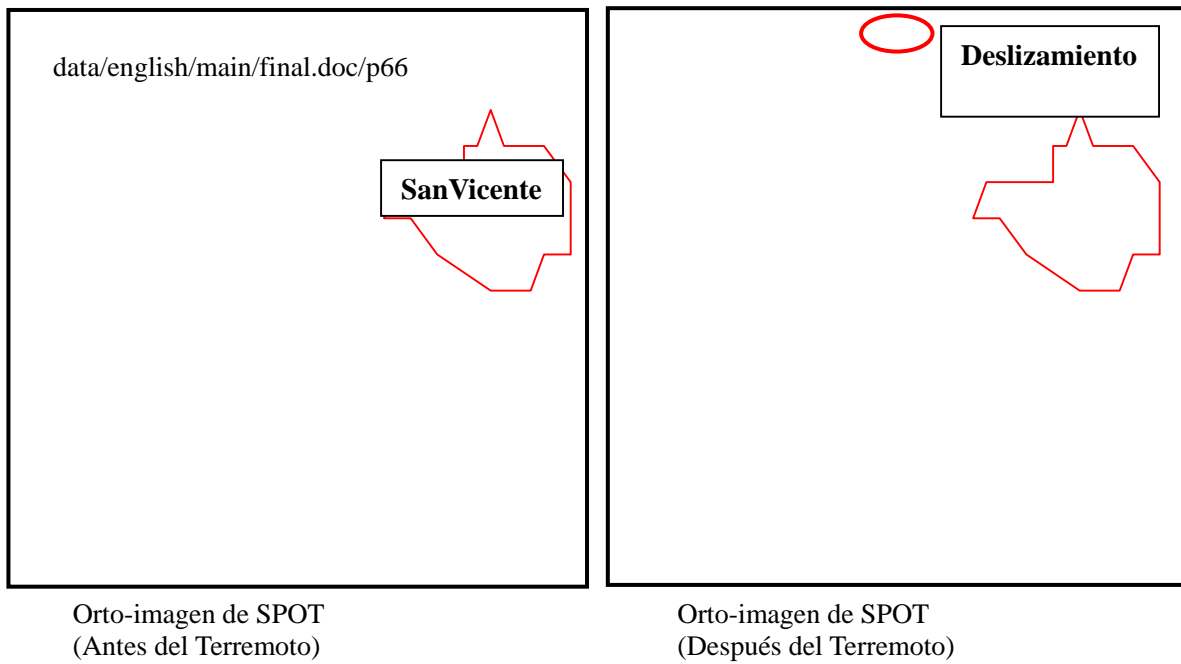
El análisis de las imágenes satelitales SPOT (Pancromáticas) se utilizó para delinear las áreas de derrumbe. Para ello, se compraron dos juegos de imágenes SPOT; antes y después de los terremotos recientes (con fecha del 13 de febrero del 2001), cubriendo el área de Estudio. En la Figura 19 se presenta el diagrama de flujo de orto-rectificación de las imágenes SPOT y la delineación del área de derrumbe.



**Figura 19 Flujo de Trabajo para Elaborar los Datos del Derrumbe**

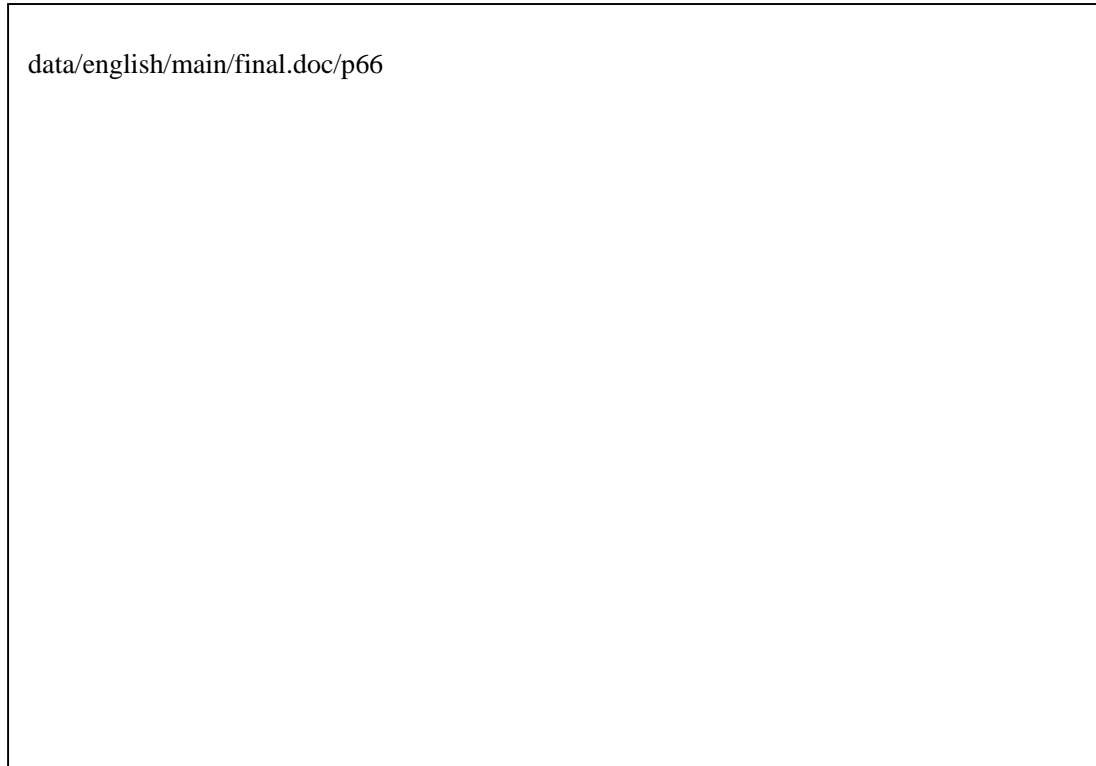
Las partes de la imágenes de orto SPOT se tomaron antes y después del terremoto del 13 de febrero de 2001 en las proximidades del área de San Vicente. Se señala uno de los sitios de derrumbes localizado en dirección noroeste de la ciudad de San Vicente (junto a la carretera Panamericana).

**Fig 20 Interpretación Satelital**



Los siguientes datos se utilizaron como una imagen posterior al terremoto;

**Figura 21 Descripción de los Datos Satelitales de SPOT**



**Tabla 14 Descripción de Datos de SPOT**

SATÉLITE	KJ	FECHA	Hora	Número de Instrumento	Modo del espectro	Cambio en el camino	Notación de nubes	Calidad de la escena
4	613/322	20010209	161906	2	M	-26.5	AAAAAAA	EEEE
4	613/323	20010209	161915	2	M	-26.5	AAAAAAA	EEEE
4	613/322	20010209	161905	1	M	-23.4	BAAAAAA	EEEE
4	613/323	20010209	161914	1	M	-23.4	AAAAAAA	EEEE
4	613/323	20010214	162311	2	M	-19.6	AAAAAAA	EEEE

**8.2.3 Preparación de los datos del SIG**

Se efectuó la digitalización para elaborar los archivos “shape” utilizando el borrador de mapas de desastre preparados por la interpretación en “ArcView” satelital y de las fotografías.

A continuación se presenta el contenido de la base de datos del SIG.

**Tabla 15 Contenido de la base de datos del SIG**

Nombre del Archivo “Shape”	Tipo	Contenido	Comentarios
Campo	Punto	Punto de la investigación de campo	Enlace con notas del campo
Ls_gps	Punto	Punto de las fotografías instantáneas de campo en el levantamiento con GPS	Enlace con fotografías instantáneas de campo
Slide	Polígono	Áreas de desastre identificadas por la interpretación de las fotografías aéreas	
Land_slide	Polígono	Áreas de desastre identificadas por el análisis de imágenes SPOT antes y después del terremoto	
DEM	Cuadrícula	Modelo de elevación digital	Espaciado de 50 m
Wtshd	Polígono	Cuenca	
Protect	Polígono	Área en riesgo por pendiente escarpada	
Debris	Polígono	Flujo de escombros	

**Tabla 16 Datos del SIG (proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)**

Nombre del Archivo “Shape”	Tipo	Contenido
áreas_impactadas	Polígono	Áreas de desastre
Basepais	Polígono	Mapa Nacional Base
cabeceradpto_poly	Polígono	Principales ciudades
cabeceramunicipal	Punto	Poblaciones locales
Cuencas	Polígono	Comunidades
Deptos_línea	Línea	Fronteras administrativas
Derrumbes	Punto	Puntos de desastre
Derrumbes_categoria_riesgo	Polígono	Áreas de alto riesgo de desastre
Derrumbes_marn	Polígono	Áreas con riesgo (carreteras, áreas residenciales, tierras cultivadas)



Derrumbes_marn_gps2	Punto	Puntos mostrados en las fotos aéreas (enlace con las fotos aéreas después del terremoto)
Derrumbes_mop	Punto	Caminos transitables después del terremoto
Derrumbes_otros	Punto	Otras áreas de desastre
eventos_faes	Punto	Lugares de desastre (derrumbe, sumergimiento, grietas)
eventos_sísmicos_marn	Punto	Detalles de los desastres ocasionados por el terremoto (Contenido de la Investigación de campo)
eventos13feb	Punto	Lugares de desastres al 13 de febrero del 2001
Fallas tectónicas	Línea	Falla activa
Geológico	Polígono	Geología
Geológico_piroclastitas	Polígono	Asentamiento geológico
inventario_grupos	Punto	Áreas de desastre (registros de observaciones y anotaciones)
Municipios	Polígono	Poblaciones
Pendientes	Polígono	Tipos de pendientes
Pendientes_mayores30%	Polígono	Pendientes escarpadas (más de 300)
Red vial25k	Línea	Principales carreteras
ríos50	Línea	Ríos principales
sitios_atención_inmediata	Punto	Comunidades requiriendo medidas inmediatas
Snap	Polígono	
Vegetación	Polígono	Vegetación

#### 8.2.4 Preparación de los mapas de desastre en las áreas dañadas

Los mapas de desastre en escala 1/25,000 se prepararon por un proceso de varios datos como se muestra en el punto 6.2.1,6.2.2 sobre mapas topográficos en escala 1/25,000.

En ArcView se crearon las siguientes funciones:

- (1) Los puntos de investigación de campo se pueden mostrar en los mapas topográficos de 1/25,000 y las anotaciones de campo se pueden observar para el punto en el que se hizo “click”
- (2) Las áreas de desastre identificadas por la interpretación de fotografías aéreas se puede mostrar en mapas topográficos en 1/25,000.
- (3) Las áreas de desastre identificadas por el análisis de imagen SPOT se puede mostrar en los mapas topográficos en 1/25,000. También se puede sobreponer la imagen SPOT después del terremoto.
- (4) Se creó un botón o hipervínculo exclusivo para relacionar dos páginas de internet ([www.coen.gob.sv](http://www.coen.gob.sv).y [www.reliefweb.int](http://www.reliefweb.int)) mostrando los dos mapas anteriores que les permiten a los visitantes comprender toda la imagen del desastre ocasionado por el terremoto.

#### 8.3 Preparación para el análisis de mapas de riesgo de Movimiento Masivo

Nota: El término “derrumbe” se refiere al movimiento masivo en general. En este informe, el movimiento masivo que tiene un gran volumen cúbico y una baja tasa de velocidad se define como derrumbe (en un sentido estricto). En comparación con un derrumbe (en un sentido estricto). El movimiento de la masa que tienen un pequeño volumen cúbico y tasa rápida de velocidad se define como un “colapso”. El fenómeno de sedimento bajando por los caudales de las montañas al unirse y desbordarse se define como flujo de escombros. El fenómeno conocido como flujo de lodo también se considerará como una forma de flujo de escombros y se incluirá en ese rubro.

### 8.3.1 Políticas de selección del objeto

En El Salvador se ocasionaron muchos colapsos de pendientes y derrumbes por un terremoto a gran escala en el área montañosa el 13 de enero. Como resultado, debido al movimiento del sedimento, las comunidades las afectó la tierra directamente al colapsarse, lo que llevó a desastres humanos.

Una vez que una pendiente recibe una vibración, los desastres de sedimentos podrán ocurrir con facilidad y con frecuencia debido a las precipitaciones. En el distrito de la montaña, la expansión de la tierra colapsando, la tierra que queda, y la tierra colapsada acumulada en el lecho de los ríos de la montaña, comienza un movimiento secundario debido al agua corriente. Se espera que las pendientes sin colapsar se vuelvan inestables como resultado de la vibración de un terremoto, y existe la posibilidad de que dicha inclinación colapse simplemente con una ligera precipitación.

El fenómeno del movimiento del sedimento en contra llevado a la estación lluviosa se tendría lo siguiente:

(1) Fenómeno de colapso de pendientes

Las pendientes con tierra suelta y/o montículos inestables de colapso de tierra con precipitaciones o terremotos, ocasionando daños a las viviendas y a otros bajo las pendientes de manera directa.

(2) Fenómeno de flujo de escombros

Las pendientes dentro de los ríos de la montaña que se colapsen o el sedimento acumulado en el lecho de los ríos de la montaña se convierten en flujo de escombros, grava y sedimento que se desborda al final del valle, dañando casas y a otros.

(3) Fenómeno de derrumbes

Los lugares existentes de derrumbes y/o masas de tierra suelta pierden el equilibrio debido al crecimiento del agua subterránea. Entonces, ésta se convierte en un derrumbe y ocasiona daños a las viviendas río abajo y a otros, o intercepta los ríos y acarrea inundaciones.

(4) Fenómeno de inundaciones

El agua corriente se convierte en un flujo de lodo, que se desborda río abajo, más lejos del flujo de escombros, o junto con la madera a la deriva en puentes, etc. creando un bloqueo y ocasionando que inundación de los ríos en las planicies.

Estos fenómenos se han mencionado de acuerdo al orden por la facilidad de ocurrencia. Principalmente, el fenómeno que ocurriría con facilidad aun con una precipitación ligera es el colapso de la pendiente. Si se genera dicha agua corriente transportando sedimento, se convierte en flujo de escombros. Se presentan inundaciones río abajo en el caso de una cantidad considerable de precipitación y puede ocurrir con mayor facilidad que en el caso de condiciones normales (antes de un terremoto).

Por otra parte, la pendiente colapsa y el flujo de escombros tiene una gran fuerza de impacto al chocar directamente con las viviendas, por lo que existe una gran posibilidad de que esto pudiese afectar directamente la vida humana. No obstante, es difícil anticiparlo porque ocurre de repente. De acuerdo con esto, es probable que estos fenómenos se relacionen con desastres humanos. En comparación, en el caso de la inundación de los ríos, aunque el rango de influencia es bastante más amplio, existe la posibilidad de evitar serios desastres humanos al efectuar una identificación anticipada de los lugares requiriendo tener precaución, transmitiendo la información de alerta y contar con refugios adecuados.

Los derrumbes tienen una gran influencia y tienden a relacionarse con daños humanos. Sin embargo, es difícil el extrapolar los lugares requiriendo tener precaución en corto plazo por la necesidad de interpretación de la topografía de derrumbes e investigaciones de confirmación en el campo.

Por estas circunstancias arriba mencionadas, los desastres de sedimento cubiertos por esta investigación serán los colapsos de pendientes y flujo de escombros.

### **8.3.2 Lugares con riesgo de desastre por sedimento en Japón**

Los lugares con un riesgo de desastres de sedimento en Japón (como lo define el Ministerio de Tierras Nacionales, Transporte e Infraestructura), tales como colapsos de pendientes y flujos de escombros, son como sigue:

(1) Lugares con riesgo de un colapso de pendiente escarpada

1) Lugares con riesgo de un colapso de pendiente escarpada

Lugares en Riesgo de Colapso de una Pendiente Escarpada (1) serán aquellos que sean pendientes escarpadas de 5 mts. ó más de altura con un gradiente de 30° ó más (todas las pendientes escarpadas, incluyendo las artificiales) y que cuenten con cinco viviendas ó más dentro del área donde se anticipan daños (incluyendo un lugar con instalaciones relacionadas a la asistencia de los débiles en el caso de que ocurra un desastre, tales como las instalaciones de bienestar social, así como agencias públicas, escuelas, hospitales, estación, hotel y/o motel, aún si el número de las viviendas es menor a cinco). Los lugares que tengan las mismas condiciones antes mencionadas pero de una a cuatro viviendas con probabilidad de sufrir daño serán considerados Lugares en Riesgo de un Colapso de Pendiente Escarpada (II): en el caso de haber cinco ó más viviendas en un área densamente poblada con construcciones habitacionales en una serie de pendientes escarpadas. Un área donde las viviendas estén a 50 mts. ó más de distancia una de la otra no será considerada como un área densamente construida con viviendas y se considerará como un lugar diferente de los Lugares en Riesgo de un Colapso de Pendiente Escarpada, aun cuando de otro modo calificase como tal.

El área con anticipación de daño deberá tener una distancia bajo el peñasco correspondiente para duplicar la altura (H) si el peñasco (baja 50 mts.) y existe una distancia sobre el peñasco correspondiente a la altura (H) desde el punto donde un gradiente de la pendiente es 20° ó menos.

2) Declaración de la definición

Las bases para verificar los Lugares en Riesgo de un Colapso de Pendiente Escarpada (Por División de la Conservación de Pendiente, Departamento de Control de la Erosión, Oficina de Ríos, Ministerio de la Construcción en noviembre de 1999)

(2) Pendientes Correspondientes a los Lugares con Riesgo de un Colapso de Pendiente Escarpada

Un lugar topográficamente equivalente a los Lugares con Riesgo de Colapso de Pendiente Escarpada pero sin viviendas será una Pendiente Correspondiente a los Lugares con Riesgo de un Colapso de Pendiente Escarpada. El rango de extracción serán lugares dentro de las áreas de planificación urbana, ciudades/pueblos/comunidades con población incrementada, áreas donde se efectúe un plan de desarrollo/promoción, y distritos montañosos donde se pudiesen construir instalaciones de hospedaje para turistas.

(3) Ríos Montañosos en Riesgo de un Flujo de Escombros y Áreas con Riesgo de Flujo de Escombros

1) Ríos Montañosos con Riesgo de Flujo de Escombros.

Un Río Montañoso es un lugar que tiene topografía en forma de valle en el mapa topográfico en escala de 1/25,000, y un río montañoso con riesgo de que ocurra un flujo de escombros se refiere a un área con topografía formando un valle primario como el punto de partida y con un punto que tiene un lecho de río con un gradiente de 3° (1/20) (2° en el área de control volcánica y de erosión) (1/30) como el punto final. Un Río Montañoso con Riesgo de Flujo de Escombros es un río montañoso con riesgo de que ocurra un flujo de escombros y un río montañoso con posibilidad de que una o más viviendas sean dañadas (incluyendo el caso de que exista una agencia pública, escuela, hospital, instalaciones

relacionadas con la asistencia a los más débiles en el caso de un desastre incluyendo las instalaciones de bienestar social y las instalaciones públicas como una estación, hotel, motel y/o planta de energía eléctrica, aun cuando no existan viviendas).

2) Áreas con Riesgo de Flujo de Escombros

Un Área con Riesgo de Flujo de Escombros es un lugar donde se espera acumulación y/o inundaciones de flujo de escombros por las condiciones topográficas y deberá ser el rango donde, basados en la topografía, el rango de distribución de la pasada acumulación de flujo de escombros, y registros de antecedentes de inundaciones por escombros, se anticipa que el flujo de escombros pensado a mayor escala ocasionará inundación. En principio, esta área consistirá de un lecho de ríos montañosos de un lugar donde ocurre una avalancha a un punto donde existe un lecho de río con un gradiente de 3° (en las áreas de control volcánico y erosión, si existen registros de eventos de flujo de escombros, los valores actuales se establecerán como referencia, o, de no existir dichos registros, se utilizará el 2°), y la parte plana (despliegues aluviales, y planicies de valles) dentro de una altura relativa de varios metros del lecho de los ríos montañosos. Las áreas donde puede presentarse escombros se verterán con un lecho de río con un gradiente de 15° (10° en áreas con control volcánico y de erosión)

3) Declaración de la Definición

Las bases para las Investigaciones de Ríos Montañosos con Riesgo de Flujo de Escombros y Áreas con Riesgo de Flujo de Escombros (borrador) (por la División de Control de la Erosión, el Departamento del Control de la Erosión, la Oficina de Ríos, el Ministerio de la Construcción en abril de 1999

(4) Ríos Montañosos Correspondientes a los Ríos Montañosos con Riesgo de Flujo de Escombros

Un río montañosos topográficamente equivalente con un Río Montañoso con Riesgo de Flujo de Escombros pero sin viviendas que conservar será un Río Montañosos Correspondiente a Ríos Montañosos con Riesgo de Flujo de Escombros. El rango de extracción básicamente será dentro de las áreas de planificación urbana.

(5) Lugares con Riesgo de Deslizamiento de Tierra

Un Lugar con Riesgo de Deslizamiento de Tierra será un lugar con posibilidades de deslizamiento que pudiese afectar las viviendas y a otros de forma directa o por inundaciones secundarias debido al bloqueo del curso de los ríos.

### 8.3.3 Lugares con riesgo de desastres por sedimento extraídos en este Estudio

En este estudio extrajeron los lugares con riesgo y con la posibilidad de afectar viviendas y otras estructuras por un colapso de pendiente y/o flujo de Escombros. Estos corresponden a los Lugares de Riesgo de un Colapso de una Pendiente Escarpada, Ríos Montañosos con Riesgo de Flujo de Escombros y Áreas con Riesgo de Flujo de Escombros en Japón. Sin embargo, se han elaborado las siguientes definiciones para este estudio porque se encontró, en la información obtenida (mapa topográfico en escala de 1/25,000) que era difícil distinguir las viviendas de las instalaciones públicas, así como también que era difícil confirmar el campo individual debido a la restricción del tiempo.

(1) Lugares con Riesgo en Pendientes Escarpadas

“Los lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas” se muestran en la Tabla 17.

En este estudio, los lugares peligrosos fueron seleccionados usando los mapas topográficos disponibles en escala 1/25,000 aplicando las normas japonesas definidas por el ministerio de Tierras Nacionales, Infraestructura y Transporte.

**Tabla 17 Lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas**

Puntos	Definición aplicada en este estudio		Norma japonesa aplicada	
			Lo esencial para la verificación de los lugares en peligro de sufrir daños por el colapso de pendientes pronunciadas (Por: División de Conservación de Pendientes, Departamento para el Control de la Erosion, Oficina de Ríos, Ministerio de la Construcción, en Noviembre de 1999).	
Lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas	Aquellas que son pendientes pronunciadas de 5 mt de altura o más con una inclinación de 30ª o más (todas las pendientes pronunciadas incluyendo las artificiales) 1 o más edificaciones dentro del area en la que se anticipan daños en los mapas topográficos en escala 1/25,000		Lugares divididos amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas (i), Lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas (ii) y pendientes correspondientes a los lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas	
Lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas (i)	Seleccionados como lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas	Aquellas que son pendientes pronunciadas de 5 mt de altura o más con una inclinación de 30ª o más (todas las pendientes pronunciadas incluyendo las artificiales).	5 o más casa dentro del area en la que se anticipan daños Aún cuando el número de casa sea menor que 5, unluga que cuente con las facilidades relacionadas con la asistencia a los damnificados en caso de desastres, tales como planteles de beneficencia social, entidades públicas, escuelas, hospitales, hoteles y/o moteles.	
Lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas (ii)			1 a 4 casas propensas a sufrir daños deberán constituir un lugar amenazado por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas (ii)	
Pendientes que corresponden a los lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas	No extracción		Un lugar topográficamente equivalente a los lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas pero sin casas, deberá ser una pendiente correspondiente con lugares amenazados por el peligro de colapso de pendientes pronunciadas Lugares dentro del área de planificación urbana, ciudades/pueblos/villas con poblaciones crecintnes, áreas en las que se tengan un plan de desarrollo/promoción, y distritos montañosos en los que se puedan construir lugares de paseo y alojamiento para turistas.	
El area con daños anticipados	Una distancia debajo del riesgo	Los lugares a ser conservados dentro del area con daños anticipados deberán ser aquellos en los que se confirma la existencia de una edificación en los mapas topográficos en escala 1/25,000	Es el mismo que a la izquierda	Correspondiente al doble de la altura (H) del riesgo (hasta 50 m)
	Una distancia por encima del riesgo		Es el mismo que a la izquierda	Correspondiente a la altura (H) desde un punto en el que la pendiente es de 20ª o menos.
Cinco o más casas deberán estar en un area con casas densamente construidas en una serie de pendientes pronunciadas	Extraído como el mismo lugar		Extraído como el mismo lugar	
Una area en la que las casas están a 50 mt o más una de la otra.	Extraído como otro lugar		Extraído como otro lugar	

(2) Caudales en montañas con riesgo de desplazamiento de escombros

Los caudales en montañas con riesgo de desplazamiento de escombros se muestran en la tabla 18. En la tabla, aquellos caudales con riesgo de sufrir deslizamientos de escombros, en Japón (tal y como lo define el Ministerio de Tierras Nacionales, Infraestructura y Transporte) y aquellos caudales que se muestran en este estudio.

**Tabla 18 Caudales en Montañas con Riesgo de Deslizamiento de Escombros y Áreas con Riesgo de Deslizamiento de Escombros**

Puntos	Definición aplicada en este estudio	Norma japonesa aplicada
		Lo esencial para la investigación de caudales en montañas con riesgo de deslizamiento de escombros y áreas con riesgo de deslizamiento de escombros (borrador) (Por: División para el Control de la Erosión, Departamento para el Control de la Erosión, Oficina de Ríos, Ministerio de la Construcción, en abril de 1999).
Lugares con riesgo de deslizamiento de escombros	Deberá consistir en cordilleras con caudales en montañas (correspondiente a los caudales en montañas con riesgo de deslizamiento de escombros en Japón) y las cordilleras en las que se esperan inundaciones de sedimento (correspondiente a las áreas con riesgo de deslizamiento de escombros en Japón).	Sin definición
Un caudal en montaña	Es el mismo que el de la derecha	Un caudal en montaña es un lugar que tiene topografía con forma de valle en los mapas 1/25,000.
Caudales en montañas con riesgo de deslizamiento de escombros	Condiciones topográficas deberán ser equivalentes a aquellas de los caudales en montañas con riesgo de deslizamiento de escombros y áreas con riesgo de deslizamiento de escombros. Una topografía de valle deberá existir y la inclinación del cause de la montaña deberá ser de 3ª (o 2ª) o más.	Un caudal en montaña con riesgo de que ocurra un deslizamiento de escombros hacia un área con topografía que forma un valle primario como punto de inicio y con un punto que tiene una inclinación de cause de 3ª (1/20) (2ª en el área volcánica y de erosión) (1/30) como terminación.
Áreas con riesgo de deslizamiento de escombros	La cordillera de inundaciones anticipadas será aquella en la que se considera, a partir de las condiciones topográficas, que va a ocurrir una inundación.	Un área con riesgo de deslizamiento de escombros es un lugar en el que la acumulación y/o inundaciones por deslizamiento de escombros se esperan, con base en las condiciones topográficas, y deberá ser el rango en el que, con base en la topografía, el rango de distribución de los deslizamientos de escombros en el pasado, y los registros de inundaciones por deslizamiento de escombros en el pasado, se anticipa que un deslizamiento de escombros de gran magnitud provocará una inundación.
	Los lugares a ser conservados dentro de áreas con riesgo de deslizamiento de escombros deberán ser aquellos en los que se confirma la existencia de edificaciones en los mapas topográficos en escala 1/25,000. Como la inclinación de los causes en montañas, los valores para las áreas de control volcánico y de erosión (2ª o más) deberán ser utilizados en los lugares determinados como volcánicos, con base en las condiciones geológicas.	En principio, esta área consistirá en el cause de los caudales en montaña desde un punto en que ocurra una avalancha hasta un punto con una inclinación del cause del río de 3ª (en las áreas de control volcánico y de erosión, si hay registros de la ocurrencia de deslizamientos de escombros, los valores reales serán establecidos como referencia, o, si no se tienen dichos registros, se utilizará 2ª), y la parte plana (abanicos aluviales y planicies de los valles) dentro de una altura relativa de varios metros desde el cause de un caudal en montaña.
	Es el mismo que el de la derecha	Las áreas en las que pueden ocurrir deslizamientos de escombros deberán ser cuencas con una inclinación de cause de 15ª (10ª en las áreas de control volcánico y de erosión).

Caudales en montañas correspondientes a caudales en montañas con riesgo de deslizamientos de escombros	Sin selección	Una topografía de caudal en montaña equivalente a un caudal en montaña con riesgo de deslizamiento de escombros pero sin casas que conservar deberá ser un caudal en montaña correspondiente a caudales en montaña con riesgo de deslizamiento de escombros. El rango de extracción deberá ser básicamente dentro de las áreas de planificación urbana.
--	---------------	--

### 8.3.4 Método de investigación

Esta investigación se llevó a cabo para extraer los Lugares con Riesgo en Pendientes Escarpadas con Riesgo de Flujo de Escombros . Las investigación se efectuó de la siguiente manera:

(1) Clasificación de los materiales existentes

Los materiales utilizados para la extracción de lugares con riesgo de desastres por sedimento son los siguientes:

- Mapa Topográfico (1/25,000)
- Mapa Geológico

(2) Preparación del mapa de tipo pendiente

Se elaboró un mapa de tipo pendiente tomando en cuenta los datos de altitud entre los mapas topográficos digitales. El mapa de tipo pendiente se utilizó para confirmar los gradientes del lecho del río montañoso en la extracción de los Lugares en Riesgo en Pendientes Escarpadas y en la extracción de Lugares con Riesgo de Flujo de Escombros.

(3) Extracción de Lugares con Riesgo en Pendientes Escarpadas

Haciendo referencia al mapa seccional de inclinación, los Lugares con Riesgo de Pendientes Escarpadas se extrajeron utilizando el mapa de desastres de áreas dañadas.

(4) Extracción de Lugares con Riesgo de Flujo de Escombros

Haciendo referencia al mapa seccional de inclinación, los Lugares con Riesgo de Flujo de Escombros se extrajeron con el mapa de desastres de áreas dañadas. El alcance de las inundaciones anticipadas se juzgó por las condiciones topográficas tomadas en consideración, aunque la interpretación del mapa topográfico en escala 1/25,000 tiene sus limitantes.

(5) Preparación del mapa de extracción de lugares con riesgo de desastres por sedimento

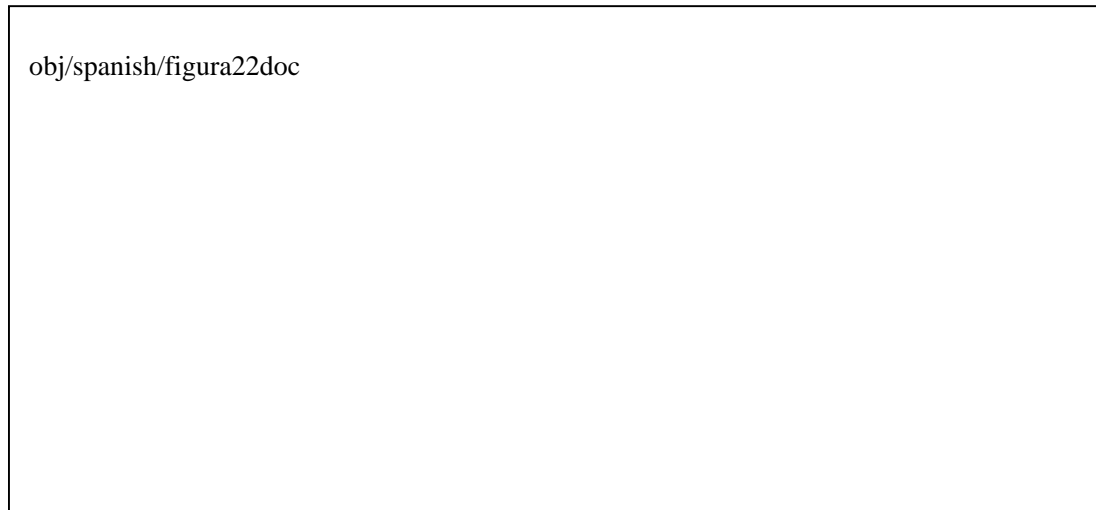
Los Lugares de Riesgo en Pendientes Escarpadas y los Lugares con Riesgo de Flujo de Escombros extraídos se traslapan, y el resultado se consideró como un mapa de extracción de lugares con riesgo de desastres por sedimento. Con éste como el mapa original para las entradas, los lugares extraídos se elaboraron para ser datos del SIG.

El alcance de los Lugares con Riesgo de Pendientes Escarpadas se hizo como un polígono. Esto también se hizo para los Lugares con Riesgo de Flujo de Escombros, los rangos de los ríos montañosos y las inundaciones anticipadas.

Se elaboró un mapa de extracción de los lugares con riesgo de desastres por sedimento, basándose en los datos del SIG.

#### 8.4 Patrón de análisis para Derrumbes

Durante el Estudio se encontró el siguiente patrón de derrumbes.



**Figura 22 Patrón de Derrumbes en El Salvador**



## 9. Operación y Manejo de Datos Digitales

El Estudio de Operación y Manejo se realizó por medio de una serie de entrevistas con 15 Agencias Gubernamentales y organizaciones públicas y privadas, al igual que con el Centro Nacional de Registros (CNR) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para estudiar el ambiente técnico tanto de los usuarios de datos como de los proveedores de datos.

Tomando en cuenta los resultados de la investigación, se tratan los puntos de operación y manejo para el mantenimiento de los datos obtenidos por este Estudio.

### (1) Usuarios potenciales de mapas digitales topográficos

Los resultados de la investigación están en el Apéndice resumidos en 4, y las aplicaciones generales en las agencias usuarias, tal y como se discutieron en las entrevistas aparecen resumidas en el punto.

#### 1) Resumen del cuestionario

Un resumen tabular del cuestionario aparece en la Tabla 19. La tabla muestra que casi todas las agencias usuarias de los mapas digitales, en esta investigación, están desarrollando tecnología de información (IT) en términos de un sistema de información geográfica y proyectos de extensión/desarrollo de redes. Las mismas también han demostrado interés en los datos básicos geográficos de escala 1/25,000. Todas las agencias están utilizando el Internet a través de líneas conmutadas, ISDN, u otros. Tres agencias comenzarán el estudio de los proyectos usando servidores Map de Internet en el 2001.

En casi todas las agencias, el número de unidades de hardware y software y de personal empleado es de menos de diez, a excepción de la Policía Nacional Civil (PNC), CAESS (Compañía de Alumbrado Eléctrico) y CNR, en el que los sistemas han sido incrementados y ya están trabajando bajo esta modalidad. Sin embargo, las condiciones en agencias como el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Tribunal Supremo Electoral, y el Catastro Municipal de San Salvador, harían el cambio en uno o dos años, tal y como lo explicaron en su plan de expansión durante las entrevistas.

#### 2) SIG/IST a nivel nacional

El desarrollo de sistemas de información geográfica o sistemas de información terrestre a nivel nacional ya está en progreso, y las agencias gubernamentales están implementando varios proyectos de estudio, financiado por los Estados Unidos de Norteamérica, Japón, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), FAO, Alemania, y a través del presupuesto nacional.

El Comité Directivo quedó constituido a partir del año 2000 por medio de un proyecto del USGS, y se estableció el alcance para la región centroamericana. El IGN es la agencia miembro tanto del Comité Directivo como del proyecto para el Centro de Informaciones (“clearinghousing”). La participación del IGN es de tipo nacional.

El objetivo de crear dicho centro de informaciones (“clearinghouse”) es el de coordinar e intercambiar datos geográficos como un servicio público. Por lo general se comienza por la estandarización de informaciones provenientes de datos geoespaciales. El punto de partida es la preparación de “Metadatos”, que son datos sobre el contenido, calidad, condición y otras características de los datos distribuidos.

En los Estados Unidos de Norteamérica, la norma sobre contenido de información de Metadatos en cuanto a datos geoespaciales, comenzó en 1992 y fue aprobado en 1994 por el Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC), compuesto por 14 agencias. La Secretaría del FGDC en el USGS fungió como la autoridad en mantenimiento para dichas normas. La orden ejecutiva

**Tabla19**

obj/spanish/tabla19.xls

*“coordinando la adquisición y acceso de datos geográficos: La infraestructura nacional de datos espaciales”* incluye el desarrollo de un centro nacional de informaciones (“clearinghouse”) para datos geoespaciales, en el que las agencias deben documentar sus datos geoespaciales y permitir que tal documentación sea accesible a la red del centro de informaciones (“clearinghouse”) por medios electrónicos.

La organización nacional de estandarización, Comité Técnico 211 (ISO/TC211) está desarrollando un conjunto de normas en el campo de la información geográfica digital. Dentro del alcance del ISO/TC211 el Instituto de Investigación Geográfica (GSI) de Japón, junto con la empresa privada, ha desarrollado normas nacionales y se ha ocupado de su implementación y diseminación.

a) Desarrollo de la infraestructura para datos espaciales

El proyecto del centro de informaciones para el huracán Mitch en El Salvador (“Mitch clearinghouse”) comenzó hace un año y medio (1998/99) y aún sigue en funciones.

Las agencias miembros son:

- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (agencia coordinadora)
- Vice-Ministerio de Planificación Regional Urbana (Ministerio de Obras Públicas (MOP))
- Centro de Investigaciones Geotécnicas (MOP)
- Departamento de Economía Agrícola (Ministerio de Agricultura)
- Instituto Geográfico Nacional (IGN)

El objetivo del Centro de Informaciones para el Huracán Mitch (“Mitch clearinghouse”) incluye el desarrollar la infraestructura de datos espaciales en El Salvador. Se ha programado un simposio sobre la Infraestructura para Datos Espaciales en febrero del 2001.

b) Mapeo Temático

La producción de los mapas temáticos progresa más que nada por medio del presupuesto local en varias de las agencias visitadas durante las entrevistas:

- Mapas agrícolas tales como la distribución de cultivos, uso de tierras (1997) en el Ministerio de Agricultura.
- Mapa geológico – 1/50,000 (1998), Minería, forma de los suelos, suelos, mapas de riesgos, en el Ministerio de Obras Públicas.
- Mapa de fuentes de contaminación, mapa de biodiversidad en el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

c) Desarrollo de sistemas y tecnología de información

i) Ministerio de Agricultura

El Ministerio está planificando establecer una red en todos los Departamentos del Ministerio de Agricultura. Los siguientes tres departamentos fueron visitados para las entrevistas:

- Departamento de Economía Agrícola y Ganadera

El departamento compila datos de otras instituciones y produce información agrícola y mapas de uso de tierras. Se tienen cinco años de experiencia en la utilización de SIG, PC-ARC, ArcView, Idrisis.

Este departamento es una agencia miembro del Centro de Informaciones para el Huracán Mitch (Mitch Clearinghouse) y expresa el interés que hay en cuanto al intercambio de datos, especialmente con el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Obras Públicas, y el IGN.

- Centro Nacional de Tecnología Agraria (CENTA)

Este centro estudia la metodología de producción agrícola de los Estados Unidos, Japón, y Europa, para transferir la tecnología a los agricultores. También se investiga sobre la producción de nuevas variedades de cultivos. En la actualidad se implementan proyectos con fondos de FAO, JICA, y el Banco Mundial.

Para finales del año 2000 estará instalado el Sistema de Administración de la Base de Datos Relacional (RDBMS) – SYBASE en Windows 2000. La actual línea de discado se actualizará a la línea ISDN en el año 2001 (Ya comenzó su instalación).

- Departamento de Recursos Naturales Renovables

Este departamento genera datos relacionados con el Drenaje e Irrigación, Bosque, Suelo, Límites de los Cauces, Uso de Suelo, así como información Meteorológica y de Control de Inundaciones. Cuenta con cuatro años de experiencia utilizando el SIG; “ArcView” e “Ilwis”

Expresa el interés de compartir información por una red Inter.-agencial, en contacto con el Departamento de Economía de Agricultura y Ganadería.

ii) Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales

El Desarrollo del Sistema Nacional para el Manejo del Ambiente (SINAMA) comenzó en 1994, y se han definido las leyes medioambientales.

El Ministerio cuenta con cuatro años de experiencia utilizando el SIG; NT “Arc/Info”, “ArcView” con extensiones; Analista Espacial, Analista 3D, así como el “Erdas Imagine”, y ahora está planificando un Proyecto de Estudio utilizando el Servidor de Mapas de Internet (“ArcIMS – SYBASE”) para su instalación en el año 2001.

Este Ministerio es la Agencia Coordinadora en el “Mitch Clearinghouse”. Se ha comentado que los datos geográficos básicos en escala de 1/25,000 se deberán actualizar por medio de un Control de Calidad adecuado.

iii) Ministerio de Obras Públicas

Se visitaron los tres departamentos siguientes para efectuar entrevistas.

- Departamento de Planificación de la Infraestructura del Transporte

En línea con el objetivo del Ministerio, actualmente está en marcha la Aplicación del Proyecto de Estudio del SIG en el campo de la Planificación de la Infraestructura Nacional del Transporte (Presupuesto Nacional). “Arc/Info”; “ArcView” y “Oracle” se instalarán a mediados del mes de febrero del 2001.

Se ha mencionado el interés de mantener relaciones estrechas, en especial con el IGN, que hasta el año de 1995 pertenecía al Ministerio de Obras Públicas.

- Departamento de Planificación Regional Urbana

Este Departamento está generando información acerca de la Zonificación del Uso de Suelo, Áreas Protegidas, Urbanización, y Planificación Regional del Transporte. En un Estudio Piloto, los mapas cubriendo dicha Área de Estudio en escala de 1/25,000 (alrededor de 830 Km<sup>2</sup>) se digitaron y actualizaron utilizando las imágenes Landsat y SPOT de 1999. Cuenta con un dos años y medio de experiencia utilizando el SIG; “ArcInfo NT”, “ArcView”; y “AutoCAD”.

El Departamento es la Agencia miembro en el "Mitch Clearinghouse". El acuerdo de intercambio de datos con el IGN muestra el interés en la escala de 1/25,000. Para el desarrollo de la aplicación en la página de internet, se considera la alternativa del "ArcIMS" y del "AutoDesk's MAPGUIDE".

#### - Investigación Geotécnica

En esta Agencia, la asistencia técnica de Alemania elaboró en 1970 los mapas geológicos en una escala de 1/50,000. Estos mapas se actualizaron en 1998. Más aún, genera mapas relacionados con Peligros Volcánicos, Minas, Derrumbes y Terremotos. Se dice que la Agencia cuenta con ocho años de experiencia utilizando una Microestación.

La Investigación Geotécnica es miembro de una Agencia en el "Mitch Clearinghouse".

### 3) Seguridad Pública y Análisis Electoral

#### a) Policía Nacional Civil (PNC)

En agosto del 2000, la PNC implementó el sistema de emergencia 911 en las áreas de San Salvador. El sistema, que se basa en "Intergraph" y "Oracle", puede reconocer la ubicación de esta llamada y mostrarla en un mapa en el fondo. Los elementos cartográficos esenciales son carreteras, límites administrativos, parcelas, y los puntos de referencia como escuelas, iglesias, etc.

Los mapas digitales (en escala 1/25,000 ó más grandes) los proporcionan dos compañías de energía eléctrica; CAESS para el norte y DELSUR para el sur de San Salvador. Se espera que en dos años este sistema se amplíe a todo el país. La PNC está interesada en los datos en escala de 1/25,000 para obtener información más detallada en los mapas, como lo sería la vegetación.

#### b) Tribunal Supremo Electoral

En la actualidad, ya ha comenzado el desarrollo del sistema, incluyendo un Proyecto de Cartografía de Elecciones, en cooperación con el CNR y el IGN. La información esencial requerida en esta Agencia son el Mapa de Censos, Mapa Topográfico (IGN) y Mapa de Catastro (CNR – Catastro). La aplicación del SIG basada en "Arc/Info" y "ArcView" para el Análisis Electoral está en la etapa de planificación. Se interesan por los datos geográficos básicos en una escala de 1/25,000 en formato "ArcView".

Todas las computadoras están conectadas en LAN, y se ha instalado una línea ISDN. Se enfatiza el interés por la red de comunicación con el Censo, el CNR y el IGN.

### 4) Desarrollo Urbano y Catastro Municipal

#### a) Agencia de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS)

Esta agencia está involucrada en la preparación del apoyo planificado e información sobre vivienda. Los mapas topográficos en escala de 1/25,000 (San Salvador) se digitan en esta agencia. Cuenta con dos años de experiencia utilizando el SIG; "ArcView"; y la Microestación.

El LAN ya está instalado, y se utiliza el Internet a través de una línea de discado. A esta agencia le interesan los mapas topográficos digitales actualizados. Todavía no tiene un plan con respecto a su participación en la red de comunicación inter-agencial, sin embargo, se está considerando la conexión al campo de la construcción, en especial al de la vivienda.

#### b) Catastro municipal de San Salvador

Esta agencia está haciendo esfuerzos para la digitar los registros del Catastro. Al mismo tiempo, también se están desarrollando los mapas del catastro. Cuenta con dos años y medio de experiencia utilizando la Microestación. Se está desarrollando una aplicación FoxPro para actualizar más rápido la información catastral.

5) Servicios Públicos

a) Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL)

Esta organización se utilizó como organización madre de varios grupos, uno de los cuales es la recién privatizada empresa Geotérmica de El Salvador, S.A. mencionada a continuación. La principal actividad de CEL es la generación de energía hidroeléctrica. Se está desarrollando un diseño y sistema de manejo de transmisión de líneas de energía, la cual se espera quede terminada en el año 2001. No obstante, se usan LAN e Internet. No se menciona interés alguno en contar con una comunicación multi-organizacional.

b) Geotérmica de El Salvador, S.A.

La organización se privatizó el mismo día de esta entrevista (11 de diciembre del 2000). Su campo de especialización es la Geofísica, y su actividad principal es la generación de electricidad de la energía geotérmica. Las agencias relacionadas son la de Investigación Geotécnica del MOP, Geografía y Catastro del CNR, y las Universidades. Están interesados en datos geográficos básicos en escala 1/25,000.

En el futuro, se espera que esta organización se involucre en la generación de información acuífera por investigación geofísica. El SIG o sistemas similares están planificando desarrollar un Sistema de Manejo de Información Geotérmica. El LAN e Internet están siendo utilizados proporcionando una página web con la opción para bajar la información.

c) CAESS, Suministro de Electricidad

Es una organización privada que suministra electricidad a la parte norte de San Salvador. Los mapas impresos en escalas de 1/2000 y 1/5000 se digitan para producir los mapas combinados del Suministro de Energía eléctrica y Catastro. Esta organización cuenta con dos años de experiencia en Microestación.

d) TAHAL Consultores

Es una organización privada que proporciona servicios de consultoría a las agencias locales para la Planificación Urbana y de la Vivienda. El SIG se utiliza en la base del proyecto, cuyo software proviene de Israel.

6) Usuarios de los mapas topográficos digitales

Los usuarios potenciales de esta investigación se podrían diferenciar en las siguientes cuatro categorías, con respecto a la información requerida y a sus objetivos.

a) Usuario de información a nivel macro

A nivel de usuario macro se podrán incluir todas las agencias que en la actualidad están involucradas en el desarrollo de la Infraestructura de Datos Nacionales Espaciales ("Mitch Clearinghouse"). Aquellas agencias generan mapas temáticos y utilizan los datos topográficos como una base. Comúnmente, el área de estudio es grande; región o país. La escala requerida del mapa pudiera ser 1/25,000 ó menos.

Estos usuarios también usan la escala de 1/50,000 como el Mapa Base para la creación de sus bases de datos de aplicación. No obstante, el análisis regional, tal como "la Planificación de Transporte Regional" en el MOP requerirá de preferencia un mapa base en escala mayor.

b) Usuario de información a nivel micro

La Oficina de Planificación y Desarrollo Urbano y de la Vivienda (OPAMSS) y el Catastro Municipal podrán ser ambos los usuarios de información a nivel micro. La unidad de área es la Parcela y/o Edificio, que son más pequeños que un área boscosa o de vegetación. De ahí que, por lo general la escala del mapa es grande; 1/100 o en algunos casos más grande. En las áreas rurales también se usan los mapas en escala media.

No obstante, podrán diferir unos con otros al utilizar el mapa base; los mapas catastrales son el mapa base para el Catastro Municipal, mientras que los mapas topográficos se utilizan como mapa base para la información de la Planificación Urbana. La OPAMSS digitalizó sola el mapa topográfico en escala de 1/25,000 para su Área del Proyecto Piloto.

La estandarización de los datos entre la OPAMSS, el CNR y el Catastro Municipal se discutió durante las entrevistas. Esto pudiera ser la información catastral como el número de parcelas, sistema de dirección, etc.

c) Seguridad Pública y Análisis Electoral

La Policía Nacional Civil y el Tribunal Supremo Electoral se pueden clasificar de forma separada, aun cuando utilizan la información a nivel micro, en especial los datos catastrales. También se utilizan los elementos cartográficos específicos como carreteras, fronteras administrativas, etc. de los mapas topográficos. Sin embargo, el intercambio de información se limitará a las agencias específicas, más que a compartir datos multi-organizacionales.

d) Organizaciones de Servicios

Con respecto a los servicios públicos, sólo se incluye en esta investigación el suministro de energía eléctrica. La política de privatización se puede observar en esta comunidad usuaria. CAESS, el proveedor de energía eléctrica con 40 microestaciones tiene la capacidad de digitar mapas. Ya han digitado mapas en escala de 1/2,000 y 1/5,000 teniendo como base el proyecto. También ha proporcionado mapas digitados para la aplicación del 911 de la PNC.

En la actualidad, las organizaciones entrevistadas están trabajando arduamente en los proyectos relacionados con la vivienda. Sin embargo, algunos de estos usuarios en el futuro podrán ser también usuarios de información a nivel macro; por ejemplo, al diseñar y planificar las líneas de transmisión de energía eléctrica. Cuando esté desarrollada la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales se podrá esperar que se comparta información espacial entre estas organizaciones.

(2) Mapeo Digital en el CNR

Desde 1995, el CNR es responsable del Mapeo, a través del IGN y del Departamento del Catastro. Se han formado dos Comités de Control de Calidad; uno bajo la administración directa del CNR, quien será el responsable de la calidad de los mapas digitales en formato de Microestación, y el otro bajo la administración del IGN, quien será el responsable de la calidad de los mapas impresos por el IGN. Se dice que el Comité anterior ya efectuó el control de calidad de los mapas digitales en escala de 1/200,000 y del mapa digital de San Salvador en escala de 1/15,000.

En El Salvador, todavía no se ha establecido un Centro Nacional para un Sensor Remoto.

1) Mapeo e Investigación Nacional

El IGN es la Agencia responsable del Mapeo e Investigación Nacional en El Salvador. Se formó en 1946 bajo el MOP y en 1995 pasó a formar parte del CNR. Se han elaborado varios mapas en escalas pequeñas, entre los cuales está la serie de mapas en escala de 1/50,000 que se actualizó con regularidad (en intervalos de unos 10 años) desde su Primera Edición. Esta Agencia participa en el Proyecto de "Mitch Clearinghouse". El Comité de Control de Calidad en el IGN responsable de la calidad de los mapas impresos se forma de tres miembros, y uno de ellos está involucrado con el desarrollo de los Metadatos.

El mapa topográfico en una escala de 1/50,000, cubriendo todo el país con algunas excepciones, se dibujó a mano en la década de los 60. En la década de los 70 se terminó la Segunda Edición actualizada. Con la introducción del método “scribing” (escritura), la siguiente Edición (tercera) actualizada se terminó en 1992 (a finales de la década de los 80). Esta Edición ahora en actualización con la asistencia de la Agencia Nacional de Mapeo e Imágenes (NIMA), E.U.A.; en la actualidad se ha completado el 50%.

La elaboración de mapas en escala de 1/25,000 comenzó en 1978, y tomó alrededor de 20 años el terminar las 158 hojas. Esos mapas impresos se han digitalizado, y las hojas de los mapas restantes para cubrir todo el país, los ha elaborado recientemente en forma digital la Asistencia Técnica de JICA.

Otros mapas en escala pequeña incluyen los de 1/100,000, los de 1/200,000 cubriendo todo el país, así como el mapa de San Salvador en 1/15,000.

Además del mapeo topográfico, el Grupo de Medio Ambiente de la Sección Geográfica en el IGN está cooperando con otras Agencias en la elaboración del mapa de los límites de la cuenca en escala de 1/500,000 y los mapas temáticos como Forma de la Tierra, Uso del Suelo, Vegetación, Riesgos, etc.

## 2) Mapeo de Catastro

El Departamento del Catastro en el CNR con 11 Oficinas Regionales es responsable en todo el país de los asuntos legales, tales como Certificado de Propiedad, mientras que el Catastro Municipal está involucrado con los Impuestos de la Propiedad. Antes de que el Catastro fuese un Departamento separado del CNR en 1999, estuvo bajo el IGN por durante 25 años, y cinco años bajo el Departamento del Registro del CNR.

El Proyecto, “Modernización del Registro y del Catastro” fundado por el Banco Mundial comenzó en 1996/97 por el CNR, con el fin de digitar primero mapas catastrales de todo el país y después, establecer el Programa de Mantenimiento. Se ha terminado el Estudio Piloto en Sonsonate, y el proyecto está en marcha. Actualmente, se han terminado de elaborar los mapas catastrales digitales para las áreas occidentales de país, así como las orto-fotografías digitales en una escala de 1/5,000, cubriendo tres de un total de 14 Departamentos en El Salvador.

## 3) Normas cartográficas y codificación de elementos cartográficos

En la Tabla 20 se resumen los mapas elaborados por el CNR. La norma cartográfica para el mapeo catastral se revisó en 1998. La actualización de los mapas catastrales se efectuará a solicitud refiriéndose a la norma revisada de 1998. Para el mapeo topográfico se utilizó la norma del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Ambos, tanto la norma cartográfica como la codificación de elementos cartográficos para el mapeo topográfico están siendo revisadas. No obstante, los datos geográficos básicos de la serie de mapas en escala de 1/25,000 está codificada de acuerdo a sus elementos cartográficos por las normas del IPGH.



**Tabla 20 Mapeo en CNR**

Escala	Departamento (o Sección)	Impreso en el año	Digitalizado en el año	Intervalo de Actualización	Área cubierta	Norma Cartográfica	Codificación de elementos cartográficos
1/100	Catastro	1982	1998	A solicitud	Oeste		1998
1/5000	Catastro	1977	1999	A solicitud	Oeste	1998	-
1/10,000	Catastro	1970s	---		Rural	1998	-
1/50,000	Topográfico	1960s	---	10 años	Todo	Revisión (IPGH)	-
1/100,000	Topográfico		---	---	---	-	-
1/25,0000	IGN	1978 – 1997	---	---	158 hojas	Revisión (IPGH)	-
		---	1998-2000	---	Todo	-	IPGH

Oeste: Áreas en el occidente del país

IPGH: Instituto Panamericano de Geografía e Historia

Todo: Toda el área del país

#### 4) Tecnología de Información (IT) Desarrollo en el CNR

El CNR implementó la sección del IT en 1998 al organizarse en tres grupos; Sistema, Operación y Administración. El grupo del sistema se ha organizado más en tres, el Grupo de Base de Datos, el Grupo del SIG el Grupo de Coordinación, y ha empleado 20 personas en total. El Grupo de Base de Datos tiene tres empleados bien capacitados en la Micro estación Geográfica; el Grupo de Coordinación tiene 2 personas para la documentación.

El apoyo técnico para los departamentos en el CNR se proporciona localmente, al asignar a un Ingeniero en Sistemas a cada departamento y coordinar con cada grupo administrativo de la sección IT.

Se han desarrollado aplicaciones de páginas web utilizando el Servidor de la Micro estación de Internet de Mapas (Modelo *Server Discovery*) para el sitio de la página web del CNR. El plan de extensión del sistema para conectar todas las Oficinas Regionales de Registro y Catastro con la Oficina Sede del CNR en San Salvador ya comenzó, y se espera que se termine en el 2001.

#### 5) Suministrador Básico de Datos Espaciales

Los usuarios de mapas digitales en las categorías I, II, III y IV, como se discuten en los puntos 6) de (1) básicamente utilizan la información de micro nivel. Dicha información tan detallada por lo general la mantienen las oficinas locales, tales como las oficinas regionales de Registro y Catastro.

El Departamento del Catastro del CNR, a través del Estudio Piloto en Sonsonate se podrá haber beneficiado para establecer un programa de “Operación y Manejo”, y este Departamento con sólo 40 Micro estaciones registradas tiene unas bases técnicas fuertes para operar y manejar los mapas catastrales digitales logrados.

Cuando se implementa la red planeada para conectar todas las Oficinas Regionales con la Sede, permitirá una difusión efectiva y centralizada de información catastral para los usuarios de información para el micronivel.

Los usuarios de información a nivel macro principalmente son los Ministerios/Departamentos, que están desarrollando varios Análisis a nivel Nacional y Regional, utilizando principalmente datos geográficos y del SIG. Los elementos cartográficos de los mapas tales como, carreteras y ríos las utilizan en común varias agencias/organizaciones, de modo que el sistema para compartir datos (Estandarización, "Clearinghouse") se ha desarrollado en E.U.A., Japón, Europa, y otros países desde mediados de la década de los 90. Estos usuarios por lo general definen un Mapa Base, por ejemplo 1/50,000 ó 1/25,000, y este mapa base se refiere para georeferenciar todas las capas en la base de datos. Los elementos cartográficos del mapa en dicha base de datos geográfica se asignan por los códigos estándar, explicados por ejemplo por los "Meta datos", cuáles elementos cartográficos de línea son carreteras principales, o carreteras secundarias; cuáles elementos cartográficos de área son arrozales, plantaciones o bosques; cuáles elementos cartográficos de puntos son escuelas, iglesias u hospitales; y así sucesivamente. Cada capa de la base de datos se mantiene por UNA Agencia para evitar duplicaciones, y se comparte con las demás.

Se espera que la Agencia Nacional de Investigación y Mapeo, IGN, sea la Suministradora de la Base de Datos de Mapas en la comunidad usuaria arriba mencionada; la cual pudiera ser la razón por la que el IGN está participando en el "*Mitch Clearinghouse*".

### (3) Operación y Manejo de Datos Obtenidos en este Estudio

Dentro del alcance de este Estudio – "*Establecimiento de los Datos Nacionales Geográficos Básicos*", se ha digitalizado la serie de mapas a una escala de 1/25,000 que cubre todo el país. Todos los datos tienen elementos cartográficos codificados y organizados en formato "Arc/INFO", que se conoce como "*Cobertura*" (*Coverage*). Básicamente se utiliza la norma del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).

La base de datos topográficos fue creada digitalizando los mapas existentes y creando nuevos mapas en formato digital para el resto de los cuadrantes. Debido a la brecha de tiempo, la Actualización de Datos deberá ser la primera labor en el establecimiento del Programa de Operación y Administración.

#### 1) Responsabilidad de la Operación y del Manejo

El CNR ha implementado un ambiente técnico bien organizado para la operación y el manejo de la información catastral. El hecho de que la actualización de los mapas catastrales y el mantenimiento de la serie de mapas topográficos difiera uno del otro, no se puede suponer que el mismo ambiente opere y maneje los mapas topográficos digitales.

El IGN cuenta con más de 50 años de experiencia en operación y manejo de mapas convencionales impresos. No obstante, la digitalización de los mapas en papel comenzó recientemente, de ahí que, podrá ser aconsejable un Proyecto de Estudio con el fin de establecer un Programa de Operación y Manejo a largo plazo. La experiencia en el Sistema de Mantenimiento de Información Catastral del CNR, así como la actualización de la serie de mapas a escala 1/50,000, le facilitaría al IGN el diseño y la ejecución de un Proyecto de Estudio de tal naturaleza. Se cree que los resultados de esta investigación proporcionarán información útil.

En la actualidad, existen 13 secciones en el IGN, y la re-organización está en marcha.

##### a) Sección Cartográfica Digital

Esta sección está recién organizada, y se espera que sea operacionalmente responsable por el mantenimiento de los mapas digitales en escala 1/25,000, así como de los de escala 1/200,000 cubriendo todo el país, y del mapa digital de San Salvador en escala de 1/15,000. La Sección Principal se designa al tiempo que se emplean al Coordinador y ocho técnicos; cuatro de ellos son miembros del Grupo Contraparte de este Estudio.

b) Sección Digital Fotogramétrica

Esta Sección se formó en 1998 con seis empleados, y opera y se maneja con orto-fotos digitales en una escala de 1/5,000 cubriendo tres Departamentos y 1/1000 cubriendo treinta y dos (32 km<sup>2</sup>). Esta sección también genera un Modelo de Elevación Digital (DEM) y los niveles.

Durante la entrevista se mostró una hoja de prueba de datos geográficos básicos en escala de 1/25,000, que se actualiza en la pantalla mostrando el entorno de las ortofotos digitales. El resultado de esta prueba muestra la habilidad requerida de operación del software para actualizar los datos utilizando la Micro estación.

2) Sistemas existentes y transferencia de tecnología por el proyecto

Ambas secciones, la de cartografía digital y la de fotogrametría digital tienen suficiente hardware y periféricos; cada empleado tiene una PC-estación de trabajo (“workstation”). La Micro estación domina el software en los Departamentos del CNR, visitados durante la entrevista. Por medio de este Estudio, se introdujeron el “ARC/INFO”, “ArcView” y el “Erdas Imagine”, que en la actualidad están instalados en la Sección de Cartografía Digital

**Tabla 21 Software y Personal Capacitado**

No.	Nombre del Software	Compraron por	Cartografía Digital		Fotogrametría Digital	
			No. de juego	Personal capacitado	No. de juegos	Personal capacitado
1	Auto CAD	IGN	1	2	1	2
2	MicroStation	IGN	9	9	7	6
3	Socet Set	IGN	ninguno	ninguno	2	5
4	E. Imagine	JICA	1	4	ninguno	ninguno
5	A. Illustrator	JICA	1	4	ninguno	ninguno
6	Arc/Info	JICA	1	5	nnguno	ninguno
7	ArcView	JICA	1	5	ninguno	ninguno

La transferencia de tecnología por este Proyecto se ha llevado a cabo en el lugar tanto por Japón como por el IGN. Todos los cuatro miembros del Grupo Contraparte se han capacitado, y uno de ellos recién terminó su capacitación en Japón.

Los temas de la transferencia de tecnología operacional son:

- Orto-rectificación digital utilizando el Erdas Imagine
- Actualización de mapas digitales utilizando las herramientas de edición (*Editing Tools*) del “ARC/INFO”
- Simbolización de los mapas utilizando “Adobe Illustrator”

El manual de operación de cada uno de estos temas está disponible en español. En el caso de trabajo conjunto tal como, control geodético, foto-interpretación, verificación de campo, capacitación en el lugar de trabajo, se llevó a cabo en las secciones del IGN de Geodesia, Topografía y Cartografía. Un empleado del Grupo Contraparte cuenta con experiencias pasadas en foto-interpretación, así como en verificación de campo.

La actualización de los datos creados en este Estudio por ortofotos digitales se menciona en las discusiones de la sección de cartografía digital. Más aún, se comenta que para este fin tal vez no sea lo más aconsejable “sólo contar con una licencia de ARC/INFO”.

### 3) Asuntos Operacionales

#### a) Conversión de datos

La Tabla 21 del capítulo anterior muestra que todo el personal tanto en las secciones fotogramétricas digitales como en la cartografía digital está capacitado y cada uno cuenta con una Micro estación. Es seguro que el IGN prefiere actualizar datos utilizando la Micro estación, en la lugar del ARC/INFO, según lo presentó el Equipo de Estudio. La razón se dice ser la disponibilidad de “Sólo una licencia de ARC/INFO”, que más bien es costosa. Esta razón debiera ser válida. Mas sin embargo, el IGN seleccionó un software y los datos “actualizados” son decisivos.

El problema pudiera no ser la conversión de datos; específicamente la transferencia de los “Códigos de elementos cartográficos” discutidos en el inciso 5) de (2), así como la transferencia de los poligonos entre la Micro estación y el ARC/INFO. Durante la discusión se sugiere la Sección de Cartografía Digital para estudiar un método de “Conversión de Datos” adecuado. El Equipo de Estudio, junto con el IGN podrá identificar la necesidad de recibir ayuda.

#### b) Ortofotografía digital u ortoimágenes SPOT

La sección fotogramétrica digital, según se trata en el Capítulo 1) de (3), es mantener las ortofotografías digitales obtenidas durante el proyecto – “Modernización del Registro y Catastro” ( 2) de (2)). Los dos juegos de software “Socketset” de este proyecto también se instalaron en esta Sección. Esas orto-fotos en escala de 1/5,000, como se discuten en la Sección de Cartografía en el inciso 2) de (3) podrán ser usados para actualizar los mapas digitales.

El problema pudiera ser que aquellas ortofotos sólo cubran tres Departamentos, y lo que se debería usar para las áreas que quedan para actualizar todas las hojas de mapas digitales. Las imágenes SPOT las menciona la Contraparte. También se dice que el SocketSet en la Sección Fotogramétrica Digital no tiene el módulo opcional SPOT. Por otra parte, se terminó la transferencia de tecnología de orto-rectificación por Erdas Imagine, y este software en un Software Procesador de Imágenes, que también soporta imágenes SPOT. El utilizar las imágenes SPOT para el resto de las áreas pudiera no ser un problema técnico, a excepción de los datos de calidad. El Equipo de Estudio, junto con el IGN podría identificar la necesidad de ayuda.

#### c) Enfoque de actualización de datos

La importancia de la verificación de campo, así como la interpretación de fotos o imágenes, cuando se usan los datos SPOT, al actualizar los mapas se enfatiza por el personal del IGN y de Catastro. La Sección Topográfica ha sugerido capacitación adecuada con respecto a este punto.

El alcance de este Estudio no incluye la tarea de actualizar datos. No obstante, la capacitación para la actualización de datos se ofreció dentro del alcance de transferencia de tecnología. El Grupo Contraparte mapó los datos, y le proporcionó a la Sección Topográfica la identificación de los cambios por fotointerpretación y verificación de campo. Los cambios detectados están marcados en la impresión de los mapas digitales. Esta hoja de mapa digital se edita haciendo referencia a esos cambios.

Se supone que se aplica el mismo enfoque, como se indica en la Sección de Cartografía Digital. Podrá ser comprensible para obtener una “solución a corto plazo”. Se deberá considerar la sugerencia de la Capacitación correspondiente para preparar el Programa de Operación y Manejo.

### 4) Asuntos de Manejo de Datos

#### a) Mapa Índice

El Mapa de las Fronteras Nacionales está siendo revisado por el IGN. Esta pudiera ser una de las razones para que todavía no sea posible preparar un mapa final índice.

Se encontraron dos mapas digitales índices en diferentes sistemas de coordenadas, y uno de los empleados explicó que el mapa índice se utiliza como una “referencia visual para identificar las hojas de mapas”. No obstante, el mapa índice en el desarrollo de la base de datos SIG se utiliza para georeferencias y para el manejo de datos geográficos.

Es aconsejable preparar un mapa índice válido, tan pronto como esté disponible el mapa de fronteras revisado.

#### b) Sistema del Manejo de Datos

La Sección de Cartografía Digital está en una situación de manejar la transferencia de datos entre los diferentes softwares. Se ha mencionado que las diferentes secciones o departamentos del CNR han tenido diferentes experiencias, en términos de software y procesamiento de datos. Se podrá añadir también que lo mismo es cierto en el medio del Usuario de Datos. La Sección de Cartografía Digital ha comentado que un sistema estandarizado es la mejor solución óptima.

No obstante, la estandarización no parece ser simple; sino más bien, es aconsejable el considerar un sistema adecuado para el manejo de datos. A groso modo, la serie de mapas digitales en escala de 1/25,000 se forma de cuatro mil (4,000) juegos de datos. Una función de manejo de datos operacional del ARC/INFO, que se conoce como “Workspace” (espacio laboral) en este Estudio; sistemas más complejos, tales como Biblioteca de Mapas y Motor de Base de Datos Espacial (SDE) para un mayor desarrollo, también están disponibles. La alternativa de opción podría ser el volver a diseñar la base de datos, lo cual no pareciera ser aconsejable para un “plan de operación a corto plazo”.

#### c) Calidad de datos

Existen dos Comités de Control de Calidad en el CNR; uno para mapas digitales en el formato de Micro estación y el otro para mapas impresos. Se el término de “Mapa Digital” se interpreta como una copia electrónica del mapa impreso, entonces, todavía se tendrá que establecer la revisión de la calidad de los “elementos cartográficos codificados” de los datos geográficos básicos. Si el IGN no está planeando el re-diseñar la base de datos, la verificación visual de los datos en la pantalla, o en una copia impresa, también conocida como “*check-plot*” podría ser suficiente para la “operación a corto-plazo”.

Los datos actualizados por el “Sistema de Control de Calidad” se comentaron en el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales” durante la entrevista, en relación con los datos producidos en este Estudio. Este comentario es el punto de vista de la Agencia Coordinadora en un Proyecto de Estudio con el fin de desarrollar una Infraestructura Nacional y Espacial de Datos. La Calidad de los datos se entiende como un juicio comprometido entre el costo y la “adaptación para su uso”- El “Sistema de Control de Calidad” sugerido por el Ministerio del Medio Ambiente podría ser un tema para desarrollar a largo-plazo.

#### (4) Resumen

Los datos geográficos básicos de este Estudio están disponibles en los mapas topográficos digitales en una escala de 1/25,000. Los principales usuarios de dichos mapas a una escala tan pequeña son los Ministerios/Departamentos, quienes están desarrollando análisis espaciales regionales o de todo el país. Muchas agencias utilizan los elementos cartográficos básicos como carreteras y ríos, así como la información temática como el uso de suelo y geología. Estos usuarios por lo general definen un Mapa Base, por ejemplo, en una escala de 1/25,000 ó de 1/50,000, y a este mapa base se refiere para la georeferenciación de todas las otras capas al desarrollar la Base de Datos del SIG. Cada capa en la base de datos sí la mantiene UNA Agencia para evitar duplicación de esfuerzos y se comparte a las demás.

El gobierno local o las autoridades públicas como la Policía Nacional Civil y el Tribunal Supremo Electoral están más interesados en información discreta microscópica, por ejemplo, parcelas, viviendas, dueños, etc. La necesidad de estos usuarios para los mapas a pequeña escala es para tener una visión general más que un análisis espacial. El CNR con el Catastro y con la Sección de IT está bien organizada para proporcionarles datos a estos usuarios.

Actualmente, el estudio sobre el sistema para compartir datos inicia en el proyecto “Mitch Clearinghouse”, en el cual el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales es la Agencia Coordinadora. La mayoría de las agencias miembros están desarrollando estudios extensos y desarrollando Tecnología de Información (IT) en términos de sistemas de información geográfica y redes. El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como el Departamento de Planificación Regional Urbana (Vice-Ministerio de Obras Públicas) ha comenzado proyectos de estudio utilizando el Servidor de Internet para Mapas para la difusión de la información espacial por Internet. Estas dos Agencias están conduciendo de manera activa, Proyectos de Estudio del SIG e infraestructura tecnológica en términos de que los sistemas y las redes estén en su lugar.

Se cree que la estrategia del IGN para la Operación y el Manejo de los mapas topográficos digitales pudiera ser la contribución al desarrollo de la Infraestructura de los Datos Espaciales de la Nación. El Ministerio del Medio Ambiente, durante la entrevista, manifestó la importancia del sistema de control de la calidad y de la actualización de los datos del país. Este Ministerio sugiere que los usuarios necesitan un enfoque de actualización de datos continuo y orientado por cada Área de Estudio de interés (base del proyecto). También se podría interpretar como que el Ministerio tiene un fuerte interés en utilizar los datos geográficos básicos de este Estudio, en tanto estén disponibles los datos de calidad actualizados. Valdría la pena el proporcionarle estos datos topográficos básicos al Ministerio para el estudio de la “adecuación para el uso” de los datos en un ambiente de aplicación real.

## **10. Transferencia de Tecnología**

### **10.1 Capacitación en Japón**

En Japón se capacitó en dos ocasiones al personal del IGN. Los capacitandos pudieron aprender los temas de la capacitación en poco tiempo. La visita a otras empresas fue una buena oportunidad APRA la comprensión de la condición actual del SIG en Japón.

#### **(1) Primera Capacitación**

Capacitando: Ing. Enrique De La O Lemus, Gerente del Depto. de Cartografía, IGN  
Período: del 21 de febrero del 2000 al 21 de marzo del 2000 (30 días)  
Contenido: Proceso de producción de mapeo digital, práctica operacional del escáner, digitalización de mapas topográficos (práctica operacional del “R2V” y del “VecEdit”), práctica operacional del “ArcView”, generación de DTM (“Arc/Info”), generación de orto-imágenes (ERDAS), simbolización de datos digitales (“Illustrator”).  
Recorrido de campo: Compañía de Electricidad de Tokio, Centro de Mapas, y el Departamento de Investigación Regional Kinki.

#### **(2) Segunda Capacitación**

Capacitando: Sra. Yolanda Consuelo Escobar de Rodríguez, Depto. de Cartografía del IGN  
Período: del 16 de noviembre del 2000 al 15 de diciembre del 2000 (33 días)  
Contenido: Operación y mantenimiento de datos digitales (“Arc/Info”)  
Recorrido de campo: Compañía de Electricidad de Tokio, Centro de Mapas, y el Departamento de Investigación Regional Kinki

### **10.2 Capacitación en el lugar de trabajo en El Salvador**

En la Fase I del Estudio se realizó la capacitación en el lugar de trabajo en El Salvador para personal de la Agencia Contraparte, IGN, en los siguientes cuatro campos:

#### **(1) Levantamiento de GPS**

En Planificación para el establecimiento de Puntos de control, Observación por receptores de GPS, Análisis de los datos observados e instalación de señales para fotografía aérea se capacitaron durante 5 semanas:

- Ricardo Soto
- Hernán Estrada Calderón
- Armando Grande Ramos
- Jesús Alfonso Uillalfa Díaz
- José Nefthalí Aguilar

#### **(2) Instalación de señales para fotografía aérea**

En los métodos de instalación de señales para fotografía aérea, identificación de señales y marcado de las fotografías aéreas se capacitaron durante 5 semanas las mismas personas del punto anterior (1).

#### **(3) Verificación de campo e investigación suplementaria**

En los métodos para hacer claves para la interpretación fotográfica, los métodos de interpretación fotográfica, y la clasificación y recopilación utilizando estereoscopios se capacitaron durante 15 semanas las siguientes personas:

En verificación de campo:

- José Neftalí Aguilar
- Germán Hernández Landos
- Mario Alberto Palma
- Miguel Ángel Izarpate
- Hernán Estrada Calderón
- Douglas Batres Avilés
- Oscar René Salazar

En investigación suplementaria:

- José Neftalí Aguilar
- Mario Alberto Palma
- Hernán Estrada Calderón
- Douglas Batres Avilés
- Oscar René Salazar
- Neri Americo Llanes
- Gustavo Alonso Larín

(4) Actualización de datos topográficos digitales

En la generación de orto-imágenes, la actualización de “Arc/Info Coverage” y la simbolización de datos digitales se capacitaron durante 35 semanas las siguientes personas:

- Yolanda Consuelo Escobar de Rodríguez
- Ana Silvia Barahona Rivera
- Alex Armando Manzano Bazil
- Luis David Flores Argueta



## 11. Taller

El taller se impartió tres veces durante el Estudio de la Fase I; el cuarto taller para la Fase II del Estudio tendrá lugar en abril del 2001.

### (1) Primer Taller

Fecha: 10 de febrero de 2000  
Participantes: CENTA, FAO, CODEM, MEA, MMARN, PNC, TELECOM, CAESS, MOP, CEPA, ANDA and OPAMSS  
Objetivos del Taller: Explicación de los datos digitales elaborados en el primer año de trabajo  
Preguntas: 1) ¿Cuándo estarán disponibles los datos ?  
2) ¿Estarán disponibles los actuales datos intermedios?  
3) ¿Los datos serán gratuitos o se cobrará por ellos?  
Respuestas: 1) La creación de los datos estará completa después de junio del 2001.  
2) No se distribuirán los datos intermedios.  
3) Presently unknown.

### (2) 2do Taller

Fecha: 11 de Julio del 2000  
Participantes: COCESNA, ANDA, CAES, CEL, CEPA, MEA, TELECOM, OPAMUS, MI, MMARN, MOP, CARE ISDEM, CND, TELEMOVIL, CIG, PNC, COEN y OPAMSS  
Objetivos del Taller: Explicación de las aplicaciones de los datos digitales creados en SIG  
Preguntas y Respuestas: Las mismas preguntas y respuestas del 1er. Taller

### (3) 3er. Taller

Fecha: 22 de agosto del 2000  
Participantes: Dr. Juan José Dabout, el Asesor Técnico del Presidente de El Salvador, el Director del IGN, el Director General del CNR y el Embajador de Japón.  
Objetivos del Taller: Este taller se llevó a cabo para el Dr. Juan José Daboub, el Asesor Técnico del Presidente de El Salvador, en cumplimiento a la solicitud presentada por el Embajador de Japón para presentar principalmente cómo aplicar los datos digitales creados del SIG de los resultados del Estudio  
Pregunta: ¿Cómo se actualizarán los datos digitales ?  
Respuesta: La actualización sera más efectiva utilizando fotografías aéreas recién tomadas considerando la precisión y la eficiencia.

### (4) 4º Taller

Fecha: 21 de mayo del 2001  
Participantes: COCESNA, ANDA, CAES, CEL, CEPA, MEA, TELECOM, OPAMUS, MI, MMARN, MOP, CARE ISDEM, CND, TELEMOVIL, CIG, PNC, COEN y OPAMSS  
Objetivos del Taller: Metodología de la Base de Datos de la Información Geográfica, Metodología de actualización, Elaboración del mapa de desastres, Elaboración del mapa de análisis de riesgo, Análisis de derrumbe en el Río Jiboa  
Preguntas: 1) ¿Cuántas hojas de mapa cubre el estudio del desastre?  
2) ¿Cómo se extrayeron las áreas peligrosas de deslave?  
Respuestas: 1) El área del estudio para el desastre cubre 43 hojas de mapa.  
2) Las áreas peligrosas se extrayeron manualmente de acuerdo con un criterio japonés.

## **12. Recomendaciones**

### **12.1 Fase I del Estudio**

Actualmente, en los países en vías de desarrollo una de las razones por las que el desarrollo de la base de datos Nacional Espacial del SIG toma tiempo, es la falta de recursos financieros, de expertos en computación y tecnología en SIG que permitan y faciliten la digitalización de los datos del SIG de los mapas existentes.

En la República de El Salvador, una vez que se haya creado una base de datos de SIG cubriendo los mapas topográficos en escala de 1/25,000 para todo el país, al finalizar este Estudio, la utilización del SIG estará afortunadamente lista para comenzar su uso en todo el país.

Quisiéramos reconocer los problemas que la Agencia Contraparte, el IGN, ha afrontado, y dar las siguientes recomendaciones:

(1) Actualización de la base de datos en escala 1/25,000

La mayoría de los datos digitales creados por este Estudio no se han actualizado, y por lo tanto, se requiere hacerlo por esfuerzos autónomos del IGN. La tecnología requerida para este propósito se ha transferida por medio de este Estudio.

(2) Estudio de los métodos de actualización

Se recomienda que ambos softwares (Arc/Info y ERDAS) proporcionados en esta Investigación y el CAD (MicroStation) que pertenecen al IGN se utilicen conjuntamente en los métodos efectivos para crear los datos digitales. La compatibilidad de "Arc/Info Coverage" y los datos "DXF" en la Microestación se estudiarán técnicamente para los métodos efectivos.

(3) Utilización de la base de datos

Los usuarios de los datos digitales se dividirán en 1) el SIG/IST nacional y 2) de los datos detallados específicos tales como vivienda urbana y catastro municipal. Los principales usuarios de la base de datos por esta Investigación serán los del SIG/IST nacional. Considerando que el CNR es actualmente la institución responsable de los datos detallados específicos, el IGN tendrá que ser la responsable ante los usuarios del SIG/IST nacional. Además, los expertos de los datos espaciales del SIG serán capacitados dentro del IGN porque no hay ningún experto en el campo actualmente disponible en el IGN.

(4) Divulgación de la información de los datos

Es recomendable que los datos creados se divulguen ampliamente, por ejemplo, por Internet.

(5) La estandarización de los datos y el establecimiento del "clearinghouse" de datos

En la actualidad en El Salvador, varias organizaciones tienen su propia base de datos para su propio uso, lo que ocasiona una duplicación de datos y la ineficiencia de su uso dentro del país. Por lo tanto, se recomienda que el "clearinghouse" nacional de datos se establezca para la estandarización de los datos comunes.

(6) Actualización continua

Ya que los datos del SIG contienen principalmente datos seculares, los datos se corregirán y actualizarán continuamente.

(7) Calidad de los Datos

En el CNR existen dos Comités de Control de Calidad, uno para los mapas digitales en formato de la MicroEstación, y el otro para los mapas impresos. Si el término “Mapa Digital” se interpreta como una copia en formato electrónico del mapa impreso, después se deberá revisar la calidad de los datos geográficos básicos con “objetos codificados”. Si el IGN no está planeando rediseñar la base de datos, la verificación visual de los datos en la pantalla o en una copia impresa, también denominada “diagrama de verificación” o “check-plot”, podrá ser suficiente para una “operación a corto-plazo”.

## 12.2 Fase II del Estudio

Como resultado de un terremoto a gran escala ocurrido en El Salvador, en las montañas ocurrieron colapsos y derrumbes. También hubo pendientes que no se colapsaron ni sufrieron derrumbes pero tienen tierra suelta. Estos lugares podrán ocasionar daños humanos posteriores por desbordamientos del sedimento inestable en la época de lluvia.

En esta Fase II del Estudio, se seleccionó un área (5100 km<sup>2</sup>) considerada como especialmente muy dañada.

Se prepararon los mapas de desastre y los mapas de análisis de riesgo para identificar con urgencia los lugares con una posibilidad de sufrir un segundo desastre. La información de mapas requerida para la preparación de estos mapas se actualizó con imágenes orto satelitales, orto fotos, materiales existentes y mediciones con GPS en un período corto de dos meses, y la investigación no pudo extenderse a los detalles. De ahí que, se deberá mantener en mente que los mapas de desastres y mapas de análisis de riesgos que son producto de este estudio tienen la naturaleza de mediciones urgentes, y será necesaria la investigación detallada de acuerdo con el propósito de su uso.

Lo que se deberá hacer en El Salvador, desde el punto de vista de prevención de desastres es lo siguiente:

### (1) Medidas para las áreas potenciales en peligro de desastres

- 1) En la carretera ( No.2 punto de investigación ) ubicado en la frontera con los Municipios de CHILTIUPAN y JAYAQUE, Departamento de LA LIBERTAD, debe establecerse de inmediato un paso restringido por la siguiente razón:  
Esta parte de la carretera se vuelve estéril y es una sección para pasar la colina. En la actualidad, hay deslizamientos en las orillas en muchos tramos de la carretera y también hay muchas grietas, por lo tanto se volverá muy peligroso durante la época lluviosa.
- 2) En Las Colinas (punto de investigación número 6), Municipio de Nueva San Salvador, Departamento de La Libertad, y en la pendiente derrumbada en la parte oeste (punto de investigación número 4), Finca San Buenaventura, Municipio de Nueva San Salvador, Departamento de La Libertad.  
Aún hay muchas grietas en la superficie de la parte alta de la pendiente en el sitio donde ocurrió el deslizamiento. Se deben colocar láminas plásticas en dicho lugar para evitar la permeación de la lluvia durante la estación lluviosa. Aunque en la actualidad se ha vertido cemento en dicho lugar, no es probable que ello sea eficaz.

### (2) Divulgación del Mapa de Análisis de Riesgos

Se debe hacer del conocimiento público el Mapa de Análisis de Riesgos, y hacer que los residentes y organizaciones pertinentes se den cuenta de la posibilidad de desastres para que desarrollen la concientización de los residentes.

### (3) Ejecutando planes de evacuación y su difusión al público.

Los planes de evacuación se harán empleando el Mapa de Análisis de Riesgos para su difusión al

público con los residentes y organizaciones involucradas. Aunque los planes de prevención de desastres explicarán en detalle las actividades usuales, las medidas instantáneas en contra de la próxima estación lluviosa deberán ser tomadas en consideración para los planes de:

- Normas de evacuación
- Organizaciones para la prevención de desastres
- Sistemas de Comunicación para comunicación de evacuación
- Rutas de Evacuación/Lugares Seguros
- Planes de patrullaje para lugares potenciales en riesgo de desastre

(4) Extracción de lugares en peligro en toda el área de El Salvador

En esta investigación, se extrajeron los lugares en riesgo con particular urgencia. Ya que el reciente terremoto también afectó los distritos de la montaña además de esta área, es necesario efectuar una investigación en todo el país.

(5) Actualización de la información topográfica de todo El Salvador

Es necesario actualizar los mapas topográficos y mapas geológicos de toda el área en este país para efectuar una extracción de todo el país de los lugares en riesgo con posibilidad de ocasionar daño a vidas humanas. Afortunadamente, el nivel técnico de los órganos contrapartes, el CNR y el IGN, es alto y las orto fotografías digitales en 1/5,000 utilizadas ya se habían sacado en algunas áreas.

Tomando en consideración una fuente de imagen reciente tal como la orto-fotografía, y la imagen satelital, sería posible actualizar los mapas topográficos en escala de 1/25,000 para todo el país en un período corto. Esta implementación se recomienda fuertemente.

(6) Actualización requerida de la base de datos entregada del SIG para desastres

La base de datos para desastres del SIG se elaboró utilizando las fotografías aéreas, las orto-imágenes satelitales y los materiales recopilados en la investigación de campo junto con las capas del SIG proporcionadas por el Ministerio de Medio Ambiente y por otras organizaciones. No obstante, la base de datos a entregar no cubre toda la información de desastres ya que el período del proyecto fue corto. De ahí que, se requerirá que los usuarios finales de los datos del SIG entregados actualicen más la base de datos porque ésta fue diseñada para permitir los usos efectivos al ingresar las capas adicionales. La base de datos incluye los datos existentes de desastres de las Agencias involucradas como una capa en archivo "Shape" para evitar que se mezclen los datos.

(7) Recomendación para un Plan de Prevención de Desastres a gran escala

Las medidas que deberán tomarse para la prevención de desastres son:

Determinar los lugares con potencial de desastres y verificar dichos lugares extraídos; realizar construcciones preventivas; tomar medidas de prevención y medidas de emergencia a implementarse en caso de que ocurra un desastre. La extracción de los lugares con potencial de desastres y las medidas preventivas son las siguientes:

1) Extracción de los lugares con potencial de desastres

Para poder evitar el desastre, es importante que se determinen primero todas las áreas que presentan un alto riesgo. Dichas áreas serán extraídas tomando las siguientes medidas:

a) Determinación de los objetos a preservar

Los objetos a preservar son las casas, campos de cultivo e infraestructuras. Los objetos de infraestructura son los caminos, el suministro de agua, la energía eléctrica, el gas propano, y los edificios públicos.

b) Determinación de desastres naturales

Los desastres naturales son eventos tales como deslizamientos de tierra, avalanchas, deslizamientos de escombros, inundaciones y licuefacción de la tierra.

c) Extracción de lugares con potencial de desastres

Los lugares con potencial de desastres serán extraídos tomando los siguientes pasos:

- Extracción en las labores de oficina (refiérase a la Norma Extractiva Japonesa para deslizamientos de tierra y escombros que se aplicó en este Estudio).
- Investigación de campo (refiérase a las listas de verificación que se usaron en este Estudio).

d) Creación de la base de datos sobre áreas peligrosas

2) Medidas par la prevención de desastres en cuanto a infraestructura

a) Medidas normales:

En el caso de la infraestructura como objeto a preservar, se deberá realizar la verificación normal de los locales para el desastre potencial. Los procedimientos de verificación deberán ser determinados a través de la creación de planes de mantenimiento y manejo. Los planes deberán incluir las determinaciones de las agencias para la verificación, los tipos de prevención de desastres y los períodos de verificación, la preparación de manuales de verificación, y la planificación e implementación de la construcción preventiva.

b) Medidas de emergencia

La Oficina Central Regional para Desastres deberá ser establecida por las personas a cargo de las infraestructuras y por todas las partes interesadas y funcionar en colaboración con la Oficina Gubernamental de Emergencia para Desastres.

3) Medidas para la prevención de desastres para el hogar, la vida humana y la propiedad

Es necesario establecer sistemas para la prevención de desastres, para poder tomar medidas en cuanto al hogar, las vidas humanas y la propiedad, con la mutua colaboración entre el Gobierno y los ciudadanos, para la creación de planes de prevención y oficinas de emergencia para desastres a nivel de Gobierno y Departamentos. Las autoridades administrativas regionales deberán ser establecidas inmediatamente en caso de desastre o en caso de que se pronostique un desastre.

Se sugerirá la concientización de los ciudadanos en cuanto a la prevención de desastres a través de la distribución de panfletos y la promoción de concursos cuyo tema sea la prevención de desastres (afiches y composición).

También se recomienda el establecimiento de departamentos, para el manejo de desastres, dentro de las autoridades administrativas. Las actividades cotidianas de dichos departamentos incluirán:

- Identificar los lugares con potencial de desastre por deslizamiento de tierra y/o avalancha y concientizar al público sobre el posible desastre.
- Implementar sistemas de comunicación al haber un desastre.
- Determinar y hacer del conocimiento público los sitios seguros y las rutas de evacuación.
- Realizar simulacros de evacuación

Los planes para la prevención de desastres incluirán lo siguiente:

a) Medidas de emergencia

- Establecimiento de la Sede para Emergencias por Desastres

La Oficina de Emergencia para Desastres deberá estar organizada por las Organizaciones Gubernamentales y funcionar en colaboración con la policía, bomberos, milicia, servicios meteorológicos, organizaciones de infraestructura (camino, electricidad, gas propano, agua, teléfono, etc), medios de comunicación masiva (estaciones de radio y televisión y periódicos), etc.

- Determinación de los sistemas de comunicación

Deben considerarse alternativas en caso de que las líneas telefónicas y/o vehículos no puedan ser utilizados. Para la comunicación con el público en general se debe considerar el método de organizaciones de residentes, el método directo de altoparlantes por medio de automóviles, y la divulgación por medios físicos o inalámbricos.

- Determinación de la comunicación cooperativa

Deberán establecerse comunicaciones entre los niveles del Gobierno, los Departamentos y las agencias administrativas regionales.

- Patrullajes rutinarios, en los lugares peligrosos, para evitar desastres

b) Establecimiento y desarrollo de organizaciones de auto-defensa en caso de desastres para proteger las vidas y propiedades de los residentes. Dichas organizaciones deben contar con el apoyo de la Oficina Gubernamental para Desastres.

c) Preparación de datos sobre desastres

- Lugares peligrosos con potencial para desastres
- Refugios de seguridad y demás

### **13. Personas Relacionadas**

#### **Agencia Contraparte en El Salvador**

Ing. Roberto López Meyer	Director del Instituto Geográfico Nacional
Ing. Enrique de la O. Lemus	Exgerente de la División de Cartografía
Ing. Katia Isabel Madrid	Coordinadora del Departamento de Cartografía Digital
Yolanda Consuelo Escobar	Tecnico
Ana Silvia Barahona Rivera	Tecnico
Luis David Flores Argueta	Tecnico
Alex Armando Manzano Bazil	Tecnico

#### **JICA**

Lic. Atsushi Kamishima	Representante Residente en El Salvador
Lic. Takahiro Shинchi	Asesor para Formulación de Proyectos

#### **IDI**

Ing. Seiichi Tanioka	Consejero Superior
Ing. Yoshikazu Fukushima	Consejero Superior
Ing. Hisashi Mori	Consejero Señor

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)  
Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán”  
Centro Nacional de Registros, Ministerio de Economía

EL ESTUDIO  
PARA  
EL ESTABLECIMIENTO DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS NACIONALES BÁSICOS  
EN  
LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR

INFORME FINAL

julio de 2001

PASCO INTERNATIONAL, INC.



# ÍNDICE

1. Introducción .....	1
2. Perfil del Estudio.....	2
2.1    Objetivos del Estudio .....	2
2.2    Áreas de Estudio.....	2
2.3    Alcance del Trabajo .....	4
2.3.1    Fase I del Estudio.....	4
2.3.2    Fase II del Estudio .....	4
2.4    Política Básica del Estudio .....	5
2.5    Especificaciones .....	5
2.6    Productos .....	7
3. Agencia Contraparte.....	8
4. Miembros del Equipo de Estudio de JICA.....	9
5. Cronología del Estudio.....	9
6. Detalles del Estudio de la Fase I .....	13
6.1    Informes y Reuniones.....	13
6.1.1    Explicación y Discusión del Informe Inicial .....	13
6.1.2    Discusiones sobre Representación de Mapas y Especificaciones de Base de Datos del SIG .....	13
6.1.3    Explicación y Discusión sobre el Informe de Avance 1 .....	14
6.1.4    Explicación y Discusión sobre el Informe de Avance 2.....	14
6.1.5    Labores Adicionales.....	14
6.1.6    Explicación y Discusión del Borrador de Informe Final .....	15
6.2    Organización y Sistema Legal de la Agencia Contraparte .....	15
6.2.1    Historia .....	15
6.2.2    Leyes y Normas de Cartografía .....	15
6.2.3    Personal .....	16
6.2.4    Programas de Capacitación del IGN.....	16
6.3    Creación de Datos Digitales a partir de los Mapas Existentes en Escala 1/25,000 .....	16
6.3.1    Decisión sobre las Especificaciones de las Capas .....	17
6.3.2    Escaneo de los Mapas Existentes.....	23
6.3.3    Digitalización de Elementos Cartográficos y Curvas de Nivel.....	23
6.3.4    Verificación de los Datos Digitalizados .....	24
6.3.5    Construcción de la Topología de los Datos Digitales .....	24
6.3.6    Aseguramiento de la Calidad de los Datos .....	24
6.4    Creación de Datos para las Áreas no Cubiertas de los Mapas Existentes en Escala de 1/25,000 .....	25
6.4.1    Levantamiento de los Puntos de Control .....	26
6.4.2    Fotografía Aérea .....	33
6.4.3    Triangulación Aérea.....	37
6.4.4    Verificación de Campo.....	39
6.4.5    Ploteo Digital.....	43
6.4.6    Simbolización de Datos Digitales.....	44
6.4.7    Creación de Datos Digitales .....	44
6.4.8    Comprensión del Sistema Computarizado para el Estudio .....	44
6.4.9    Actualización de Datos Digitales.....	46
6.5    Evaluación del Estudio .....	52
7. Elaboración de los “Mapas de Desastre y Mapas de Análisis de Riesgo” .....	54
7.1    Actividades de campo para la Fase II en El Salvador .....	54
7.1.1    Recopilación de Materiales Disponibles.....	54
7.1.2    Actividad de Campo para Actualizar los Mapas Existentes .....	54
7.1.3    Foto-interpretación e interpretación de imagen satelital.....	55
7.1.4    Investigación del Área de Derrumbe .....	56
7.1.5    Hoja de Verificaciones para la Investigación de Desplazamientos Masivos.....	57
7.1.6    Investigación en Sitios de desastre .....	58
8. Procesamiento en Japón .....	60

8.1	Actualización de los Mapas Topográficos en Escala 1/25,000.....	60
8.1.1	Departamentos de San Vicente y Usulután por Imagen Satelital de SPOT .....	60
8.1.2	Departamentos de Santa Ana, Sonsonate y Ahuachapán por las Orto-fotos Existentes.....	60
8.1.3	Departamentos de La Libertad, Cuscatlán, San Vicente y La Paz por los Mapas Existentes	60
8.2	Preparación del Mapa de Desastres para las Áreas Dañadas.....	61
8.2.1	Interpretación de la Fotografía Aérea .....	61
8.2.2	Análisis de la Imagen para los Derrumbes en San Vicente y Usulután .....	62
8.2.3	Preparación de los datos del SIG .....	64
8.2.4	Preparación de los mapas de desastre en las áreas dañadas.....	65
8.3	Preparación para el análisis de mapas de riesgo de Movimiento Masivo.....	65
8.3.1	Políticas de selección del objeto .....	66
8.3.2	Lugares con riesgo de desastre por sedimento en Japón.....	67
8.3.3	Lugares con riesgo de desastres por sedimento extraídos en este Estudio.....	68
8.3.4	Método de investigación.....	71
8.4	Patrón de análisis para Derrumbes .....	72
9.	Operación y Manejo de Datos Digitales .....	73
10.	Transferencia de Tecnología .....	87
10.1	Capacitación en Japón .....	87
10.2	Capacitación en el lugar de trabajo en El Salvador .....	87
11.	Taller.....	89
12.	Recomendaciones .....	90
12.1	Fase I del Estudio .....	90
12.2	Fase II del Estudio.....	91
13.	Personas Relacionadas.....	95

Apéndice I	Alcance del Trabajo
Apéndice II	Minutas de las Reuniones
Apéndice III	Resultado del Levantamiento de los Puntos de Control
Apéndice IV	Resultado de la Triangulación Aérea
Apéndice V	Símbolos de Mapas
Apéndice VI	Hoja de verificaciones para la investigación de desplazamientos masivos
Apéndice	Cuestionario con respecto a los mapas digitales y su uso

## Siglas de las organizaciones que intervienen

ANDA:	Administración Nac.de Acueductos y Alcantarillados
BCR:	Banco Central de Reserva de El Salvador
CEL:	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
CEPA:	Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma
CNR:	Centro National de Registros
JICA	Japan International Cooperation Agency (Agencia de Cooperación Internacional del Japón)
IGN:	Instituto Geografico National “Ing. Pablo Arnoldo Guzman Centro National de Registros, Ministerio de Economía
IPGH:	Instituto Panamericano de Geografía e Historia
ISSS:	Instituto Salvadoreño del Seguro Social
MAG:	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MD:	Ministerio de Defensa
MI:	Ministerio de Interior
MMARN:	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MOP:	Ministerio de Obras Publicas, Transporte y Vivienda
MRE:	Ministerio de Relaciones Exteriores
MSPJ:	Ministerio de Seguridad Pública y Justicia
MMARN:	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MS:	Ministerio de Salud
MT:	Ministerio de Trabajo
PNC:	Policia Nacional Civil