

En realidad si se compara las hojas topográficas impresas de 1/50.000 con los datos de PAABANC se nota que los accidentes representados sobre las hojas topográficas están clasificados más detalladamente, y algunos accidentes no son representados por las especificaciones de PAABANC. Sobre esto, la Misión de Estudio deliberó con el IGN durante los procesos del Proyecto y tomó medidas pertinentes, como agregar los ítems de atributos, revisar las normas de adquisición de datos de PAABANC, etc.

**Tabla 2.1-11 Especificaciones de PAABANC**

Nombre de Cobertura	Tema	Tipo de la estructura topológica
RCA	Red de carreteras	Arcos
RFE	Red de ferrocarriles	Arcos, nodos
HIL	Hidrografía lineal	Arcos
DAD	Divisiones administrativas	Arcos, polígonos
OCS	Ocupación de suelos	Arcos, polígonos
TSI	Terrenos sujetos a inundación	Polígonos
ACM	Accidentes culturales misceláneos (lineal)	Arcos
TOP	Edificios y lugares poblados, toponimia (puntual)	Puntos
PTC	Puntos de control	Puntos
ALT	Altimetría	Arcos, puntos

## 2) Ordenamiento de las especificaciones de los datos para el SIG elaborados anteriormente

Se hizo la compilación digital de la base de datos de la información geoespacial básica donde se prepararon los datos de Cobertura de ArcInfo para que fueran la fuente de datos de la base de datos tanto para el SIG como para la impresión. Después, en el proceso de “la estructuración de base de datos SIG” se integraron según tema los datos divididos en 74 hojas, y se editaron las figuras y atributos de modo que cada Cobertura contenga los datos que cubrieron 74 hojas.

Las Coberturas preparadas en ese proceso, que se indican en la Tabla anterior, está dividida según el tipo de figura vectorial, es decir, por puntos, arcos, polígonos. Por ejemplo, los accidentes representados por figuras lineales en el mapa topográfico (caminos, ríos, curvas de nivel, etc.) se almacenan todos en la Cobertura de “line: línea”, y los accidentes superficiales, excepto el uso de la tierra, (lagos y pantanos, estructuras trazadas a escala, áreas densamente pobladas, etc.) se almacenan todos en la cobertura de “poly: polígono”.

La clasificación detallada según cada tema se hizo por los atributos de datos. Aquí los atributos se refieren a la combinación de los valores, de Nivel y Color, conseguidos cuando se adquirieron los datos con MicroStation. Por lo tanto son muy distintos a los ítems de atributos especificados en PAABANC.

**Tabla 2.1-12 Base de datos para el SIG preparado a partir de la base de datos de la información geoespacial básica**

Nombre de cobertura	Tema	Tipo de la estructura topológica
line	Todos los accidentes lineales	Arcos
poly	Accidentes superficiales excepto el uso de la tierra	Polígonos
vegeta	Uso de la tierra	Polígonos
point	Todos los accidentes puntuales, anotaciones y puntos de símbolos	Puntos

### 3) Método de exportación

Las especificaciones de PAABANC arriba mencionadas y la base de datos para el SIG elaborada por este Proyecto tienen factores muy distintos tanto en la clasificación de coberturas como los ítems de atributos. Las especificaciones de PAABANC están detalladamente clasificadas según tema, por lo que la base de datos de este Proyecto debe ser redistribuida según los valores de atributos indicados por nivel y color. La combinación de nivel y color está diseñada de modo que sea única para cada uno de los accidentes representados sobre el mapa topográfico. Se clasificaron los ítems y valores de atributos de las especificaciones de PAABANC para corresponder a la combinación mencionada.

El diagrama indicado en la Figura 2.1-40 señala el flujo de trabajo desde la base de datos lineales para el SIG hasta elaborar la cobertura de RCA (red de carreteras) según especificaciones de PAABANC.

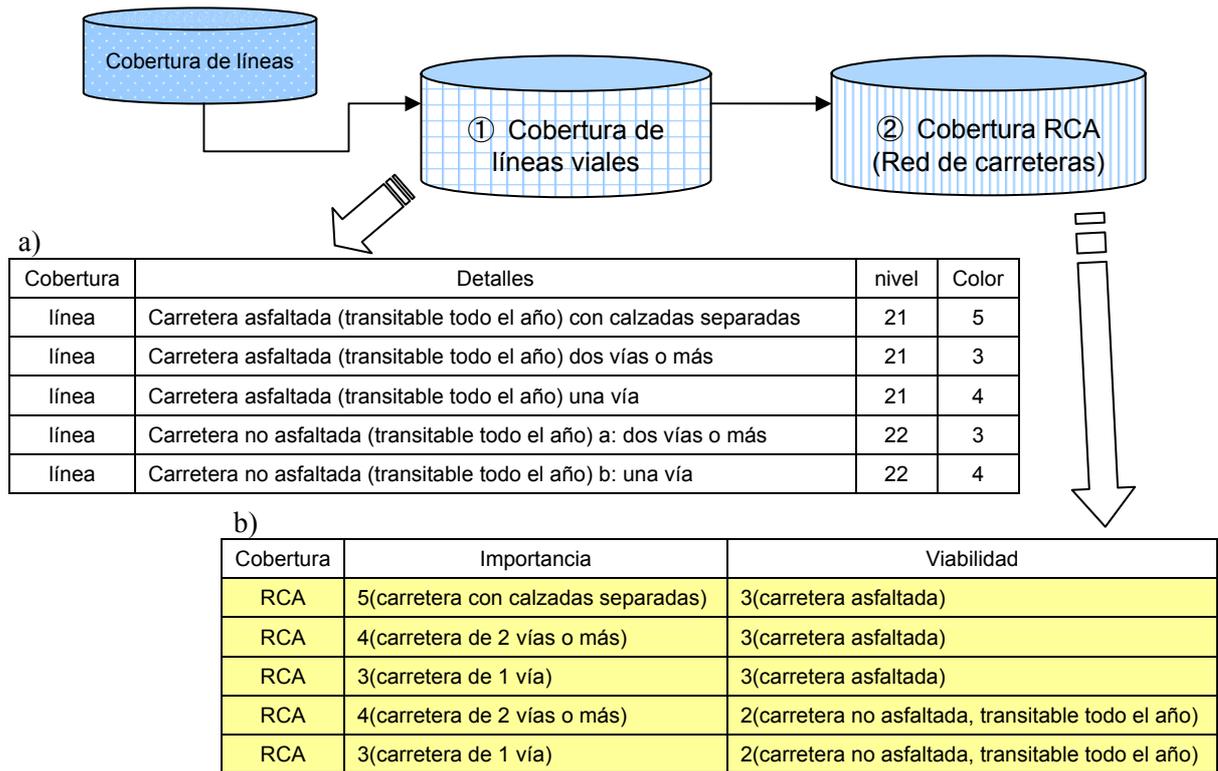


Figura 2.1-40 Flujo de exportación de datos a las especificaciones de PAABANC

**a) Extraer solamente las figuras relacionadas con las carreteras desde la Cobertura de líneas que contiene todos los accidentes lineales**

En la Cobertura de líneas, los datos de carreteras tienen niveles 21 y 22. Y se clasifica el tipo de carretera según su combinación con el valor de color. De la Cobertura de líneas, se extrajeron solamente los datos que tenían los valores de nivel y color señalados en la tabla (1), y se preparó una nueva Cobertura.

**b) Trasladar la Cobertura preparada en el proceso a) que contiene solamente los datos relacionados con las carreteras a las especificaciones de PAABANC**

A parte de los datos elaborados en a), se crea una Cobertura RCA vacía que tiene la estructura de datos de acuerdo con las especificaciones de PAABANC. En esta Cobertura vacía se copiaron los datos elaborados en el proceso a), con condición de que fuesen clasificados correspondientes a la combinación única de los valores de nivel y color. Por ejemplo, según la tabla a), la carretera asfaltada (transitable todo el año) con calzadas separadas tiene los valores de Nivel: 21 y Color: 5. Los eligen y copian los elementos de la misma combinación de valores. Almacenaron los datos copiados en la Cobertura vacía de RCA, y en la Cobertura RCA especificada por PAABANC estos elementos les dieron los valores de atributos de: Importancia: 5, Viabilidad: 3.

### 2.1.7 Preparación de datos para hojas cartográficas impresas (compilación digital)

Se convirtieron los datos de la información geoespacial básica en los datos para la impresión editados digitalmente y estructurados por AdobeIllustrator para reproducir la representación cartográfica apta como mapa topográfico. Este proceso se indica en el flujo de trabajo de la Figura 2.1-41 con los colores celeste y rosado.

#### (1) Conversión de formato de datos

Tras una serie de deliberaciones con el IGN se definieron las especificaciones para la impresión como el estilo, símbolos, tamaño, diseño y color de rotulaciones, representación topográfica (indicación de camino con doble línea, ferrocarriles, casas, etc.), grosor de línea, patrón, etc. Basándose en dicha definición, se intentó que los datos reprodujeran automáticamente áreas, líneas, puntos, símbolos y anotaciones cuando fueran convertidos en el formato AI.

Se automatizó principalmente por el programa, en concreto se dio la representación topográfica a las líneas, áreas, anotaciones y símbolos por medio de las modalidades indicadas a continuación.

#### (2) Reproducción de la representación topográfica

Para la elaboración de las hojas impresas de producción final, primero se imprimieron las hojas a utilizar para el trabajo de campo en el proceso de “la complementación de campo para la base datos de la información geoespacial básica”.

En estas hojas fueron imprimidos por el plotter con chorro de tinta los datos para la impresión, los cuales habían sido formados siguiendo los mismos procesos que la producción

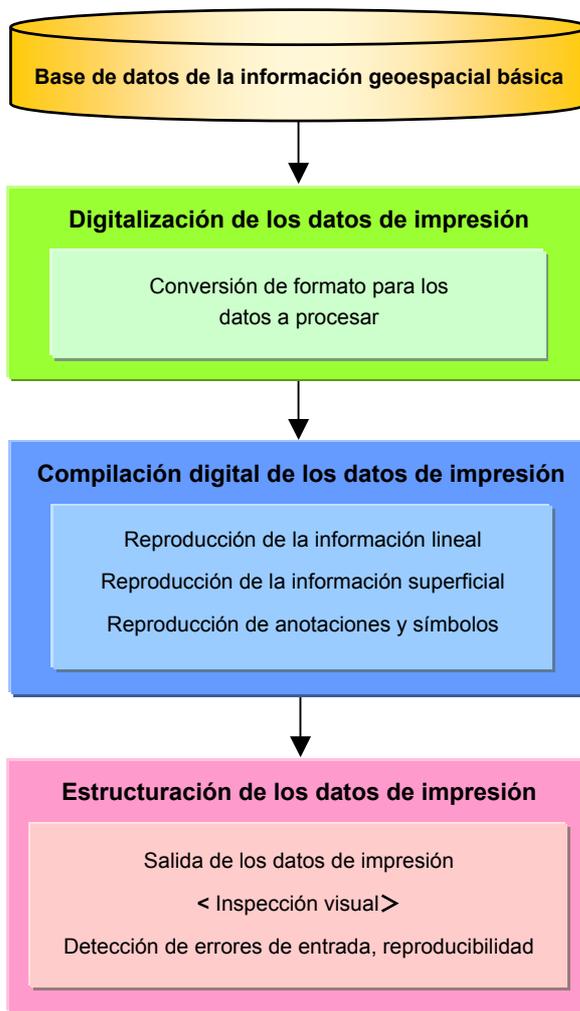


Figura 2.1-41 Flujo de datos

final. Como no estaban definidas las especificaciones para la impresión (el estilo, tamaño y color del tipo para las anotaciones, representación de accidentes, etc.), se crearon las especificaciones provisionales para las hojas de trabajo de campo con el objetivo de reproducir la representación cartográfica.

Los datos para la impresión convertidos desde la base de datos de la información geoespacial básica tienen dos formatos de archivo, que son archivos “AI” de áreas y líneas convertidas a través de ArcInfo y los archivos “EPS” de anotaciones y símbolos convertidos por MicroStation. Ambos formatos son editables en Illustrator.

La reproducción de colores sobre las hojas de trabajo de campo fue asignada por los colores de proceso CMYK, ya que los cuatro colores especiales (azul, sepia-rojo, verde, negro) de las tintas de impresión vigente no estaban definidas. Aunque actualmente en las hojas impresas la contraparte sólo utiliza el tramado de tonalidad de distinto porcentaje y no combina los colores, en las hojas de trabajo de campo se utilizó la combinación de colores, además de los colores distintos a las hojas impresas de producción, para realizar el trabajo de campo con mayor facilidad.

### **1) Reproducción de la información lineal**

Los datos de la información geoespacial básica convertidos en el formato AI por ArcInfo sólo se convierten en los editables con Illustrator, es decir no son datos que reproduzcan las especificaciones para la impresión como el grosor y estilo de la línea.

La reproducción de la información lineal empieza por juzgar qué accidente es representado por esta línea. El factor clave para identificar la clasificación de accidente es la combinación de nivel y color ingresados por MicroStation. En ArcInfo se mantienen estos niveles y colores como atributos lineales, sin embargo el formato AI no tiene disponibles los atributos ajustables con arbitrariedad. Por consiguiente con la conversión en el formato AI se hizo que los valores CMYK llevaran los valores de nivel y color.

Con Illustrator las líneas fueron clasificadas en capas de acuerdo con los valores CMYK, de modo que la clasificación de accidentes pudiera ser controlada por las capas. De esta forma se puede procesar fácilmente la interrupción en caso de sobreponerse las curvas de nivel, caminos, ríos, etc. Por otro lado, también es posible reproducir la información lineal por capa.

Illustrator dispone de la modalidad llamada “brush (cepillado)” para representar líneas aparte de asignar el grosor y el estilo de la línea. Por ejemplo, para reproducir el ferrocarril hay dos métodos; la combinación de las líneas continuadas y las discontinuas, y la aplicación del cepillado que represente la forma del ferrocarril. Sin embargo, si se traza el ferrocarril con los datos de la información geoespacial básica por cepillado, pueden deformarse los ticks cerca de los puntos de anclaje o perderse la equidistancia entre los ticks, por lo que no se reproducen las

líneas de acuerdo con la forma y tamaño de los ticks asignados. Por eso se tomó el método de combinar las líneas sin utilizar el cepillado para la representación lineal.

### a) Reproducción de las carreteras de doble línea

Se intentó representar en distintas capas los bordes exteriores y el relleno de las carreteras de doble línea, con el propósito de evitar que las carreteras de doble línea queden bloqueadas en las intersecciones por otras carreteras trazadas posteriormente, ya que las líneas que bordean las carreteras deben ser en blanco en las intersecciones. Para solucionar este problema primero se trazaron todos los bordes exteriores, sobre los cuales se colocó el relleno posteriormente.

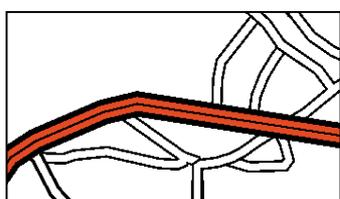


Figura 2.1-42 Carreteras bloqueadas por los bordes

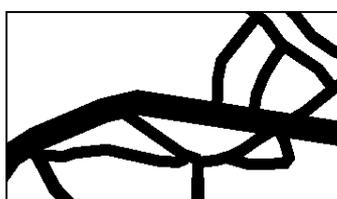


Figura 2.1-43 Trazar la parte correspondiente a los bordes

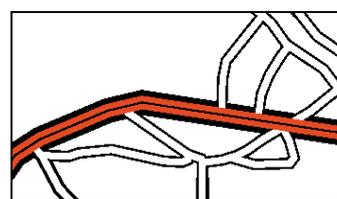


Figura 2.1-44 Trazar la parte correspondiente al relleno

### b) Reproducción del ferrocarril sencillo de trocha angosta

Los ticks del ferrocarril sencillo de trocha angosta se representan con las rayas de líneas discontinuas verticales a la línea central (líneas offset). Las longitudes interior y exterior de la línea se varían en la parte curva, por lo tanto debían ser ajustados los intervalos entre ticks de ambas líneas.(Figura 2.1-46)

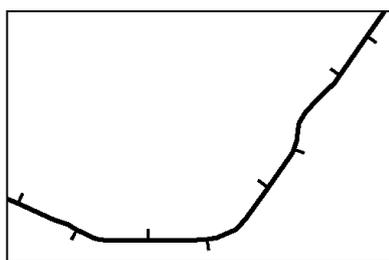


Figura 2.1-45 Ticks no ajustados en líneas paralelas

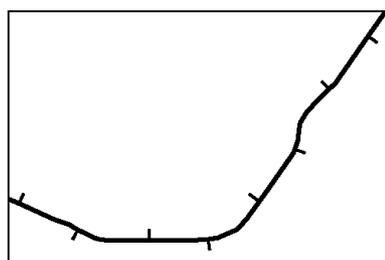
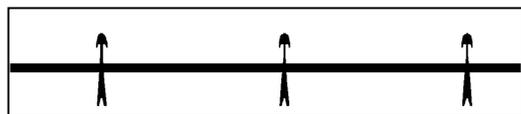


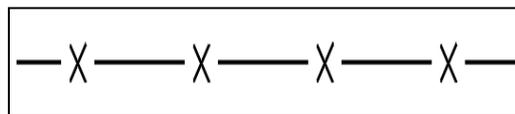
Figura 2.1-46 Ticks uniformes

### c) Reproducción del cable eléctrico de alta tensión, cerco y alambrada

Como no se pueden representar los símbolos que aparecen en los espacios entre rayas de línea discontinua, sólo se reprodujeron las líneas discontinuas para representar estos accidentes. No obstante en las hojas de producción final estos elementos saldrán mediante el formato EPS con MacroStation igual que la reproducción de anotaciones.



**Figura 2.1-47** Cable eléctrico de alta tensión



**Figura 2.1-48** Cerco y alambrada

## 2) Reproducción de la información superficial

Igual que la información lineal la información de área también se clasifica según capas para reproducir la información superficial por capa.

Sin embargo, la información superficial tiene distintos ítems clave para identificar el tipo de área, según si indica el uso de la tierra u otros elementos. El ítem clave para el área (otros elementos) es la combinación de nivel y color, igual que la información lineal, por otro lado para el área (uso de la tierra) se tomó como ítem clave el nombre de la celda, ya que no estaban ajustados como únicos ni el nivel ni el color. Los ítems clave se almacenan en el color del área, no-color de la línea.

Para las hojas de trabajo de campo se representaron las áreas con relleno en vez de patrones con el objeto de aclarar los límites de cada área. En las hojas impresas de producción final estas áreas deberán representarse por patrones. Una vez registrado el patrón, se puede realizar el proceso de representación por patrón con la misma operación que se aplica para el relleno con Illustrator. Los diseños de los patrones fueron determinados mediante las deliberaciones con los técnicos de la División de Cartografía del IGN.

Con respecto al área (otros), hay elementos que reproducen no sólo el relleno sino también los bordes del área, lo que merece ser tratado con especial atención.

## 3) Reproducción de las anotaciones y los símbolos

Los datos de anotaciones y símbolos son confeccionados en MicroStation y se utilizarán solo para la impresión sin convertirlos a la base de datos para el SIG. Por lo tanto, estos datos se importaron directamente de MicroStation a Illustrator. El formato para intercambiar los datos fue el formato EPS utilizando la función de impresora de MicroStation. Si se utiliza la función de impresora de MicroStation los datos de anotaciones quedan esbozados y no pueden tratarse como texto en Illustrator. Aunque es imposible corregir las anotaciones con Illustrator, el proceso de corrección de anotaciones se puede unificar en MicroStation, lo mismo que la fuente de datos. Por otro lado, al utilizar la función de impresora de MicroStation se permite reproducir fielmente las anotaciones, en concreto el estilo y tamaño de los tipos, ubicación y rotación de las rotulaciones, espaciado de las letras. Sin embargo, si estos elementos se producen en EPS a escala original de la impresión final las curvas no se representan suavizadas, por lo que los datos

se cuadruplicaron para la salida y se redujeron a 25% posteriormente con Illustrator.

En cuanto a las capas de anotaciones y símbolos, se clasificaron por color no por categoría, ya que Illustrator se hace cargo solamente de reproducir los colores indicados sin requerir los ajustes minuciosos según categoría. Por otro lado, no surgió la relatividad de las capas, es decir el orden inferior o superior de las capas, ya que nunca se sobreponen las anotaciones y los símbolos, con una excepción, que es el marco de la numeración de carreteras. Este símbolo debe ser trazado por debajo de la anotación, por lo que se guardó en una capa aparte.

Los archivos confeccionados en MicroStation por el formato EPS son cuatro, tres clasificados por color (azul, sepia-rojo, negro) y uno para los marcos de la numeración de carreteras. Estos cuatro archivos fueron importados en Illustrator, una capa por un archivo, y se ajustaron los colores. En ese momento hacía falta convertir el modo cromático de RGB a CMYK.

Con respecto a la modalidad de representación de las anotaciones lineales como de carreteras, ríos, ferrocarriles, etc., se utilizará tal como fue elaborada en MicroStation, por lo tanto estas anotaciones no bordean la forma de accidentes lineales como lo hacen en la metodología analógica sino que se giran por palabra.

El símbolo para el marco de la numeración de carreteras se traza con el borde negro y el relleno blanco, para eso es imprescindible que se forme una figura cerrada. Sin embargo los símbolos para los marcos, con la excepción de los marcos redondos, no estaban formados como figura cerrada, y como consecuencia, estos marcos debían ser sustituidos por alguna figura cerrada con Illustrator. De aquí en adelante hace falta corregir los datos de MicroStation de modo que los marcos figuren cerrados.

#### 4) Retos a superar

- \* Definir la relatividad de las capas

Con Illustrator se puede procesar con mayor facilidad la interrupción en caso de sobreponerse los elementos aprovechando la relatividad de las capas. Para eso hace falta definir la representación final de las hojas impresas.

- \* Preparación de la sobreimpresión

En la etapa de determinar las especificaciones para las hojas impresas de producción final la Misión de Estudio debe discutir con el IGN para decidir si se prepara la sobreimpresión de las líneas finas excepto de color negro, como los ríos de línea sencilla y las curvas de nivel, etc.

- \* Sobreposición de los polígonos



Figura 2.1-49 Ejemplo de la sobreimpresión

Hay casos de sobreponerse los polígonos de vegetación con los polígonos elaborados por los datos lineales, lo que requiere su corrección en la base de datos de la información geoespacial básica.

### (3) **Compilación digital suplementaria de datos para hojas cartográficas impresas**

#### 1) **Compilación digital complementaria sobre las anotaciones**

En cuanto a las anotaciones se pidió al IGN la comprobación del estilo y tamaño de los tipos dejándole prestadas las hojas impresas de trabajo preparadas por la Misión de Estudio. Se indicó que el tamaño parecía más grande en general sin importar los tipos.

El tamaño del tipo fue definido según el material de referencia que elaboró por el IGN, extrayendo todas las anotaciones de los elementos originales en negro de las hojas existentes, y fueron numeradas e ingresadas en un archivo Excel con sus respectivos código, estilo y tamaño del tipo. Por eso no pudo haber diferencia en el tamaño de tipo. No obstante tras estudios detallados se descubrió que la Misión de Estudio y el IGN cada uno utilizaron los parámetros distintos para la conversión de puntos a milímetros. Se imprimió una hoja muestra con la nueva tasa de conversión revisada y nuevamente se pidió al IGN su comprobación. Por otro lado, se hizo un listado de todos los tipos de anotaciones (Figura 2.1-50). Este listado fue elaborado utilizando MicroStation, por el cual saldrían las anotaciones en el proceso de impresión final de las hojas cartográficas, y de este modo se pudo obtener la imagen de la producción final impresa. Mediante este listado todos los tipos de las anotaciones fueron comprobados en cuanto a su estilo y tamaño y la Misión de Estudio y la contraparte llegaron a un acuerdo al respecto.

Code	Size(Pt)	Size(mm)	Font	Example
00100	18	3.55	Helvetica Bold Cond.	GUATEMALA
00200	12	2.88	Helvetica Bold Cond.	GUATEMALA
00300	12	2.88	Helvetica Bold Cond.	Guatemala
00400	12	2.88	Helvetica Medium Cond.	Guatemala
00600	18	2.72	Helvetica Medium Cond.	Guatemala
00606	8	1.33	Helvetica Light Cond.	Guatemala
00607	7	1.55	Helvetica Light Cond.	Guatemala
00800	18	2.72	Helvetica Light	Guatemala

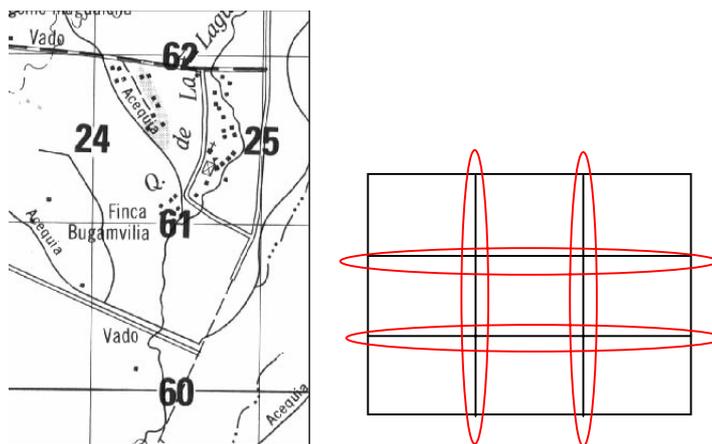
Figura 2.1-50 TEjemplo del listado de anotaciones

Paralelamente a la comprobación de estilo y tamaño de los tipos se solicitó a la contraparte la revisión y comprobación de errores de ortografía y disposición de las anotaciones.

Por otro lado, igual que las hojas existentes, en los mapas básicos nacionales de 1/50.000 representaron las cuadrículas a cada kilómetro y colocaron los valores de coordenadas sobre las cuadrículas ubicadas a las terceras partes de los ejes horizontal y vertical. (Figura 2.1-51). Sobre estos valores la Misión y la contraparte deliberaron y se pusieron de acuerdo en cuanto a su posicionamiento, estilo y tamaño del tipo de letra.

La modificación de tamaño y estilo del tipo de anotaciones se procesó por lote para todas las hojas con MicrostationJ, que es un equipo proporcionado para el Estudio.

Una vez modificado el tamaño del tipo de anotaciones surge la necesidad de verificar el posicionamiento de cada anotación. Porque con MicroStationJ el origen para colocar anotaciones está ajustado al centro de cada



**Figura 2.1-51** Valores de coordenadas a representar en la hoja impresa y su posición

anotación. La modificación de tamaño se realizó tomando el origen como el punto central, por lo tanto surgieron fenómenos problemáticos como la incoherencia de la relación de posiciones de las anotaciones en dos filas, sobreposición de anotaciones sobre accidentes, y sobreposición entre cuadrículas y sus valores, por lo que se hizo un proceso de reposicionar estas anotaciones debidamente. (Figura 2.1-52, Figura 2.1-53). Este proceso respetó el orden de posicionamiento definido por las especificaciones de NIMA. Al mismo tiempo todos los resultados de los trabajos encargados a la contraparte, en concreto la revisión ortográfica y la complementación de campo, quedaron reflejados en los datos.

En el proceso de la exportación de datos, se presentaba un problema de la falta de suavidad de las líneas y textos importados en AdobeIllustrator. En los trabajos de “Compilación digital de base de datos de información espacial básica“, los datos se exportaron de MicroStationJ a tamaño cuadruplicado y se importaron en AdobeIllustrator y después fueron reducidos de tamaño con el propósito de resolver el problema. Sin embargo durante el estudio de la cuarta fase se descubrió la verdadera causa de esta falta de suavidad de las líneas curvas y textos. Es que se exportaban los datos originales a una resolución baja.

Se pudo exportar los datos originales de las curvas y textos suavizados desde MicroStationJ sin cuadruplicación de tamaño a base de ajustar el parámetro de resolución con el archivo controlador de la salida que se utilizaba.

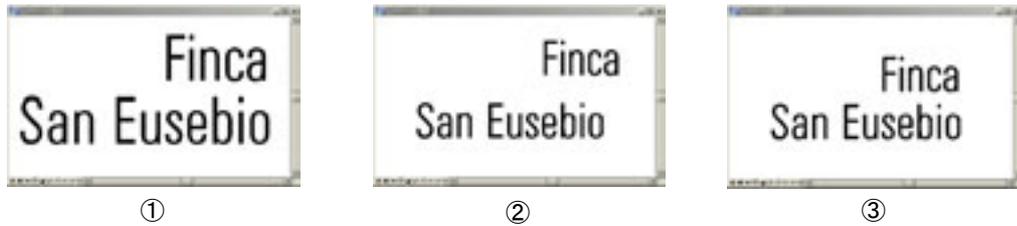


Figura 2.1-52 Ejemplo de una anotación reducida de tamaño y reposicionada

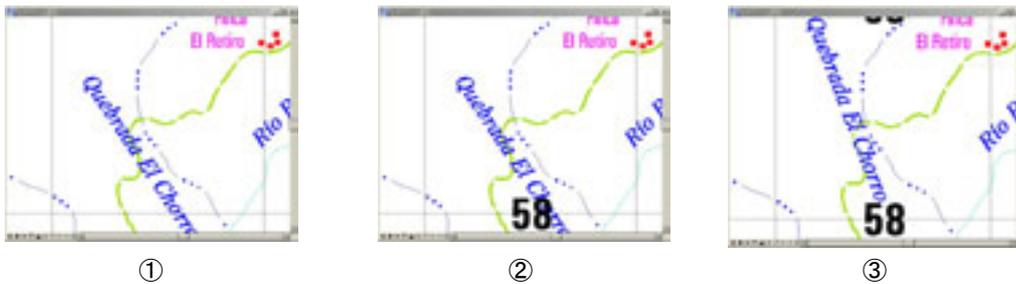


Figura 2.1-53 Ejemplo de una anotación reposicionada para evitar la sobreposición del valor de coordenadas

## 2) Compilación digital complementaria sobre los límites administrativos

En el trabajo de revisión de “Ortofotomapa-Compilación digital/ Estructuración“ se descubrió la incoherencia entre los datos de los límites administrativos entregados por el IGN y la topografía y accidentes corregidos de cambios temporales. Por consiguiente, en la cuarta fase de trabajo en Guatemala se solicitó al IGN rehacer los datos tras explicarle la situación.

Los datos entregados por el IGN sobre los límites administrativos estaban constituidos por los límites internacionales, departamentales y municipales.

La Misión de Estudio convirtió el archivo de datos de los límites administrativos nuevamente entregado por el IGN en el archivo de diseño reemplazando los datos de los límites administrativos de 74 hojas y ajustó su relatividad con la topografía y accidentes (Figura 2.1-54).

Sin embargo en cuanto a los límites municipales no todos están definidos en el territorio nacional, por lo tanto se decidió no representar los límites sino solamente los nombres

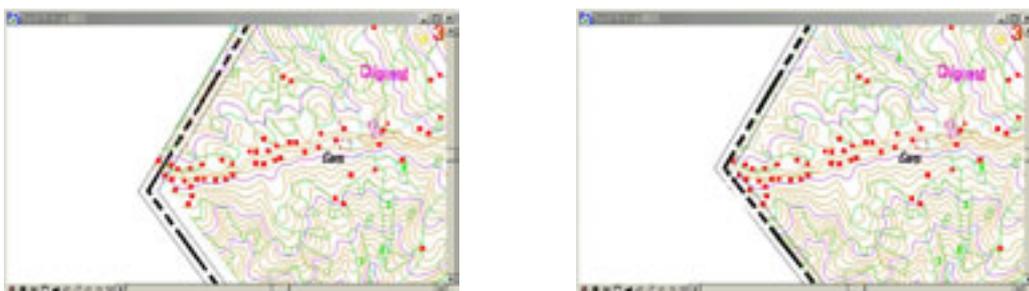


Figura 2.1-54 Límite internacional cuyo desfase está resuelto

administrativos municipales sobre las hojas impresas, y se representarán todas los límites administrativos en la base de datos para el SIG.

Por otro lado, con respecto a la eventual incoherencia con las anotaciones debido a esta modificación de los límites administrativos, se pudo resolver reposicionando las anotaciones.

### **3) Compilación digital complementaria sobre la topografía y accidentes**

Entre los datos de vegetación había algunos que “tenían la clasificación no entrada” o “equivocada” aunque la forma superficial por sí no era errónea, y otros necesitaban la restitución adicional por falta de líneas divisorias. Para los primeros, se tomó la contramedida a base de modificar y editar los atributos de los datos estructurados de la Cobertura (ArcInfo). Y para los segundos se realizó una restitución adicional con el instrumento de restitución digital formando un archivo de datos exclusivo de las partes agregadas. Además, igual que los procesos de “Compilación digital de base de datos de información espacial básica”, se exportaron los datos de MicroStationJ y se estructuraron nuevamente con ArcInfo. Y posteriormente se integraron los datos superficiales (uso de la tierra) hechos en “Compilación digital de base de datos de información espacial básica” con los datos agregados, lo que constituyó la fuente definitiva para el SIG y la impresión.

Después se convirtieron los datos de formato “Cobertura” de ArcInfo en el formato “AI” AdobeIllustrator para la impresión final. En casos de modificación de líneas divisorias, como arriba mencionados, se adquirieron los datos lineales con el instrumento de restitución digital. Y además con MicroStationJ editaron los datos digitalmente para evitar la discrepancia con las áreas circundantes y se corrigió la figura superficial con ArcInfo. Del mismo modo la corrección de simple modificación de atributos se hizo directamente con ArcInfo, ya que para esto no hacía falta adquirir nuevos datos lineales de las líneas divisorias, etc.

En cuanto a estas correcciones de accidentes lineales como límites, carreteras y drenaje, se formaron primero los estereomodelos con el instrumento de restitución digital VirtuoZo y se restituyeron digitalmente.

En los procesos de corrección de cambios temporales de este Proyecto, se realizó la triangulación aérea, no la orientación de hojas por modelo. Aprovechando los resultados del cálculo de compensación de la triangulación para la orientación, se consiguió una restitución digital adicional eficientemente.

Sobre la corrección de los accidentes representados por los símbolos, como edificio, etc., agregaron, eliminaron y movieron algunos símbolos con MicroStationJ de acuerdo con los resultados del trabajo de campo realizado por el IGN.

#### **4) Compilación digital complementaria sobre los atributos viales**

En cuanto a la categoría de los caminos se ingresaron los datos de acuerdo con el material de referencia entregado por el IGN. (una hoja de los elementos originales en negro con principales carreteras marcadas y numeradas, y un archivo Excel que tiene entrados datos de los caminos con su respectiva categoría). Sin embargo se detectaron algunos casos cuyos atributos de categoría claramente incoherentes cotejando con las aerofotografías de 1/40.000 y los resultados del trabajo de campo. Por tanto se solicitó al IGN realizar nuevamente el estudio sobre los atributos viales. La Misión de Estudio modificó los atributos viales en base a la información nueva proporcionada por la contraparte.

Paralelamente surgió la necesidad de modificar los atributos viales detectados durante el trabajo de campo y de restituir adicionalmente de acuerdo con los resultados del trabajo de revisión de las hojas de salida. Después de adquirir estos datos a través del instrumento de restitución digital y MicroStationJ, estructuraron con ArcInfo y integraron con los datos generales elaborados en el proceso del 3r trabajo en Japón (2002).

#### **(4) Revisión y control de precisión**

Se revisó cada hoja los atributos y posicionamiento de las anotaciones, la continuidad de los datos lineales, la composición de las capas, etc. Los resultados de estas revisiones se ordenaron en la tabla del control de precisión y repitieron los procesos de restitución y compilación en caso necesario

#### **(5) Producción de películas positivas para la placa de impresión y elaboración de CD-ROM**

##### **1) Salida de datos para la impresión**

###### **① Salida de datos para la impresión e inspección visual**

Se imprimieron los datos en colores para revisar visualmente que éstos cumplen con las especificaciones, y se hizo también la inspección sobre la pantalla.

En cuanto a la inspección visual los datos se cotejan con las hojas de salida provisional de la base de datos de la información geoespacial básica para comprobar que los detalles de la base de datos quedan fielmente reflejados y los dibujos salen nítidamente, al mismo tiempo se revisa que los datos están reproducidos de acuerdo con las especificaciones.

En cuanto a la inspección sobre la pantalla se comprueban colores, grosor de líneas, procesamiento de corrección de los datos duplicados. Se reiteró la inspección hasta que se consiguieran los datos perfectos.

② Producción de las películas positivas e inspección

Se convirtieron los datos completos en el formato EPS para producir películas positivas, y se ajustó el dispositivo de salida “Image Setter” con la resolución: 2.400dpi y las líneas: 175. Según colores se produjeron películas positivas y cada hoja cartográfica tenían 4 colores.

Se realizó una inspección visual de todas las películas positivas por color y hoja para verificar el contenido y revisar que todos los datos salían en las películas sin omisión. Así salieron los productos finales.

## 2) Elaboración de CR-ROM

La base de datos de la información geoespacial básica, etc., de todas las hojas cartográficas se almacenaron comprimidos en CD-ROM. Los formatos estándar de almacenamiento fueron los siguientes.

- Formato de datos de la información geoespacial básica :ZIP autodescongelación (archivo: Micro Station dgn)
- Formato de datos del SIG : ZIP autodescongelación (archivo: Arc/Info coverage)
- Formato de datos para la impresión : ZIP autodescongelación (archivo: Adobe Illustrator ai)
- Formato de almacenamiento : CD-ROM (CD-R)

## **2.2 Producción de ortofotomapas de 1:10.000**

### **2.2.1 Levantamiento de puntos de fotocontrol (cooperación técnica del IGN)**

Este trabajo establece los puntos de control y las coordenadas XY como los puntos de control, valores de altitud que se utilizarán posteriormente en la triangulación aérea automática. Para las normas del trabajo y la exactitud exigida se adoptaron las determinadas en “Deliberaciones sobre las especificaciones para el SIG , etc.”.

Los puntos de control establecidos para la referencia de la posición horizontal y vertical.

- Puntos de control : G = 25 puntos (planificados = 20 puntos)
- Pinchado de puntos triangulación existentes : 7 puntos (planificados = 10 puntos)
- Marcas de nivelación por GPS : L = 34 puntos (planificados = 25 puntos aprox.)
- Pinchado de marcas de nivelación existentes : 184 puntos (planificados = 175 puntos aprox.)

Como este trabajo se realiza por la cooperación técnica del IGN, previamente se dieron instrucciones detalladas a la contraparte, sobre todo se daba la máxima atención al control de programa y control de precisión.

Por otro lado, en cuanto al levantamiento de los puntos de control que sería un proceso previo a la preparación de ortofotomapas a 1/10.000, se consideró sumamente importante el trabajo conjunto realizado con IGN con tres supervisores de levantamiento enviados de la Misión de Estudio desde punto de vista de la transferencia tecnológica.

Durante dos meses de trabajo en Guatemala se transfirió la tecnología sobre la recolección de información, planificación, ejecución de levantamiento, análisis de datos, cómputo de datos, por cada proceso con su totalidad a través de entrenamiento en la obra o clases.

#### **(1) Deliberación sobre la política de preparación : Estudio de condiciones reales**

Se definió que las normas de levantamiento, principios de trabajos y la descripción de mapa a indicar en el ortofotomapa de 1/10.000 impreso se basan en los criterios de trabajos de preparación de mapas básicos de todo el territorio nacional a 1/50.000.

Se hicieron deliberaciones y se tomó una decisión entre la Misión de Estudio y el Gobierno de Guatemala con respecto al manual de símbolos digital. Para las especificaciones sobre el ortofotomapa (recuadro de hojas, información marginal, etc.) también se hicieron deliberaciones y se tomaron decisiones.

La Misión de Estudio recopiló y clasificó la información nuevamente en adición a la conseguida en los trabajos preparatorios en Japón y 1r estudio en Guatemala (2000) acerca de los datos de puntos de control terrestre, marcas de nivelación, croquis, mapa de redes, etc. y se volvió a revisar el plan de levantamiento.

## **(2) Control de riesgo**

### **1) Deliberación y comunicación con los organismos relacionados, la oficina de JICA y la Embajada acerca de las medidas de seguridad.**

Antes de iniciar el Estudio, la Misión se informó de que la situación de seguridad no estaba buena a través de la oficina de JICA y la Embajada en Guatemala. Los miembros de la Misión trataron de comportarse tomando en cuenta esta situación y la Misión la hizo llegar a conocimiento de la contraparte.

La Misión formó una red de comunicación en casos de emergencia y aclaró la forma de comunicarse con los miembros presentes en la Ciudad de Guatemala. Por otro lado semanalmente elaboraba el itinerario para los trabajos de campo, para que se aclaren la forma de comunicación y ubicación de los miembros que trabajaban en zonas rurales. De esta forma la Sede de la Misión pudo controlar adecuadamente el programa de trabajo.

Esta serie de información fue reportada semanalmente ante la oficina de JICA y la Embajada junto con la información sobre el avance de trabajo.

Por otro lado la oficina de JICA emitió una orden de reforzar las medidas de seguridad el 14 de febrero.

En respuesta a esto la Misión solicitó a IGN su colaboración en el reforzamiento de las medidas de seguridad, lo que fue aceptado por IGN de buena voluntad. Concretamente estas medidas fueron; cambiar los sitios de trabajo de la zona considerada muy peligrosa (Departamento de Totonicapán), con la colaboración de IGN formar dos grupos de reforzamiento de seguridad (8 funcionarios de IGN) que fueron enviados a los sitios de trabajo previamente a la llegada de los grupos de estudio.

### **2) Formación de grupos de reforzamiento**

La función que asumen los grupos de reforzamiento fue llegar al lugar de trabajo antes de que llegaran los grupos de estudio para conocer la situación de seguridad de las áreas de estudio y escoltarlos.

De hecho los grupos de reforzamiento lograron informarse detalladamente de la situación de seguridad preguntando a la policía local, ayuntamiento, tiendas comerciales, gasolineras y vecinos justo antes del ingreso de los grupos de estudio en las áreas objeto de estudio. La

información recabada se transmitió a los grupos de estudio en el alojamiento, de esta forma los grupos de estudio pudieron conocer la situación de seguridad de la zona en cuestión.

A la hora de realizar los trabajos de campo se mantuvieron comunicaciones muy fluidas entre los grupos de reforzamiento y los grupos de estudio mediante los aparatos de telecomunicación como transceptores portátiles, teléfonos celulares, etc. para intercambiar la última información. Y por consiguiente los grupos de la Misión pudieron realizar su trabajo a salvo.

### **3) Asegurar los medios de comunicación**

En la República de Guatemala las redes de telefonía móvil están bien desarrolladas a lo largo de las carreteras principales. Para hacer más fluido el proceso de observación por GPS se entregaron a los grupos de estudio un total de cuatro unidades de telecomunicaciones, son 2 teléfonos celulares y 2 unidades de telefonía satelital. Esto les permitió establecer comunicaciones entre sí para hablar de las mediciones y traslado, y se aseguró el sistema de comunicación con la Sede de la Misión para la urgencia. Y como consecuencia los trabajos fueron llevados a cabo con seguridad y fluidez.

### **(3) Preparativos de los trabajos de levantamiento**

#### **1) Ajuste de equipos**

Los equipos utilizados en este Estudio fueron los siguientes;

- Receptor de GPS Trimble 4000SSE,Ssi (doble frecuencia) : 4 unidades
- Estación Total Topcon GTS-3 : 1 unidad
- Nikon Autonivel AE-5 : 4 unidades

Previo a los trabajos se revisaron todos los equipos y se reconfirmó el contenido que se había ajustado antes de la salida de Japón.

#### **2) Preparación de mapa topográfico (1/50,000)**

Antes de iniciar los trabajos de campo se marcaron todas las estaciones a levantar, es decir los puntos de control y fotocontrol, en las 74 hojas de mapa topográfico (1/50.000) que cubren las áreas objetivo del Proyecto. Del mismo modo se marcó la red de todos los bancos de nivel en las hojas. Por medio de estos preparativos se logró realizar todos los estudios preliminares, sobre las rutas de acceso a los puntos de control, etc. de forma muy adecuada.

#### **3) Preparación de descripción de los bancos de nivel**

Cada equipo de estudio llevaba al campo las descripciones que señalaban datos importantes

como forma y posición de los bancos de nivel, etc.

#### **4) Composición de miembros**

En los trabajos de levantamiento participó también el personal de IGN colaborando con la Misión, y la composición de los equipos de estudio fue;

- Supervisores de levantamiento (miembros de la Misión de JICA) : 3
- Técnicos de levantamiento (IGN) : 8

#### **(4) Trabajos de levantamiento**

##### **1) Levantamiento de los puntos de control (observación estática por GPS)**

Al principio estaba previsto levantar los puntos de fotocontrol, sin embargo de acuerdo con la solicitud de IGN se decidió elevar el orden de los puntos a levantar a los de control terrestre, lógicamente se debía aumentar la exactitud de observación.

Se levantaron los puntos de control utilizando SIG, y de ahí se formaron áreas de triangulación y se crearon 25 nuevos puntos de control. Como los puntos conocidos se dieron 8 puntos fijos de control terrestre de la República de Guatemala. La observación fue realizada siguiendo las normas de levantamiento definidas en “Deliberaciones sobre las especificaciones para el SIG , etc.”. Los gráficos de observación se indican en la Figura 2.2-1.

Los detalles que contenían los trabajos fueron los siguientes;

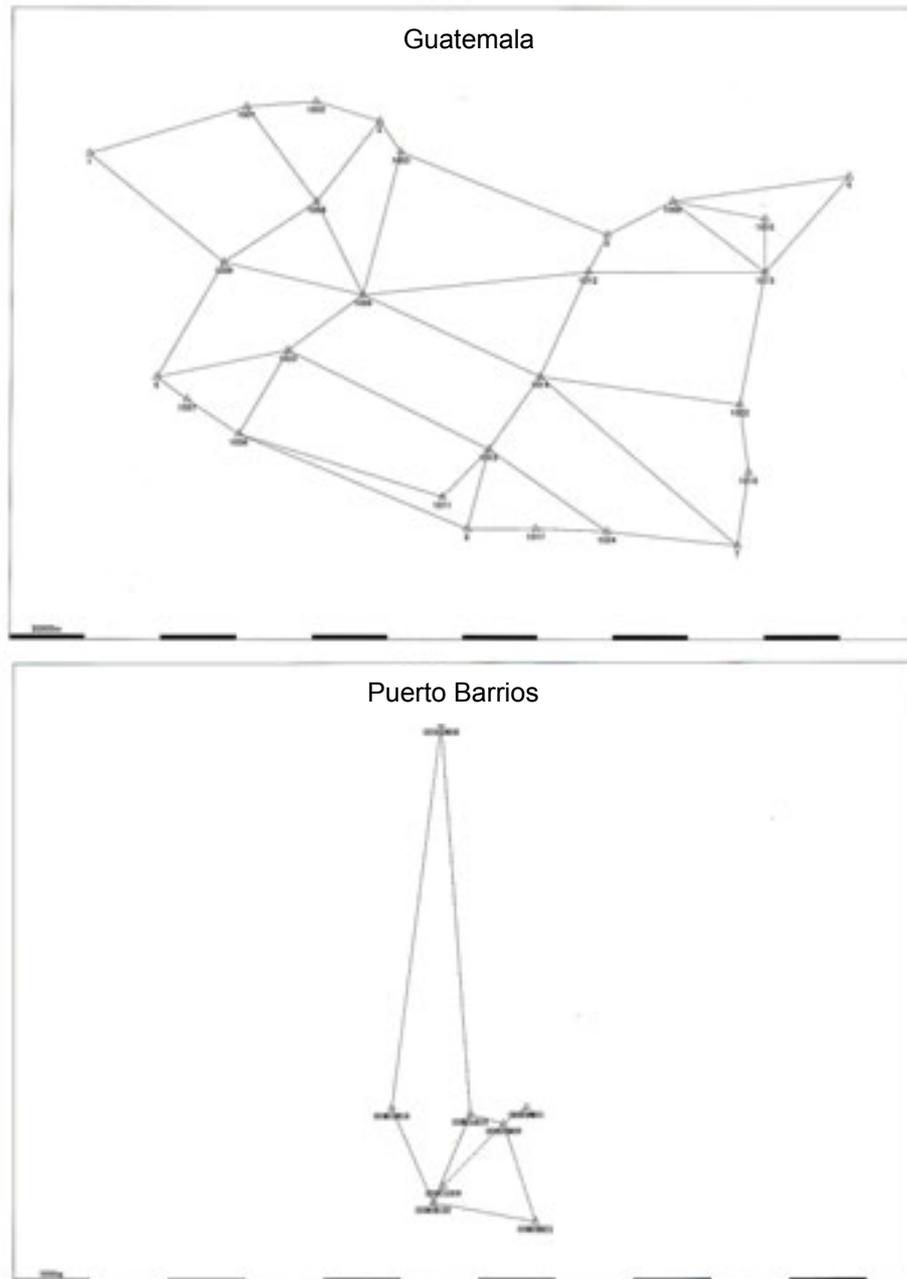


Figura 2.2-1 Levantamiento de los puntos de control

#### a) Reconocimiento para seleccionar los puntos

Para seleccionar los puntos se tomaron en cuenta la interferencia, visibilidad aérea, y la distribución de los puntos para facilitar el cómputo de ajuste. El supervisor de cada equipo de estudio se encargó de seleccionar y chequear los puntos a recuperar en base al plan de levantamiento de los puntos de control.

Para posicionar los puntos de triangulación existentes y los nuevos puntos de control, es muy importante elegir la mejor posición en el lugar de trabajo para poder pincharlos con

facilidad en las aerofotografías. Los miembros de la Misión junto con los técnicos de IGN seleccionaron las posiciones seguras como los puntos de control deben tener.

Además los puntos de control seleccionados fueron monumentados con fichas metálicas.

Cada uno de los punto de control seleccionados fue pinchado sobre un par de estereofotografías aéreas, y al mismo tiempo se elaboró una descripción para cada uno de los puntos con la siguiente información.

- Nombre del punto de control
- Nombre del supervisor de levantamiento
- Fecha de establecimiento
- Plano de ubicación del punto de control
- Dos fotografías terrestres digitales que contienen el punto de control
- Perfil del punto de control
- Código del par de estereofotografías, código del curso de vuelo

#### **b) Observación**

Las observaciones se realizaron básicamente mediante un receptor de doble frecuencias, con más de 1 sesión (1 sesión son observaciones de 2 horas (con intervalo de 15 segundos). En caso de hacer el punto excéntrico, se establecieron las marcas de acimut por GPS según necesidad. (La marca de acimut se colocó sólo un punto de EL SITIO) En este caso, las observaciones se hicieron con más de 1 sesión (1 sesión son observaciones de 1 hora (con intervalo de 15 segundos).

Antes de iniciar las observaciones por GPS se planificó un plan de redes de observación. Como los equipos de estudios tuvieron que realizar sus tareas de forma independiente se fijó de antemano el horario de cada jornada para mantener concordancia de sesiones de observación. En base a la información satelital conseguida en Guatemala se determinaron observaciones en 2 sesiones por cada jornada de las 8:30 a las 16:30.

La Misión entregó el plan de trabajo semanal, mediante el cual los equipos pudieron enterarse mutuamente de los puntos de observación de otros equipos y asegurar el tiempo de observación sobrepuesto de forma casi perfecta.

Al realizar observaciones se especificó lo siguiente en las hojas de observación por SIG.

- Indicación del punto
- Tipo de antena de SIG
- Altura de antena
- Bosquejo del punto
- Hora inicial y final de observación

#### **c) Análisis de líneas base**

Se realizó el proceso de análisis de líneas base por GPS todos los días para determinar

la longitud de las líneas base y comprobar que el error de cierre del circuito vectorial esté dentro de la tolerancia de exactitud.

El análisis fue llevado a cabo siguiendo el proceso indicado a continuación.

- Se ejecutó el cálculo vectorial por GPS sobre el nivel del plano de referencia de WGS84.
- Para comprobar que todos los datos de observación, incluyendo la altura de antena, ingresaban correctamente, se revisaron estos datos cotejando con el registro de levantamiento en el campo.
- Antes de realizar el cómputo de ajuste se borraron los datos anormales y los datos defectuosos por error del ciclo, etc.
- Utilizando las efemérides transmitidas se analizaron los datos de las líneas base y se estructuró una red de líneas base provisional.
- Se revisaron los valores de RMS calculados por los vectores de las líneas base.
- Para que los resultados de cómputo no fueran influenciados por los errores sistemáticos se fijaron las coordenadas de los puntos de triangulación existentes en la etapa del análisis de las líneas base.
- Formó una red global con varias redes poligonales para analizar los resultados del error de cierre del circuito vectorial. En cuanto a las líneas base duplicadas se compararon las diferencias de valores de X,Y,Z. En todos los circuitos el error de cierre del circuito se encontró dentro de la tolerancia de exactitud predeterminada, es decir menos de  $45\text{mm}\sqrt{N}$ . ( N es número de lados)

#### d) Cálculo de ajuste

Después de concluir las observaciones por GPS y el análisis de las líneas base, las áreas de estudio se integraron en una red común (excepto Puerto Barrios) para ejecutar análisis y cómputo de ajuste de los datos obtenidos y se determinaron las coordenadas y elevación de cada punto de control. Para este proceso de cómputo se utilizó “TRIMNET”.

Los resultados de análisis son los siguientes; el máximo error es

en la zona de Guatemala  $\Delta B(X)=24\text{mm}$ ,  $\Delta L(Y)=29\text{mm}$ ,  $\Delta H=200\text{mm}$ ,

en la zona de Puerto Barrios  $\Delta B(X)=3\text{mm}$ ,  $\Delta L(Y)=4\text{mm}$ ,  $\Delta H=18\text{mm}$ ,

que estaban dentro del valor límite de la exactitud horizontal y vertical de 150mm, 300mm respectivamente. Para la determinación de la altitud de puntos de control, se utilizó un programa de interpolación. Sin embargo, si los puntos de control están cerca de la ruta de nivelación, y se definió la altitud por la nivelación diferencial partiéndose de los bancos de nivel.

En esta fase la elevación de 13 puntos fue determinada por la nivelación diferencial y de 12 puntos por cálculos.

**e) Clasificación de datos, etc**

Se resumieron las coordenadas, altitudes de los puntos de control definidos mediante un cálculo de ajuste y se ordenaron los datos. Se preparó una tabla de control de precisión.

**f) Transferencia tecnológica**

Utilizando un software analítico y los datos adquiridos en el campo se realizó una transferencia tecnológica a 4 técnicos de IGN sobre la descarga de los datos de observación por GPS, procesamiento analítico y cálculos de ajuste, etc.

**2) Pinchado de puntos fijos de nivelación existentes**

En Guatemala se ha creado una red de ruta de nivelación actual que alcanza unos 700 km en el área de aerofotografías de 1/20.000 a tomarse. Los encargados pincharon 184 puntos de nivelación (cada 4 km aprox.) a lo largo de las rutas de nivelación existentes. Los miembros de la Misión, junto con los técnicos de IGN seleccionan los lugares fácilmente identificables en las fotografías aéreas para pinchar puntos, y mediante la nivelación diferencial se midió la diferencia de altitud entre los puntos pinchados y los bancos de nivel.

El contenido del trabajo se describe a continuación.

**a) Selección de puntos**

Se confirmó la posición y estado actual de las puntos fijos de nivelación actuales, que serán puntos conocidos, utilizando la información y documentos recolectados y clasificados (descripción de punto, mapa de red)

**b) Observación**

La observación de la nivelación se hizo por método de ida y regreso de acuerdo con las normas de levantamiento definidas en “Deliberación sobre criterios de preparación de mapa ortofotográfico”, y al mismo tiempo se pincharon puntos sobre fotografías aéreas en el campo.

**c) Comprobación**

Se comprobó la discrepancia de ida y regreso obtenida por el cálculo local. En todas las observaciones los datos obtenidos cumplieron con el valor de límite  $20\sqrt{S}$  (S=distancia km)

**d) Clasificación de datos, etc.**

Los valores de altitud definidos se ordenaron en las aerofotografías con puntos pinchados. Además se clasificaron las libretas de campo y otros datos.

**3) Nivelación por GPS (observación estática de GPS simplificada)**

Se nivelaron por GPS las rutas de unos 100km donde todavía no se han establecido puntos fijos de nivelación con intervalo de 4 km entre puntos. Este proceso de nivelación se realizó

utilizando GPS formando rutas poligonales y se fijaron 34 nuevas marcas de nivel por GPS. Como puntos conocidos se utilizaron los puntos de orden superior a los puntos de control terrestre conseguidos por la nivelación diferencial. La observación se ejecutó siguiendo las normas de trabajo definidas en “Deliberaciones sobre especificaciones de SIG , etc.”.

Los gráficos de observación por GPS se señalan en la Figura 2.2-2

El contenido del trabajo se describe a continuación.

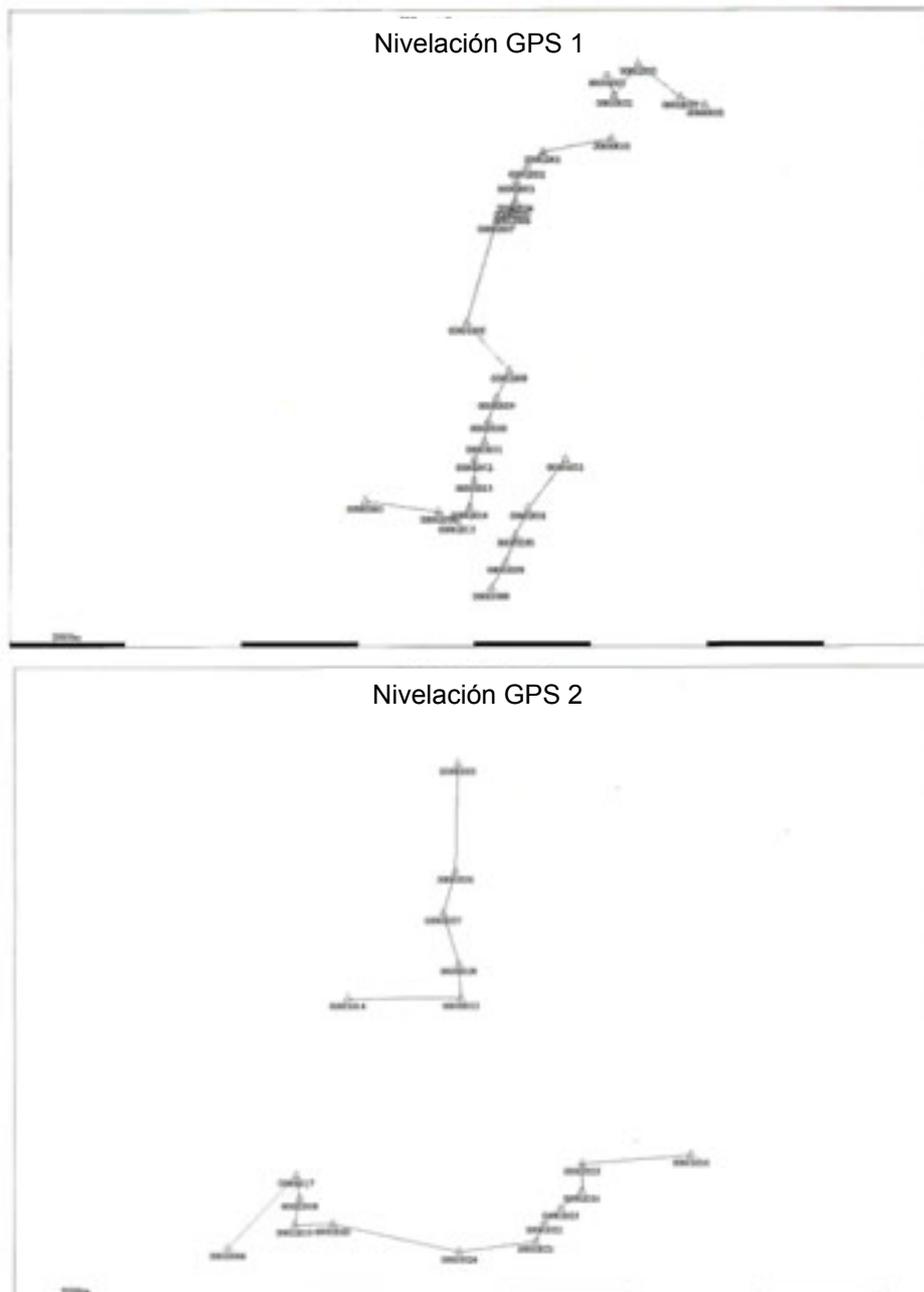


Figura 2.2-2 Observación de nivelación por GPS

### **a) Selección de puntos**

Para seleccionar los puntos se tomaron en cuenta la interferencia, visibilidad aérea, y la distribución de los puntos para facilitar el cómputo de ajuste. El supervisor de cada equipo de estudio se encargó de seleccionar y chequear los puntos a recuperar en base al plan de levantamiento de los puntos de fotocontrol.

Los miembros encargados de la Misión junto con los técnicos de IGN seleccionaron las posiciones seguras como deben tener los puntos de fijos de nivelación por GPS.

Además los puntos de control seleccionados fueron monumentados con fichas metálicas.

Cada uno de los puntos de control seleccionados fue pinchado sobre un par de estereofotografías aéreas, y al mismo tiempo se elaboró una descripción para cada uno de los puntos con la siguiente información.

- Nombre del punto de nivelación
- Nombre del supervisor de levantamiento
- Fecha de establecimiento
- Plano de ubicación del punto de nivelación
- Dos fotografías terrestres digitales que contienen el punto de nivelación
- Perfil del punto de nivelación
- Código del par de estereofotografías, código del curso de vuelo

### **b) Observación**

Las observaciones se realizaron básicamente mediante un receptor de doble frecuencias, con más de 1 sesión (1 sesión son observaciones de 1 hora (con intervalo de 15 segundos). Antes de iniciar las observaciones por GPS se planificó un plan de redes de observación. Como los equipos de estudios tuvieron que realizar sus tareas de forma independiente se fijó de antemano el horario de cada jornada para mantener la concordancia de sesiones de observación. En base a la información satelital conseguida en Guatemala se determinaron observaciones en 3 sesiones por cada jornada de las 8:30 a las 16:30.

Al realizar observaciones se especificó lo siguiente en las hojas de observación por SIG.

- Indicación del punto
- Tipo de antena de GPS
- Altura de antena
- Bosquejo del punto
- Hora inicial y final de observación

**c) Análisis de líneas base**

Se realizó el análisis de líneas base con los datos obtenidos en la observación y se determinaron los vectores de línea base entre las estaciones observadas, además se determinaron también la altura específica y las coordenadas de X, Y entre las estaciones medidas. La metodología de análisis siguió la de levantamiento de puntos de control.

**d) Comprobación**

Como la ruta de nivelación por GPS es poligonal se comprobó el error de cierre vectorial, etc. En todos los circuitos el error de cierre del circuito se encontró dentro de la tolerancia de exactitud predeterminada, es decir menos de  $45\text{mm}\sqrt{N}$ . ( N es número de lados).

**e) Clasificación de datos, etc.**

Se hizo un cálculo de promedio como distribución de error de cierre y se determinaron los valores de elevación de las marcas de nivelación por GPS. Estos valores de altitud se ordenaron en las aerofotografías pinchadas. Además, se clasificaron los datos y se preparó un cuadro de control de precisión.

## 2.2.2 Preparación de ortofotomapas

### (1) Ortofotomapas – Escaneo de los negativos de aerofotografías

Antes del escaneo de película de fotos aéreas para adquirir datos, se escanearon de forma provisional datos de tipografías típicas, como área poblada, pastizal, zona montañosa, tierra descubierta, etc. y se extrajeron muestras para recoger los valores de luminosidad, contraste, etc. Los datos se adquirieron con la resolución de 1 pixel:20  $\mu$  m, la escala de 256 grises. Y aparte de los archivos para trabajo se almacenaron imágenes originales en formato TIFF de uso múltiple como archivos de respaldo.

Después de escaneo, se realizó un proceso de control de precisión por cada foto sobre los siguientes ítems, cuyos resultados se verificaron que no se causaría ningún inconveniente en los procesos posteriores.

- Luminosidad
- Resolución
- Claroscuro (contraste)
- Ruido (defecto o quebrado)
- Proceso de normalización (corrección de errores mecánicos)
- Área de adquisición de datos (¿ están incluidas las marcas de referencia o no?)
- Posibilidad de observar las marcas de referencia (¿son observables o no?)
- Giro de imagen
- Formato (TIFF, no comprimido, escala de 256 grises)
- Nombre de archivo (¿los datos corresponden al nombre del archivo?)

### (2) Ortofotomapas – Triangulación aérea automática

La triangulación aérea permite obtener resultados estables gracias a la observación automática con numerosos puntos de cierre. Se aplicó este proceso a 649 fotos en la zona occidental, 1.070 en la zona centro y 18 en la zona oriental por el método de ajuste atado. El proceso fue realizado por procesamiento por lotes con el objetivo de mejorar la eficiencia de trabajo a base de utilizar un procesamiento automático en gran parte. A continuación se presenta el proceso paso por paso.

- ① Confirmación de puntos de control terrestre : Se confirmaron puntos de control terrestre uno por uno sobre imágenes. Y se escanearon nuevamente los puntos de control terrestre de ubicación ambigua por falta de calidad de imagen, con el objetivo de mantener un buen nivel de precisión.

- ② Preparación de datos iniciales : Previamente se analizaron datos de GPS aeronáutico para obtener los valores aproximados de XYZ de cada punto de toma de fotografías. Al ingresar estos valores en los instrumentos de restitución digitales se consiguió reducir drásticamente el volumen de cómputo en los procesos posteriores.
- ③ Orientación interior : Se midieron automáticamente las marcas de referencia en las aerofotografías y se calcularon las coordenadas de la localización del punto principal, la tasa de ampliación-reducción y el giro.
- ④ Medición de puntos de cierre : Utilizando las fotografías con orientación interior aplicada y los datos iniciales adquiridos por el análisis de los datos de GPS se definieron los puntos de cierre, que son idénticos en las fotos adyacentes, y se midieron y se registraron los valores de las coordenadas de estos puntos de cierre. En cuanto a los bosques, etc. donde la posibilidad de éxito en la automatización podría reducirse según el área, se realizó adicionalmente la estereoscopia por los operadores, en forma no automática.
- ⑤ Medición de puntos de fotocontrol : Como es difícil automatizar el proceso de la extracción de los puntos de fotocontrol instalados en el trabajo del primer año, se realizó la medición de éstos mediante la estereoscopia por los operadores con los instrumentos de restitución digitales.
- ⑥ Cálculo de ajuste : Tomando como base los datos de las coordenadas UTM de los puntos de fotocontrol y utilizando los datos de las coordenadas fotográficas de los puntos de cierre y de fotocontrol medidas por los instrumentos de restitución digital, se calcularon la posición exacta e inclinación de la toma de fotografía, valores de coordenadas UTM de los puntos de cierre, con un programa de triangulación aérea por ajuste atado. Los datos obtenidos de la triangulación aérea sustituyeron los elementos de orientación exterior, de ahí se construyeron directamente estereomodelos.
- ⑦ Ordenación de datos, etc.: Después de revisar los cálculos de ajuste, se imprimieron y ordenaron los resultados finales y paralelamente se elaboró una tabla de control de precisión.

Después de completar la triangulación aérea se realizó un proceso de control de precisión por bloque, cuyos resultados verificaron que no se causaría ningún inconveniente en los procesos posteriores.

- Número de puntos de control horizontal
- Número de puntos de control vertical
- Número de puntos de control horizontal eliminados
- Número de puntos de control vertical eliminados
- Errores residuales de las posiciones horizontales de los puntos de control (valor de

desviación estándar, valor máximo)

- Errores residuales de las elevaciones de los puntos de control (valor de desviación estándar, valor máximo)
- Errores residuales de las intersecciones por atado (valor de desviación estándar, valor máximo)
- Errores residuales de los puntos de control para posiciones horizontales por los datos de GPS aeronáutico
- Errores residuales de las elevaciones por los datos de GPS aeronáutico

### (3) Creación de DEM

La extracción de DEM consiste en el trabajo de buscar y definir los puntos de estereopar por procesamiento automático. Los intervalos en DEM son de 40m, equivalente a 4mm a escala de 1/10.000, y fueron verificados como valores apropiados para representar topografía a esta escala, producir curvas de nivel y crear ortofotomapas.

El trabajo se realizó siguiendo los pasos indicados a continuación;

- ① Creación de imágenes de trabajo e imágenes jerárquicas para aligerar el volumen de computación

Con el objetivo de reducir el volumen de computación en el procesamiento automático de buscar puntos correspondientes, por procesamientos por lotes se crearon imágenes con la eliminación de paralaje vertical de estereopar, con las cuales se produjeron imágenes jerárquicas.

- ② Optimización de parámetros para la extracción automática de DEM

El proceso de extracción automática de DEM tiene su salida controlada por numerosos parámetros ajustados. Se considera muy importante el tamaño de ventana del área de búsqueda. En este contexto, se realizó una prueba de la extracción automática de DEM extrayendo selectivamente las topografías típicas como pastizal, bosque, área poblada, etc. para optimizar el ajuste de parámetros del tamaño de ventana (el trabajo consiste en definir valores paramétricos para eliminar ruidos de acuerdo con cada topografía típica)

- ③ Correlación de imágenes (apareamiento estereoscópico)

Se buscaron puntos correspondientes utilizando las imágenes jerárquicas creadas de las imágenes conseguidas por la eliminación de paralaje vertical de estereopar. Se adquirieron los puntos correspondientes aleatorios por procesamiento por lotes.

- ④ Salida de DEM

Los puntos correspondientes adquiridos forman un grupo constituido por puntos aleatorios por el software, los cuales fueron utilizados de base para la interpolación de los puntos en

cuadrículas con intervalos de 40m sobre las coordenadas geodésicas. Y se hizo la salida de los DEMs por procesamiento por lotes en formato de texto que facilitará procesos posteriores.

⑤ Correcciones y mediciones adicionales de los DEMs de forma manual

Se revisaron estereoscópicamente los DEMs producidos por cada estereopar, y los puntos con errores mayores fueron corregidos y remedidos en la superficie.

#### (4) Creación de curvas de nivel

Se descubrió que las curvas de nivel, trazadas tal como planeadas al principio con 5m de intervalo para las intermedias y 25m para las índices, quedarían demasiado apretadas en las áreas montañosas y taparían los datos de imagen de fondo. Para resolver esto, la Misión de Estudio deliberó con sus contrapartes, el IGN y el INSIVUMEH, y decidió los intervalos de 50m para las índices y 10m para las intermedias. No obstante, se representarán las curvas de nivel auxiliares, con intervalo de 5m, para las áreas llanas.



Figura 2.2-3 Generación de curvas de nivel

#### (5) Restitución de datos de curvas de nivel

Para el trabajo de curvas de nivel se adoptaron paralelamente dos métodos, es decir, el método de crear las curvas de nivel desde los modelos de TIN basados en los DEMs con intervalos de 40m, producidos en el trabajo arriba mencionado, y otro método de adquirirlas por la estereoscopia por los operadores con instrumentos de restitución digitales.

En las zonas de bosque donde las curvas de nivel creadas por los DEM y las restituidas

aportan errores de más de 2.5m, se extrajeron estas áreas en cuestión y se restituyeron manualmente. Las zonas de bosque ocupan aproximadamente un 40% de las áreas objeto del Estudio, por lo que era más eficiente y apropiado en materia de precisión el método de adquirir datos de curvas de nivel directamente por la restitución que reducirá la elevación de DEM por la altura de árboles en las zonas de bosque.

#### **(6) Creación de DEMs finales**

Se crearon modelos de TIN basándose en los datos de curvas de nivel adquiridos por la restitución directa. Desde estos modelos de TIN se produjeron los DEMs de la misma área con intervalos de 40m, y juntando éstos con los aquellos DEMs creados por el procesamiento automático mencionado arriba se completaron los DEMs con intervalos de 40m para todas las áreas objeto del Estudio.

#### **(7) Revisión y corrección**

En cuanto a la generación de los datos de curvas de nivel se realizó un proceso de control de precisión acerca de los ítems siguientes por cada modelo, y se corrigieron defectos hallados.

- Método (autógeno, trazado de curvas de nivel)
- (sólo en el método autógeno) Número de errores mayores (apareamiento inadecuado)
- (sólo en el método autógeno) Número de puntos que necesitaban correcciones manuales (casos de árbol, vivienda, etc)
- Número de puntos que necesitaban correcciones de apareamiento entre los modelos adyacentes

En cuando a la generación de los datos de DEM se realizó un proceso de control de precisión acerca de los siguientes ítems (por modelo) y se corrigieron defectos hallados.

- Orden secuencial de datos
- Formato erróneo o correcto
- Puntuación

#### **(8) Restitución de datos de accidentes**

Se restituyeron accidentes con instrumentos de restitución digitales. Los principales ítems de restitución se indican en la Tabla 2.2-1. Básicamente los datos se adquirieron y compilaron tridimensionalmente.

Tabla 2.2-1 ítems de accidentes restituidos

	Punto	Línea	Polígono	Anotación
Línea central de carreteras		○		
Línea central de vía férrea		○		
Línea central de ríos		○		
Lagos y pantanos			○	
Línea central de túneles de carretera		○		
Línea central de puentes de carretera		○		
Línea central de túneles de vía férrea		○		
Línea central de puentes de vía férrea		○		
Puntos de altitud	○			○
Curvas de nivel		○		
Valores de altitud				○

Después de restituir accidentes, se realizó un proceso de control de precisión acerca de los siguientes ítems por modelo, y se corrigieron defectos hallados.

- Número de errores y omisiones de cada código (incluidos los errores de atributo, deformación)
- Número de puntos de apareamiento inapropiado

Y por otro lado, después de restituir accidentes, se realizó un proceso de control de precisión acerca de los siguientes ítems por cada hoja cartográfica, y se corrigieron defectos hallados.

- Número de errores y omisiones de cada código (incluidos los datos de la información marginal)
- Número de puntos incoherentes con ortofotografías en accidentes planimétricos y curvas de nivel
- Número de puntos de apareamiento inapropiado

### (9) Perfil longitudinal y transversal de río

Para analizar inundaciones fluviales, se prepararon perfiles longitudinal y transversal de un río seleccionado en Deliberación del plan de preparación de mapas de amenaza por el método de levantamiento aéreo. Las líneas de medición transversal se fijaron a cada 2km desde el tope de del abanico aluvial con un ancho de 500m (250m en cada lado). Las escalas del perfil longitudinal es de 1/10.000 para el eje horizontal (distancia) y 1/100 para el eje vertical (altitud),

y las escalas del perfil transversal es de 1/1.000 para el eje horizontal (distancia) y 1/100 para el eje vertical (altitud).

Después de producir los perfiles longitudinal y transversal del río, se realizó un proceso de control de precisión por cada hoja cartográfica acerca de los ítems siguientes, y se corrigieron defectos hallados.

- Número de errores y omisiones por cada línea de medición (incluidos los errores de atributo y deformación)
- Posición de la salida
- Ítems de la salida (erróneo o correcto)

### **(10) Generación automática de ortofotografías**

Utilizando los DEMs producidos y las aerofotografías digitalizadas se generaron ortofotografías por procesamiento automático. En este procesamiento primero se aclaró cuál de las fotografías se utilizaría, es decir la derecha o la izquierda de un estereopar, y se ajustó la línea aproximada de apareamiento. Las imágenes originales de las ortofotografías generadas se almacenaron en el disco duro por el formato interno de los instrumentos de restitución digitales.

Después de producir ortofotografías se realizó un proceso de control de precisión (por cada foto) acerca de los siguientes ítems, cuyos resultados verificaron que no se causaría ningún inconveniente en los procesos posteriores.

- Resolución
- Luminosidad
- Claroscuro (contraste)
- Existencia de ruido (rasgado o quebrado)
- Existencia de flujo de imagen
- Precisión en posicionamiento
- Valor máximo de error de posición (se visualizan sobrepuestos los datos de restitución digital y se registra el valor máximo)

### **(11) Fotomosaicos**

La Misión de Estudio ajustó manualmente líneas de apareamiento con las partes más apropiadas dentro de límites de área traslapada entre las ortofotografías producidas adyacentes, y configuró imágenes de mosaico. Y posteriormente las cortó por hoja cartográfica de 1/10.000.

Las especificaciones de los archivos de hojas cartográficas se señalan a continuación;

Resolución : 600dpi

Escala monocromática : 256 grises

Formato : TIFF

Después de la configuración de mosaicos, se realizó un proceso de control de precisión por cada hoja cartográfica acerca de los siguientes ítems, y se corrigieron defectos hallados.

- Número de puntos con necesidad de corregir la línea de apareamiento (posicionamiento)
- Número de puntos con necesidad de corregir la imagen de la línea de apareamiento
- Calidad de la corrección de imagen (si la imagen de la línea de apareamiento no es buena)
- Resolución
- Luminosidad
- Claroscuro (contraste)
- Tamaño del archivo
- Formato (TIFF, no comprimido, escala de 256 grises)
- Nombre del archivo (comprobación de los datos con el nombre del archivo)

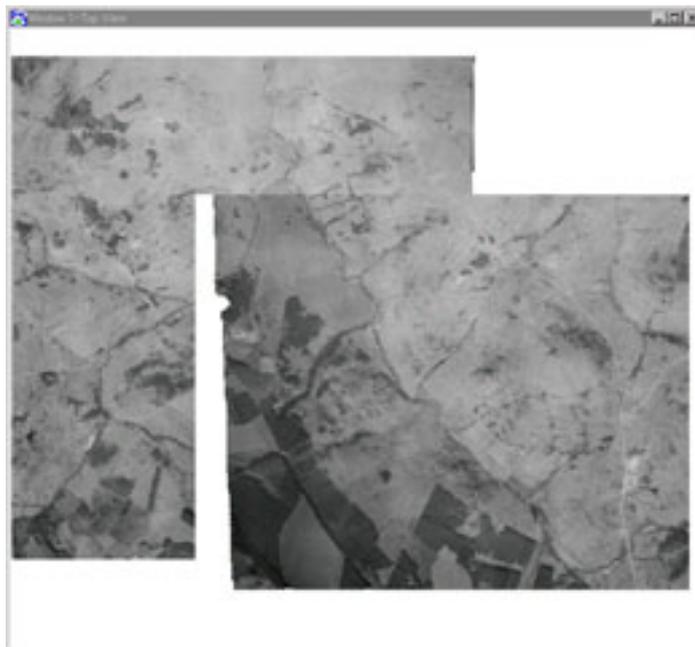


Figura 2.2-4 Procesamiento de mosaico

## **(12) Generalidades del estudio sobre edificios públicos / límites administrativos / nombres administrativos**

Por los elementos de investigación de la información socioeconómica a utilizar para los mapas de amenaza se realizó un trabajo de campo para determinar la ubicación exacta de los

edificios públicos (escuelas, iglesias, instalaciones policiales, instalaciones militares) e instituciones médicas (hospitales, centros de salud) y el posicionamiento preciso de las rotulaciones de los nombres municipales y de poblados, etc. El trabajo fue realizado básicamente por 16 técnicos divididos en 8 brigadas de la contraparte. Las anotaciones se tomaron de lo rotulado en las hojas de 1/50.000, por lo que se trataba de adecuarlas para ser aplicables en las ortofotografías de 1/10.000.

Los resultados del trabajo de campo fueron ordenados y visualizados sobre las ortofotografías elaboradas junto con la información entregada por la parte guatemalteca, y posteriormente fueron corregidos e ingresados por los aparatos de compilación digital, equipos para el Estudio, bajo la modalidad de trabajo conjunto de la Misión de Estudio y la contraparte.

Este trabajo se considera como el último en Guatemala respecto a los ortofotomapas. Por esta razón, durante en esta fase de estadía en Guatemala, después de completar los trabajos arriba mencionados nuevamente, se produjeron los datos, los cuales fueron revisados en colaboración con los técnicos del IGN.

Finalmente se completó el trabajo previsto de la complementación de campo y el ingreso de correcciones de 401 hojas de ortofotomapa.

A continuación se señalan los detalles de este trabajo, su proceso y problemática.

### **(13) Preparativos del trabajo**

En base a los datos conseguidos y/o elaborados en el proceso “Estudio de límites y nombres administrativos/topografía/accidentes planimétricos” sobre los límites administrativos y las anotaciones de 1/50.000, se confeccionaron ortofotografías y otros documentos en el proceso “el 2º trabajo en Japón”, las cuales fueron traídas a Guatemala para el estudio.

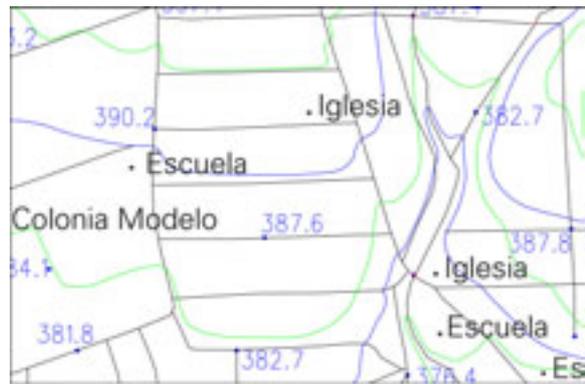
Las hojas preparadas para este trabajo son;

- Hojas referenciales de anotaciones (de elementos originales en azul, negro, y hojas topográficas existentes): resultados del trabajo del año pasado
- Hojas referenciales de caminos con sus atributos: resultados del trabajo del año pasado
- Hojas impresas de la base de datos de 1/50.000 (con los recuadros de 1/10.000)
- Hojas impresas de los datos de límites y nombres administrativos de 1/250.000
- Hojas ortofotográficas de 1/10.000 (datos de imagen y línea para el trabajo de campo)
- Hojas ortofotográficas de 1/10.000 (datos de imagen y línea para el trabajo de gabinete)
- Hojas ortofotográficas de 1/10.000 (datos lineales)

#### (14) Comprobación de límites y nombres administrativos

Se tomaron como base las anotaciones de 1/50.000, por lo que no todas las hojas de 1/10.000 tenían rotulados los nombres administrativos. De ahí la necesidad de redistribuir los nombres administrativos de modo que cada hoja ortofotográfica contenga nombres administrativos. La Misión de Estudio tuvo una deliberación con el IGN sobre lo siguiente; en caso de carecerse los límites administrativos en la hoja, colocarse un nombre administrativo en la parte central de la hoja, y en caso de tenerse los límites administrativos en la hoja, colocarse un nombre administrativo en la parte central de cada distrito administrativo correspondiente.

Para la comprobación se utilizaron las hojas referenciales de anotaciones (de elementos originales en azul, negro, y hojas topográficas existentes), hojas impresas de la base de datos de 1/50.000, y hojas impresas de los datos de límites y nombres administrativos de 1/250.000.



**Figura 2.2-5** Compilación de los datos de anotaciones por MicroStation



**Figura 2.2-6** Incorporación de los datos de anotaciones con los datos ortofotográficos

#### (15) Trabajo precampo para la complementación

Las anotaciones de 1/50.000 tienen precisión posicional y densidad de distribución de acuerdo a su escala. Es decir, para los productos de 1/10.000 había posibilidades de la falta de precisión y la escasez de anotaciones.

##### 1) Verificación de la posición de anotaciones

Entre las anotaciones que necesitaban trasladarse de posición, las que tenían el nuevo posicionamiento bien definido fueron procesadas en este trabajo precampo. Y las que tenían poco claro el nuevo posicionamiento fueron objetos de trabajo de complementación de campo, y fueron marcadas sobre las hojas ortofotográficas de 1/10.000 (con datos de imagen y línea: para

el trabajo de campo)

## 2) Adecuación de la densidad de distribución

Donde hay escasas anotaciones, se marcaron algunos poblados sobre la hoja, cuyos nombres fueron comprobados y agregados en el campo.

## 3) Verificación de las instalaciones públicas y médicas necesarias

Desde el punto de vista de la prevención de desastres, es sumamente importante la ubicación de municipalidades, refugios y hospitales. Ya que a través de CONRED no se consiguió la información sobre las instalaciones asignadas como refugios se escogieron todos los edificios de escuela, iglesia, hospital, policía, militar y municipalidad de las hojas existentes de 1/50.000, los cuales fueron marcados sobre las hojas ortofotográficas de 1/10.000 para ser comprobados en el campo.

## 4) Anotaciones a omitir

Básicamente no son necesarias las anotaciones que no identifiquen su ubicación. Las anotaciones descriptivas como “Lava”, “Piscina”, “Cem”, “Vado”, etc., que son términos genéricos de accidentes, fueron eliminadas.

## (16) Trabajos de la complementación de campo

Aunque el área de trabajo se consideraba relativamente segura, se realizaron trabajos bajo estricto control de seguridad. Como fórmulas de seguridad concretas se puede mencionar; organización de equipos adicionales y exclusivos para la comprensión de la información de seguridad, comunicación constante entre las brigadas, y comunicación constante entre cada brigada y el IGN. Los detalles de la complementación de campo se señalan a continuación.



Foto 2.2-1 Complementación de campo y capacitación en la obra

### 1) Comprobación del posicionamiento de anotaciones

Se verificaron las anotaciones con posicionamiento poco claro, que habían sido extraídas en el trabajo precampo.

### 2) Adecuación de la densidad de distribución

Se aclararon los nombres de los nuevos poblados extraídos en el trabajo precampo. Las anotaciones tomadas en el campo fueron ordenadas por el IGN en archivos de Excel con el propósito de evitar errores ortográficos. El formato de los archivos es idéntico al trabajo realizado en el año pasado en cuanto a sus entidades y códigos.

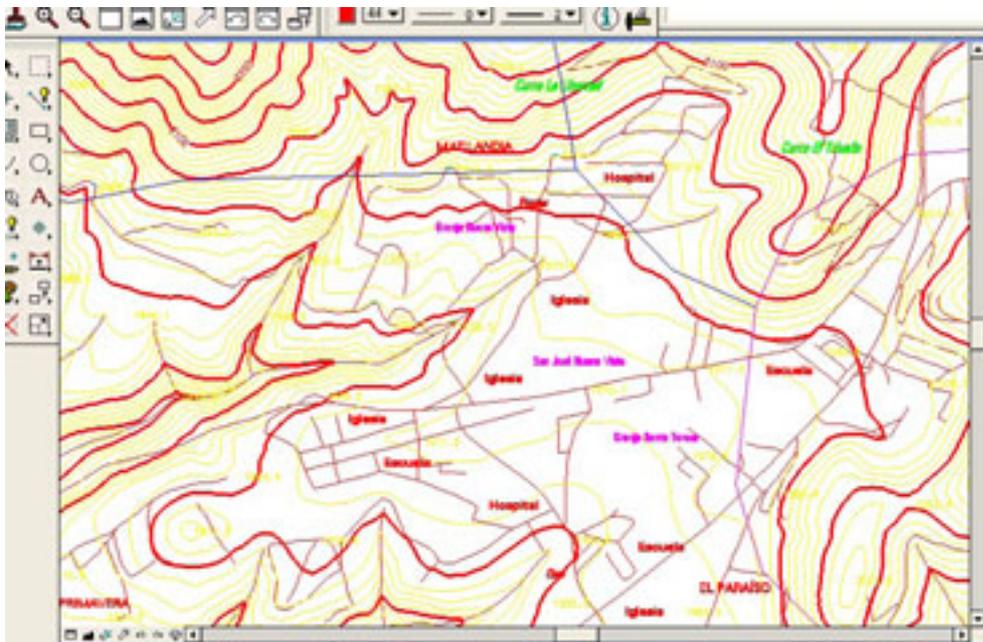


Figura 2.2-7 Resultados de los datos de anotaciones corregidos y editados por MicroStation

### 3) Comprobación de los edificios públicos necesarios

Se verificó la ubicación exacta de los edificios de escuela, iglesia, hospital, policía, instalaciones militares y municipalidad. Supuestamente estos edificios públicos y de atención médica serán utilizados como centros de apoyo y refugio en caso de algún desastre.

Estos edificios no se simbolizan sino se rotulan como "Escuela", "Iglesia", "Hospital", "Policía", "Militar" y "Municipalidad" con su indicación correspondiente sobre el edificio.

### (17) Ordenamiento de los resultados de la complementación de campo e ingreso de correcciones

Los detalles comprobados en el campo se ordenaron sobre ortofotografías impresas de 1/10.000 (datos de imagen y líneas para el trabajo de gabinete). Y basándose en éstas la Misión y la contraparte, de forma conjunta, ingresaron las correcciones utilizando los instrumentos de compilación digital y MicroStation, que son destinados para este Estudio.

Después de ingresar estos datos, se imprimieron los datos de archivos “DGN” con los plotters destinados para este Estudio en fin de la última verificación (ortografía del rotulado de anotaciones, errores de correcciones) en colaboración con los técnicos de contraparte del IGN.

### (18) Entrada de los datos de anotaciones y límites administrativos

Se ingresaron las anotaciones de ortofotomapas básicamente utilizando los datos confeccionados en los trabajos de la preparación de los mapas básicos nacionales de 1/50.000 reduciendo de tamaño. Como consecuencia aparecieron algunos objetos no indicados ni identificados claramente por las anotaciones, los cuales fueron corregidos y reubicados de acuerdo con los resultados del Estudio. No sólo estas



Figura 2.2-8 Entrada de los datos de escuelas e iglesias

anotaciones sino también los datos de ortofotomapas y accidentes, etc., se los aprovechará para los mapas de amenaza a confeccionar en los procesos posteriores. Sobre todo para las escuelas

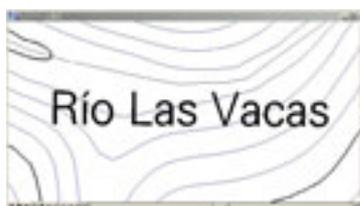


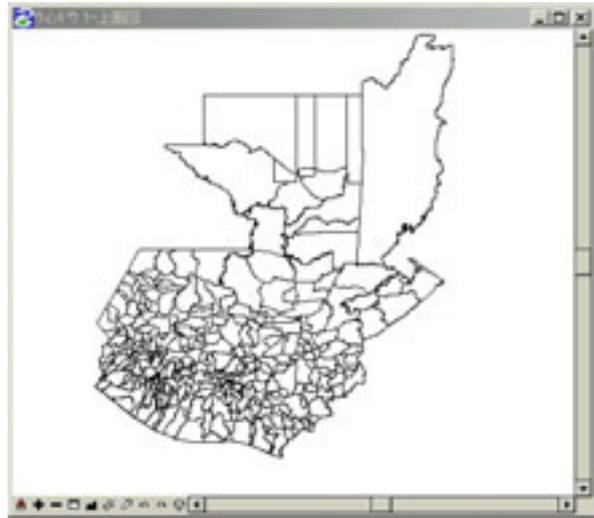
Figura 2.2-9 Ejemplos de la rotulación correcta y la deformada

y las iglesias, que suponen que sean utilizadas como centros de refugio en caso de desastres, la información de posiciones es sumamente importante. Por lo tanto, se identificó su ubicación cuyos datos se ingresaron como puntuales acompañados de su anotación correspondiente. (Figura 2.2-8) Después de ingresar las anotaciones, se imprimieron un total de 401 hojas con los plotters que son equipos proporcionados para este Estudio. La contraparte realizó una revisión de todas estas hojas poniendo énfasis en chequear la ortografía. Los resultados de esta revisión se reflejaron de inmediato en los datos.

En el proceso de entrada de los datos de anotaciones surgió un problema, es la ortografía muy peculiar de la lengua española. Si ingresan los datos por MicroStation, a no ser que sean de la versión inglesa este programa y el sistema operativo, salen las letras deformadas impidiendo así la fiel representación de las rotulaciones.

Aunque ambos equipos proporcionados a la parte guatemalteca para el Estudio contengan la versión inglesa, los que utilizaba la Misión de Estudio eran de versión japonesa. Como una contramedida provisional, las tildes, etc., fueron sustituidas por otras letras cuando la Misión de Estudio editaba las anotaciones. Y posteriormente, cuando se completó este trabajo a estas letras se les efectuó una conversión en bloque para reproducir la representación exacta.

En cuanto a los límites administrativos, habían sido entregados por la contraparte en formato de forma los datos de los límites internacionales, departamentales y municipales (Figura 2.2-10). Primero estos datos fueron convertidos en el formato de diseño de MicroStation para que se reflejaran en cada archivo de hoja cartográfica. Los límites administrativos son elementos que no deben ser modificados a juicio de la Misión de Estudio. Sin embargo



cuando verificaron los datos ingresados de **Figura 2.2-10 Datos de límites administrativos** límites administrativos encontraron muchas partes que obviamente carecían de coherencia con la topografía (accidentes) desviándose los límites de la línea de cresta o el eje del curso de agua. Se consideró que esto podría influir mucho en los trabajos de la confección de los mapas básicos nacionales de 1/50.000. Por consiguiente este asunto fue reportado a la contraparte en la 4ª fase del trabajo en Guatemala (2002) y se tomó la decisión final al respecto.

### **(19) Compilación digital / Estructuración**

Los datos topográficos, datos de accidentes, y de anotaciones y límites administrativos ya procesados en la compilación digital se sometieron a la edición estructurada con el propósito de promover su futura aplicación eficiente por el SIG. En concreto se revisaron y corrigieron la direccionalidad y la continuidad de datos de los elementos lineales de eje como carreteras, ferrocarriles y ríos, que forman redes. Sobre todo los trabajos de revisión y corrección se enfocaron en los elementos lineales (Figura 2.2-11) que atravesaban hojas adyacentes donde solía perderse la continuidad.

Para los ríos trazados con doble línea, se crearon las líneas eje y después pasaron por el mismo proceso. (Figura 2.2-12)

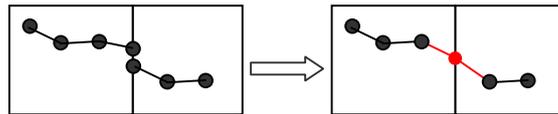


Figura 2.2-11 Unión de las hojas adyacentes

En cuanto a lagos y pantanos, cerraron las figuras cabalmente siguiendo las líneas de orilla. (Figura 2.2-13)

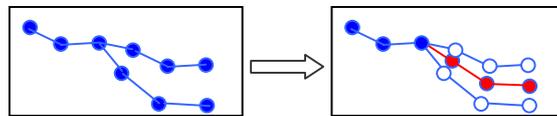


Figura 2.2-12 Creación de la línea eje de ríos

Tomando en consideración la conveniencia de su uso, todos los datos de accidentes se confeccionaron bidimensionales. Para el relieve se tomaron los datos topográficos, como curvas de nivel y puntos acotados, y los datos de DEM.

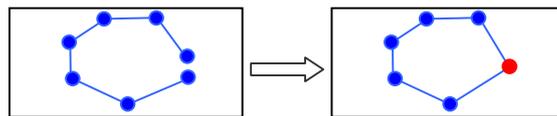


Figura 2.2-13 Cierre de la figura para lagos y pantanos

Con respecto a los datos de la información marginal se visualizaron los elementos necesarios como el nombre de la hoja, valores de coordenadas de cuatro esquinas de las líneas marginales interiores, acimut, nombres de las hojas adyacentes, etc., y se almacenaron en una capa.

Estos datos de accidentes, la topografía y la información marginal se almacenaron todos en un archivo de diseño clasificados por capa (Figura 2.2-14) dando prioridad a la facilidad de manejo en el control de datos.

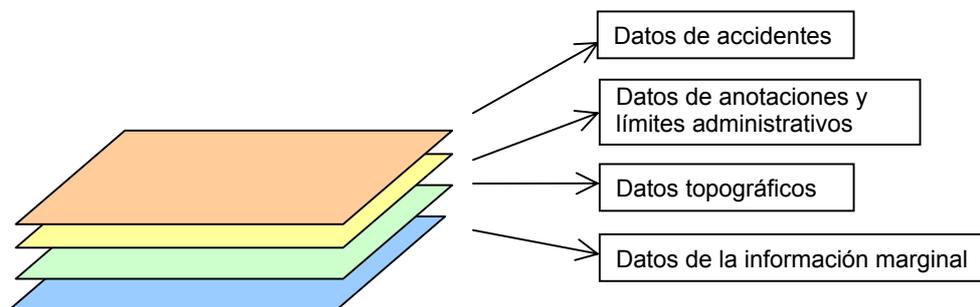


Figura 2.2-14 Estructura de capas de un archivo de diseño

## (20) Control de precisión

La Misión de Estudio realizó la revisión sobre los errores crasos de la elevación, la continuidad de datos y la estructura de capas por cada hoja y por conjunto, y sus resultados ordenó en la tabla del control de precisión. Se ejecutó nuevamente algún proceso de compilación o estructuración según fuese necesario.