

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER

Dirección General de Geodesia y Cartografía
Noviembre 2008



SDT-DF-Tx51 No.03482811

Informe Técnico

Título	INFORME TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE) DEL SITIO DE MIRAMAR.
Organización	Dirección General de Geodesia y Cartografía (DGGC)/INETER
Tema	Fotogrametría
Clase	Datos Fundamentales
Nivel	51
Versión	1.0
Publicado	5 de diciembre 2008
Lugar	Managua

Preparado por el equipo técnico del Componente “Topografía” de la Dirección General de Geodesia y Cartografía para el programa de cooperación técnica del Gobierno de Venezuela “Estudio de Línea de Base para el Proyecto Refinería Supremo Sueño de Bolívar en el sitio de Miramar”.

INFORME TÉCNICO DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE) DEL SITIO DE MIRAMAR

1. Antecedentes

1.1 El 22 de agosto del presente año, se llevó a efecto una reunión en la Dirección Ejecutiva del INETER, para tratar asuntos relacionados con el “Estudio de Línea de Base para el Proyecto Refinería Supremo Sueño de Bolívar en el sitio de Miramar”. En esa reunión participaron todas las Direcciones involucradas en la ejecución del proyecto. La Dirección General de Geodesia y Cartografía recibió las instrucciones de parte de la Dirección Ejecutiva del INETER, para conformar un grupo de trabajo compuesto por diferentes especialistas y técnicos para ejecutar el componente del proyecto denominado Componente “TOPOGRAFÍA”.

La Dirección General de Geodesia y Cartografía (DGGC), giró instrucciones precisas a la Dirección de Fotogrametría, para ejecutar los trabajos necesarios para realizar dos actividades dentro del “Componente TOPOGRAFÍA” las cuales son: **1) Elaboración del Modelo Digital de Elevación y 2) Restitución Planimétrica y Clasificación Fotogramétrica a escala 1:5 000**, del área de estudio del proyecto antes referido.

En la Dirección de Fotogrametría se dio inicio la organización de las tareas sobre la base de las disposiciones del Director General de Geodesia y Cartografía y con el apoyo e indicaciones de la Dirección Técnica de la DGGC. Se realizó a nivel de detalle lo siguiente: el cronograma de actividades, desglose de suministros, cuadro de gastos operativos y en general, el presupuesto de gastos en cuanto a materiales de oficina y campo, equipos informáticos, programas de computadoras, fechas y costos de giras de campo y la selección del personal que debe cumplir con las tareas asignadas.

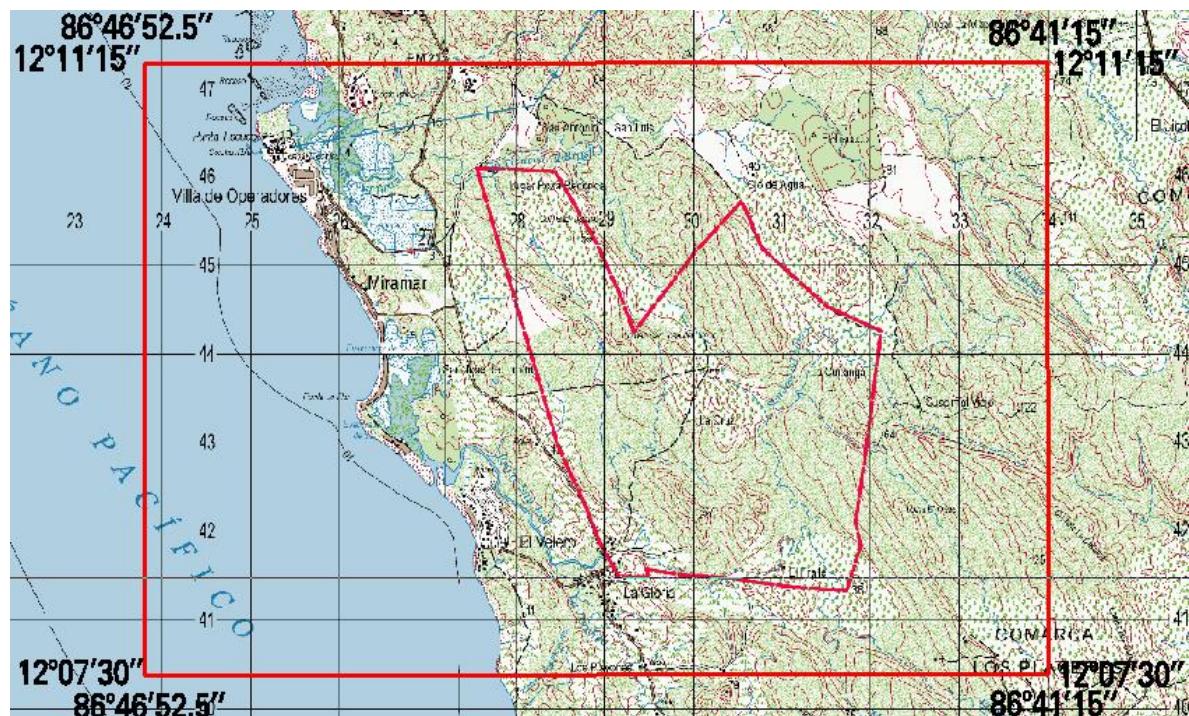
1.2 Se asignó al personal necesario para realizar la primera actividad “**Elaboración del Modelo Digital de Elevación**” la cual da origen al presente informe.

El Modelo Digital de Elevación (MDE), implica una representación de las elevaciones del terreno mediante **valores numéricos** y generalmente de forma simplificada, la geometría de la **superficie del terreno**. Consiste en un conjunto de puntos con coordenadas conocidas referidas a un sistema de coordenadas bidimensionales, a las que se les asocia un valor de elevación, reproduciendo una superficie por interpolación lineal o polinómica de x grado. Por otro lado, la Matriz de Datos de Elevación (MDE), es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie del terreno cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas “**X**” e “**Y**”, a las que se les agrega un valor de “**Z**” que corresponde a la **elevación**. Los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula.

2. Localización geográfica del área de trabajo dentro del territorio nacional

2.1 La localización geográfica del área de trabajo para la elaboración del Modelo Digital de Elevación (MDE) se definió entre los $12^{\circ}07'30''$ y $12^{\circ}11'15''$ de Latitud Norte y $86^{\circ}41'15''$ y $86^{\circ}46'52.5''$ de Longitud Oeste, indicado con el recuadro de color rojo en la imagen que se muestra a continuación, cuyo recubrimiento abarca 9 hojas a escala 1:5 000 de la división nacional de hojas a esta escala denominadas de la siguiente manera:

- 2852-4-16-504
- 2852-3-4-502
- 2852-3-4-504
- 2852-1-13-503
- 2852-1-13-504
- 2852-2-1-501
- 2852-2-1-502
- 2852-2-1-503
- 2852-2-1-504



3. Método de trabajo

3.1 El método utilizado está soportado por las normas de producción fotogramétricas establecidas en ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, dedicado a mejorar la comprensión de las ciencias cartográficas y para promover las aplicaciones responsables de fotogrametría, sensores remotos, sistemas de información geográficos (GIS), y tecnologías secundarias*).

La Dirección de Fotogrametría de la DGGC, cuenta con los equipos de computación y estaciones de trabajo fotogramétricas de alta resolución, además de utilería de software con suficiente disponibilidad en cuanto a la salida de los resultados. Lo más importante, cuenta con el conocimiento, experiencia y desarrollo técnico alcanzado por el personal de la Dirección de Fotogrametría.

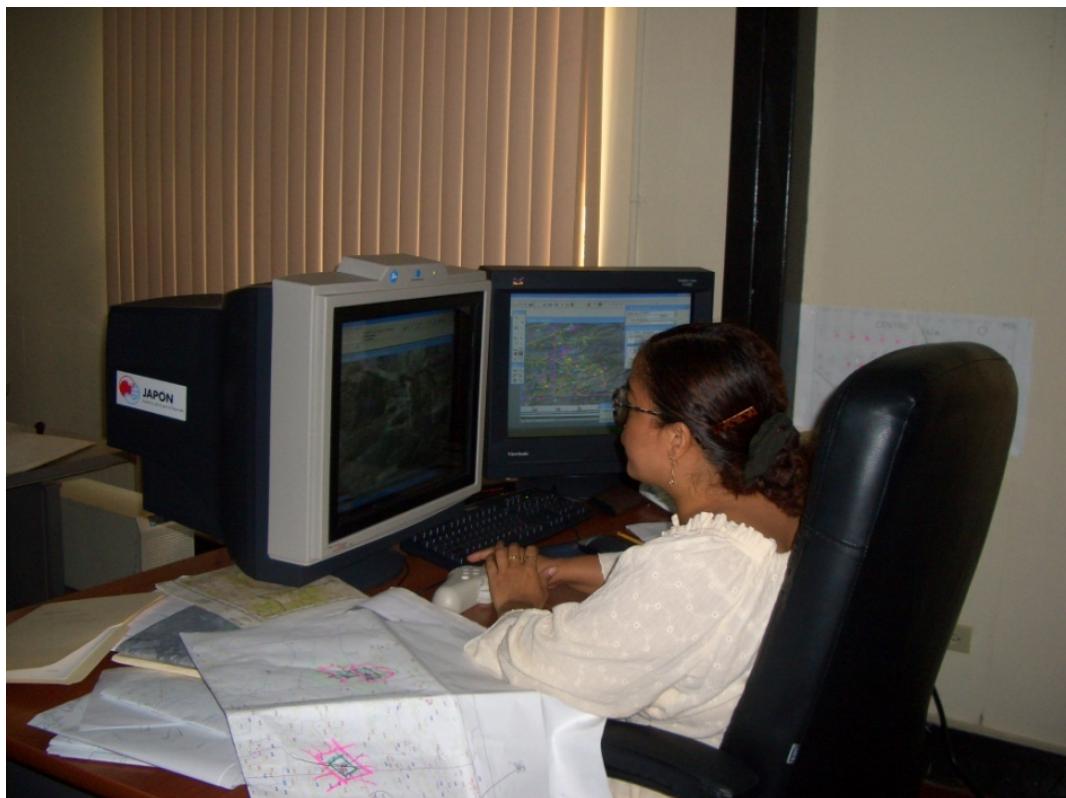


Fig. 2 Estación de Trabajo y Especialista Fotogramétrico

3.2 Programas y flujo de trabajo

Los programas que se utilizaron en esta actividad fueron: **ArcGIS 9.2 (3D Analyst)** con todos sus módulos, **MicroStation V8.1**, **Erdas Imagine 8.7** con todos sus módulos, **Terramodeler V005.009** y **GeoDEM 1.0**. Los materiales para el proceso fotogramétrico consistieron en fotografías aéreas digitales escala 1:5000 y ortofotoimágenes del área de estudio a escala 1:5000, con los cuales se

procedió a realizar el trabajo fotogramétrico, el cual consistió en las siguientes tareas fundamentales:

- Localización de espacios geográficos críticos por relieve
- Ubicación de los puntos de control geodésicos.
- Creación de la Matriz de Datos de Elevación.
- Interpolación de la superficie (TIN) y derivar las curvas de nivel.
- Control de calidad de los resultados obtenidos.

3.2.1 Localización de espacios geográficos críticos por relieve.

Mediante inspección visual de las ortoimágenes, se localizaron aquellos lugares críticos por su condición de relieve tales como: pendientes muy pronunciadas, cortes y rellenos en las carreteras, quebradas muy abruptas, diques en las salineras, marismas, etc. Se establecieron polígonos de áreas con algún tipo de dificultad para su posterior tratamiento geodésico.



Fig.3 Localización de polígonos con áreas críticas.

3.2.2 Ubicación de los puntos de control

Los puntos de control se utilizan para realizar una verificación del trazado e interpolación de las curvas de nivel como forma de representación del relieve. Estos puntos además de las coordenadas de ubicación planimétrica X e Y, tienen la coordenada Z que representa la elevación. En el terreno se establecen suficientes puntos levantado con técnicas GPS/RTK y luego se calcula la elevación ortométrica mediante técnicas GPS/Nivelación-Helmert, cuya distribución ha sido establecida a lo largo y ancho de toda el área de estudio, y más específicamente en:

- Bifurcaciones de caminos.
- Puntos altos de las pendientes de carreteras.
- Áreas planas de grandes extensiones
- Confluencias de cursos de agua.
- Puntos de control cartográfico

3.2.3 Creación de la Matriz de Datos de Elevación

El término Modelo Digital de Elevación, crea la idea que el grupo de **valores numéricos** a los que se hace referencia al inicio, deba visualizarse como un "modelo" en tres dimensiones cuando se usa un equipo de cómputo y el programa que pueda realizar tal representación. El grupo de valores numéricos es creado por métodos fotogramétricos y conceptualizado como un arreglo matricial o tabular de los valores de "X", "Y" y "Z" para cada punto. Los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula recubriendo el área de estudio, formando una retícula de puntos a cada diez metros. Estos puntos tienen coordenadas x, y, z quedando establecida de esta manera, la Matriz de Datos de Elevación (MDE).

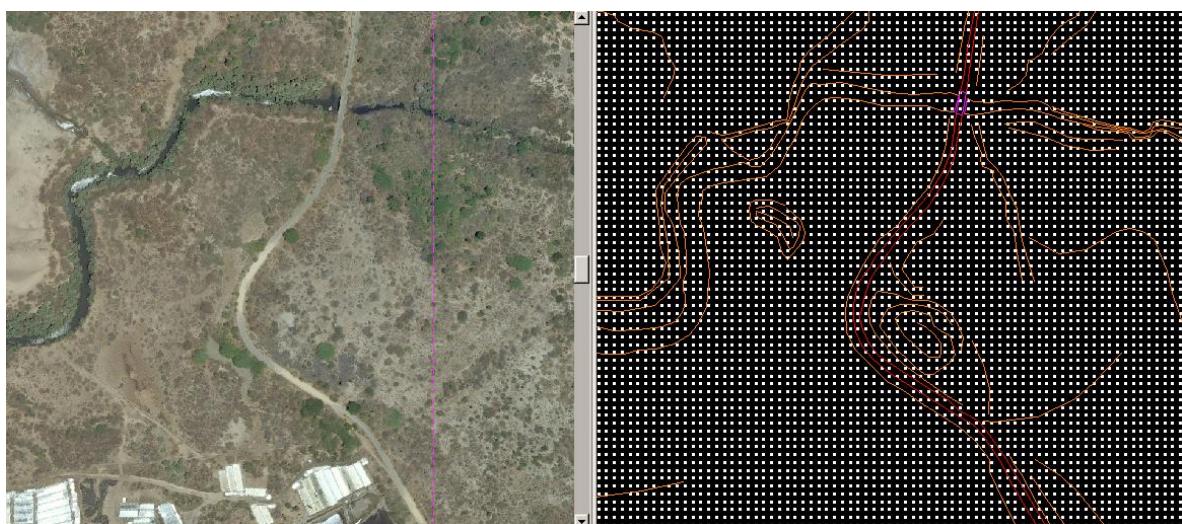
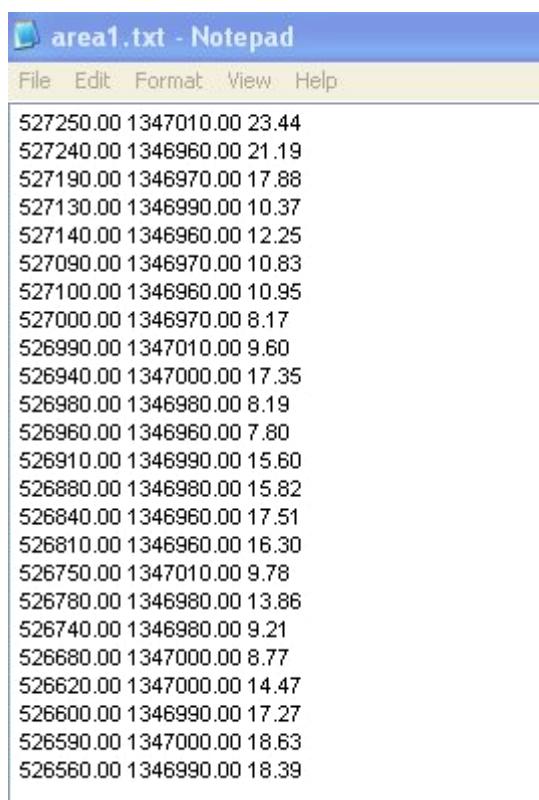


Fig.4 Extracción de la Matriz Vectorial de Datos de Elevación desde la aerofotografía.

Además de la información numérica de las variables que representan las características topográficas con los puntos. También se extraen líneas de quiebre o ruptura (breakline), las que ayudan a delimitar cambios de pendientes sobre el terreno.



```
area1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
527250.00 1347010.00 23.44
527240.00 1346960.00 21.19
527190.00 1346970.00 17.88
527130.00 1346990.00 10.37
527140.00 1346960.00 12.25
527090.00 1346970.00 10.83
527100.00 1346960.00 10.95
527000.00 1346970.00 8.17
526990.00 1347010.00 9.60
526940.00 1347000.00 17.35
526980.00 1346980.00 8.19
526960.00 1346960.00 7.80
526910.00 1346990.00 15.60
526880.00 1346980.00 15.82
526840.00 1346960.00 17.51
526810.00 1346960.00 16.30
526750.00 1347010.00 9.78
526780.00 1346980.00 13.86
526740.00 1346980.00 9.21
526680.00 1347000.00 8.77
526620.00 1347000.00 14.47
526600.00 1346990.00 17.27
526590.00 1347000.00 18.63
526560.00 1346990.00 18.39
```

Fig.5 Documento .txt

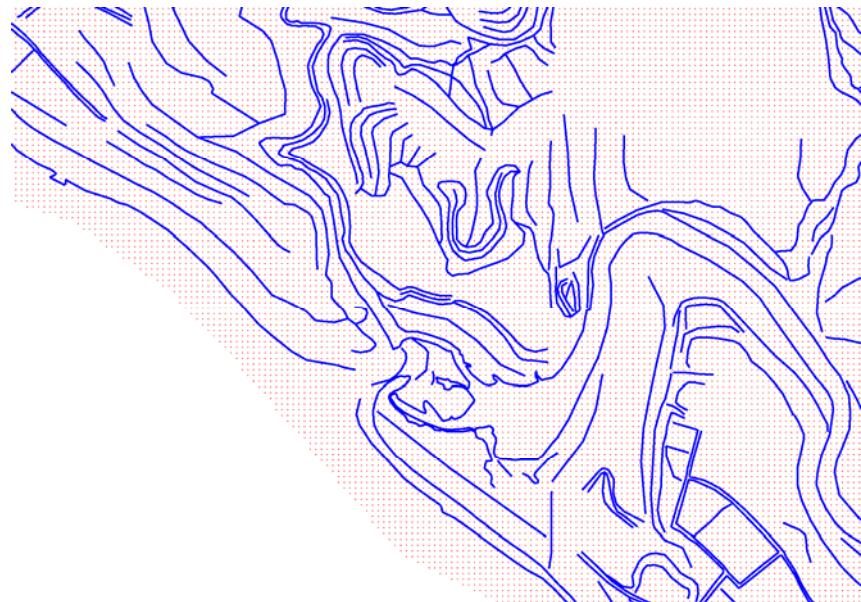


Fig.6 Matriz de Datos de Elevación y líneas de quiebre. Los datos son exportados en formato de texto creando un archivo con extensión .dat para ser procesado con el programa Erdas Imagine y obtener una imagen de la superficie y poder realizar los procesos de control subsiguientes.

Paralelamente se exportan los mismos datos, creando un archivo con extensión .txt para ser utilizado por el Programa Terramodeler, con el cual se genera la red de triángulos irregulares.

3.2.4 Creación de la superficie del terreno representada por medio de curvas de nivel

Para la creación de la representación de la superficie del terreno, se utiliza el programa Terramodeler, el cual usa el archivo *.txt para generar una red de triángulos irregulares (TIN), interconectando cada uno de los puntos de la retícula de 10 metros generados por la extracción fotogramétrica y los datos de las líneas de quiebre.

Tomando como base el TIN, se genera la curva de nivel por el método de interpolación y en este caso, con intervalo de curva de 1 metro.

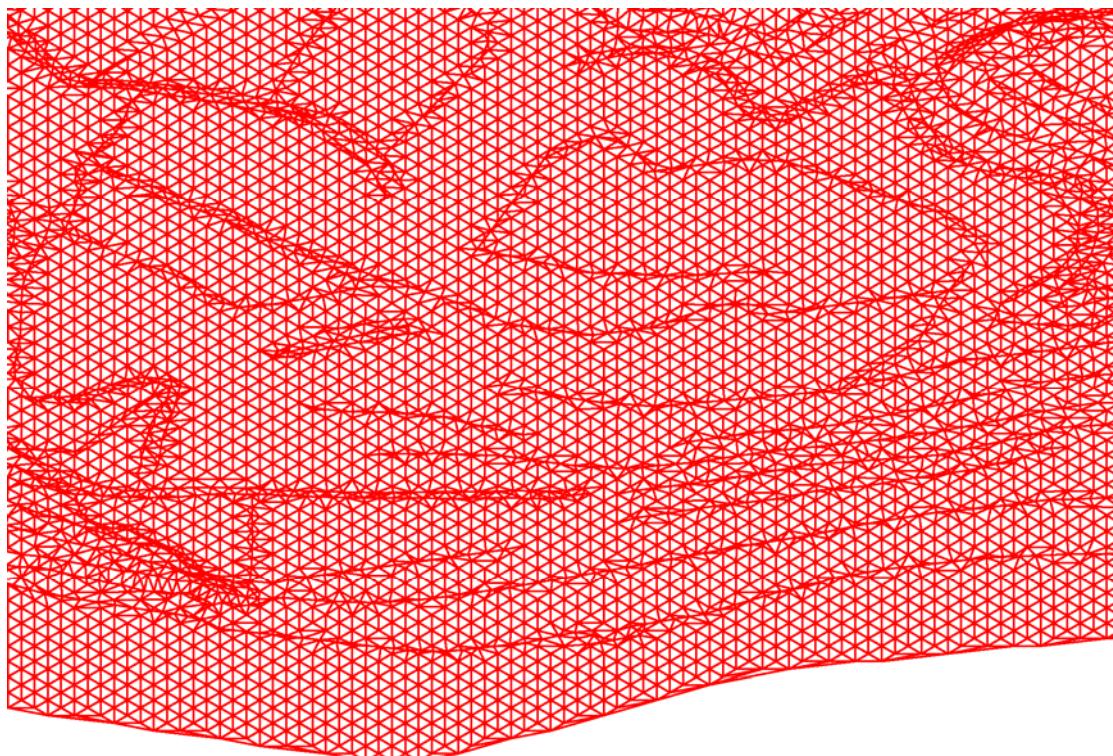


Fig.7 Red de Triángulos Irregulares (TIN).

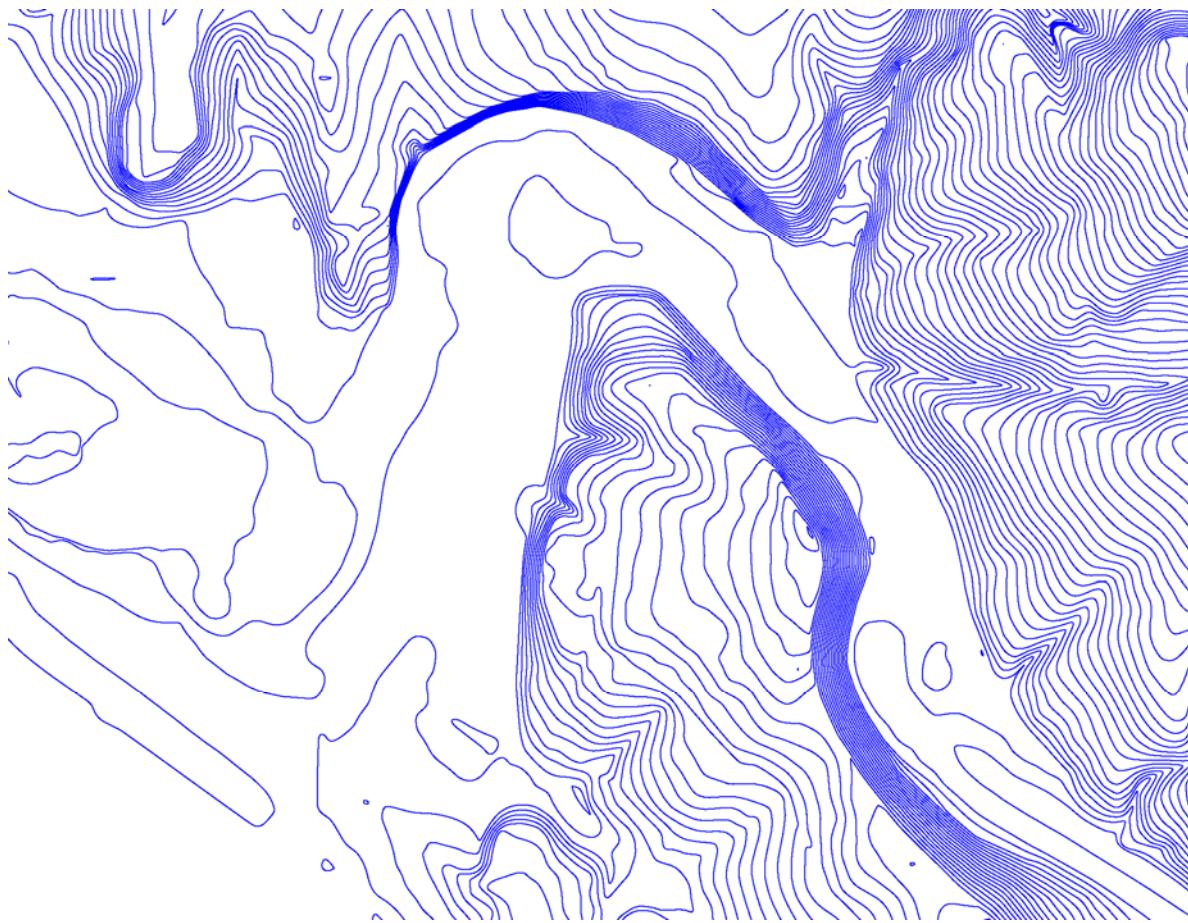


Fig.8 Curvas de Nivel

3.2.5 Control de calidad de los resultados obtenidos.

El resultado o producto será evaluado y así determinar a través del proceso de control de calidad, si éste cumple con las normas establecidas. Para realizar este control se utilizó el módulo 3D Analyst del programa ArcGIS 9.2, en donde se sobreponen a la imagen *.img de la superficie (fig.9), el archivo *.shp que contiene los datos de los puntos de control establecidos en campo.

En la posición x y de cada punto de control, se interpola el valor de la elevación sobre la superficie *.img, el cual se compara con la elevación del punto de control y así sucesivamente.

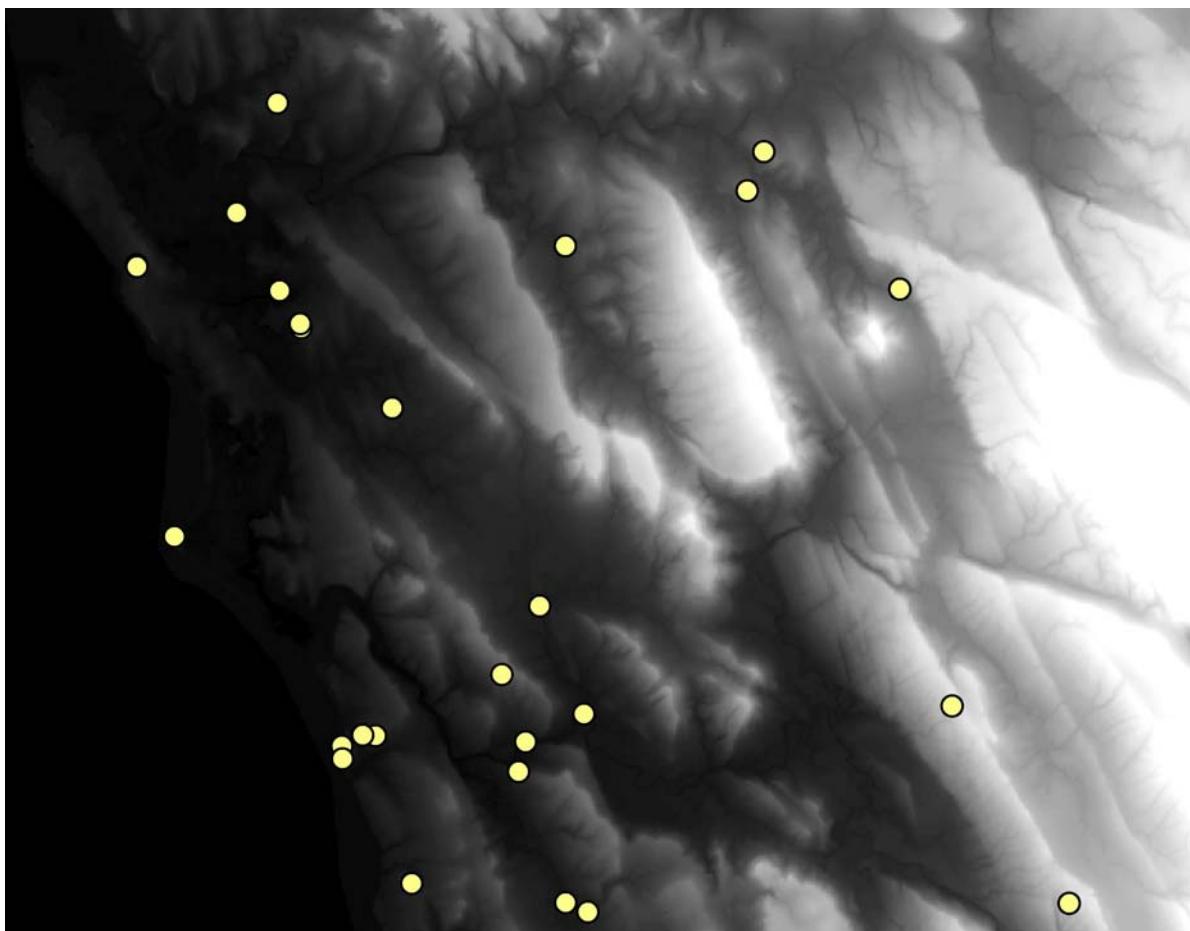


Fig. 9 Superficie y Datos del control Geodésicos

De conformidad con el *Geospatial Positioning Accuracy Standards, FGDC-STD-007.3-1998*, se calcula el cuadrado de las diferencias entre ambas elevaciones y luego, la raíz cuadrada del resultado de dividir la suma de cuadrados entre el número de puntos de control. El resultado se expresa a través del indicador conocido como RMSE.

El resultado se observa en la tabla en donde el valor RMSE alcanza el grado de exactitud que garantiza la calidad tanto de la Matriz de Datos de Elevación (MDE), como del Modelo Digital de Elevación (MDE).

Conforme la norma técnica FGDC-STD-007.3-1998

No.	P. Control	Elev. Medida	Elev. Modelo	Diferencia	(Diferencia) exp 2
1	PC5	52.347	53.0503	-0.7033	0.4946
2	PC1	48.614	49.0540	-0.4400	0.1936
3	PC2	47.060	48.0000	-0.9400	0.8836
4	PC3	28.268	28.1013	0.1667	0.0278
5	CP6	3.057	2.2040	0.8530	0.7276
6	CP4	1.176	2.0000	-0.8240	0.6790
7	PA3	13.229	14.0630	-0.8340	0.6956
8	CP9	13.908	14.6800	-0.7720	0.5960
9	CP10	12.053	11.4590	0.5940	0.3528
10	PC6	12.060	12.9490	-0.8890	0.7903
11	CP2	13.293	14.0000	-0.7070	0.4998
12	101	17.695	18.0000	-0.3050	0.0930
13	103	13.389	14.0000	-0.6110	0.3733
14	107	9.559	10.0696	-0.5106	0.2607
15	102	9.207	9.2140	-0.0070	0.0000
16	106	18.817	19.0000	-0.1830	0.0335
17	110	5.999	6.8753	-0.8763	0.7679
18	112	11.927	11.9620	-0.0350	0.0012
19	111	83.438	83.6970	-0.2590	0.0671
20	113	90.932	91.1650	-0.2330	0.0543
21	115	11.621	11.0090	0.6120	0.3745
22	116	15.503	16.0000	-0.4970	0.2470
23	RSSB-7	12.440	11.8393	0.6010	0.3612
24	RSSB-2	7.917	7.3253	0.5914	0.3498
25	RSSB-5	38.204	37.8780	0.3256	0.1060
26	RSSB-4	10.025	10.0000	0.0251	0.0006
27	VELERO	9.971	9.9723	-0.0012	0.0000
				SUMA	9.0310
				SUMA/n	0.3345
				Sqr(suma/n) = RMSE	0.5783

4. Personal técnico participante

El proceso de elaboración del Modelo Digital de Elevación (MDE) del área del proyecto en el sitio de Miramar, culminó el 28 de noviembre del 2008. Sin embargo, después de realizar los controles requeridos, se procedió a elaborar el Informe Técnico que muestra la participación activa de un **Fotogrametrista**, un **Especialista en Fotogrametría** y un **Fotogrametrista Principal**, incluyendo el control técnico del Director Técnico y el Director General de Geodesia y Cartografía, concluyéndose dicho informe, el 05 de diciembre del 2008.

Nombres	Cargo	Categoría	Período	Días	Actividad
Ing. Fernando Osorio Salazar	Fotogrametrista Principal	A	Del 13/10/2008 al 05/12/2008	39	Dirección y control primario de la actividad
Ing. Mayra Silva Díaz.	Especialista en Fotogrametría	B	Del 13/10/2008 al 05/12/2008	39	Ejecución de la actividad
Tec. Nubia Calero López	Fotogrametrista	C	Del 13/10/2008 al 05/12/2008	39	Apoyo y asistencia técnica para la ejecución de la actividad

5. Requerimientos financieros

En lo que respecta a los gastos por requerimientos, se determinó un total de C\$ 26,392.00 (Veinte y seis mil trescientos noventa y dos córdobas netos), tal y como se previó en el inventario de necesidades para la ejecución de esta actividad, lo cual deberá ser reembolsado a favor de la Dirección General de Geodesia y Cartografía.

Ítems	Cantidad	Descripción	C. unitario (Córdobas)	C. total (Córdobas)
1	1 juego	Juego de inyectores para plotter HP Desingjet 5500 PS (6 inyectores)	19,000.00	19,000.00
2	2 discos	2 Discos de respaldo externos de 500 GB cada uno.	2,083.00	4,166.00
3	1 caja	1 caja de DVD de 50 unidades para respaldar la información y realizar las copias de entregas del producto.	318.00	318.00
4	1 banda	1 banda para plotter HP Desingjet 5500 PS	2,908.00	2,908.00
Total =				C\$ 26,392.00

6. Productos

Se adjunta al presente Informe Técnico, un DVD conteniendo los siguientes productos:

- ✓ **Un archivo con la Matriz Digital de Elevación (DEM) en formato .DGN**
- ✓ **Un archivo con la Matriz Digital de Elevación (DEM) en formato ASCII**
- ✓ **Un archivo con la Líneas de Quiebre o Ruptura en formato .DGN**
- ✓ **Un archivo con la Líneas de Quiebre o Ruptura en formato .SHP**