



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISIÓN DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA

**LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO Y TOPOBATIMÉTRICO DE LA
PRESA CAZADERO, MUNICIPIO SAIN ALTO ZACATECAS**

PARA OBTENER EL TITULO:
INGENIERO GEOMATICO

PRESENTA:
JORGE TONATIUH MORENO SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS:
ING. ADOLFO REYES PIZANO

MÉXICO D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/174/2013

Señor
JORGE TONATIUH MORENO SÁNCHEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ADOLFO REYES PIZANO que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA GEOMATICA

**"LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO Y TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA CAZADERO,
MUNICIPIO SAIN ALTO ZACATECAS."**

INTRODUCCIÓN

- I. ANTECEDENTES**
- II. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**
- III. CONTROL TERRESTRE**
- IV. MONUMENTACIÓN Y REFERENCIACIÓN**
- V. LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO**
- VI. LEVANTAMIENTO BATIMETRICO**
- VII. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN**
- VIII. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 18 de Marzo de 2014
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN J. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH

INTRODUCCIÒN

I- ANTECEDENTES

- a. INFORMACIÒN GENERAL
- b. DATOS HIDROLOGICOS
- c. FECHA DE CONSTRUCCIÒN

II- RECOPILACIÒN DE LA INFORMACIÒN

- a. METODOLOGIA
- b. LEVANTAMIENTO ORIGINAL 1960
- c. LEVANTAMIENTO ORIGINAL 1985
- d. LEVANTAMIENTO ORIGINAL 1992

III- CONTROL TERRESTRE

- a. PLANIMETRIA
 - i. CONTROL HORIZONTAL CON GPS
- b. ALTIMETRIA
 - i. CONTROL VERTICAL

IV- MONUMENTACIÒN Y REFERENCIACIÒN

- a. MONUMENTOS CON PLACA
- b. COLOCACIÒN DE PLACAS

V- LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÈTRICO

- a. VUELO FOTOGRAMETRICO EN COLOR A 11 CM DE RESOLUCIÒN
- b. AEROPUERTO BASE
- c. AERONAVE
- d. TRIPULACIÒN MINIMA
- e. SISTEMA DE NAVEGACIÒN
- f. FILTROS
- g. TIEMPO DE EXPOSICIÒN
- h. CUBRIMIENTO DE AREAS
- i. NUBOSIDAD
- j. DERIVA
- k. GIRO
- l. VERTICALIDAD
- m. SOBREPOSICIÒN LONGITUDINAL
- n. SOBREPOSICIÒN LATERAL
- o. ALTURA DE VUELO
- p. RESOLUCIÒN
- q. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES
- r. FOTOGRAFIAS AEREAS
- s. RESTITUCIÒN FOTOGRAMETRICA EN ESCALA 1:2000
- t. AEROTRIANGULACIÒN ANALITICA
- u. CALCULO
- v. RESTITUCIÒN FOTOGRAMETRICA

VI- LEVANTAMIENTO BATIMETRICO

- a. SECCIONES TRANSVERSALES
- b. BATIMETRIA
 - i. METODO
 - ii. EQUIPO
 - iii. DENSIFICACIÓN
 - iv. VELOCIDAD
 - v. CALIBRACIÓN
 - vi. CURVA DE ELEVACIONES-AREAS Y CAPACIDADES
- c. PLANOS TOPOBATRIMETRICOS
 - i. PLANOS ESCALA 1:2000
 - ii. PLANO GENERAL ESCALA 1:10000
- d. ORTOFOTOS DIGITALES 1:2000
- e. SECCIONES TRANSVERSALES ESCALA 1:5000 HORIZONTAL Y 1:1000 VERTICAL

VII- ANALIS DE LA INFORMACIÓN

- a. DATOS
- b. COMPARACIONES

VIII- CONCLUSIONES

INTRODUCCION

El estudio denominado "Levantamiento topobatimétrico de la Presa El Cazadero, Municipio de Saín Alto, Zac.", se adjudicó a la empresa Argeomática, S.A. de C.V. mediante el procedimiento de Licitación Pública N° SGT-OCCCN-ZAC-09-03-RF-LP.

Los trabajos consistieron en la obtención de la topobatimetría del vaso de la presa, así como la elevación de su corona, utilizando métodos batimétricos y fotogramétricos.

Recopilación y Análisis de la Información existente:

Se recopiló información en la Gerencia de Ingeniería Básica de Normas Técnicas y en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, recabando información de documentos como: Levantamiento topobatimétrico elaborado por la empresa Sistemas Gráficos Digitales, S.A. de C.V. en 1992, las elevaciones de las diferentes estructuras de control de la presa, bancos de nivel, así como la descripción y planos de la cortina y boquilla.

Control Terrestre:

El levantamiento se ligó verticalmente a un banco de nivel ubicado en la cortina, a las reglas de medición de los niveles de la presa y a la cresta del vertedor; horizontalmente se ligó a la Estación fija Durango perteneciente a la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI.

Monumentación y Referenciación:

Para el apoyo al vuelo fotogramétrico, se levantaron 49 vértices de GPS, de los cuales 6 son mojoneras, 6 placas colocadas sobre cilindros de concreto y el resto se establecieron mediante varillas, el control se preseñaló mediante cruces antes de efectuar el vuelo fotogramétrico, para así hacerlo visible en las fotografías aéreas.

La diferencia de elevación entre las mojoneras y el espejo del agua (constante), se determinó por posicionamiento satelital en tiempo real, efectuando en las mismas el ajuste de la elevación geoidal (Elevación de mojonera de liga y del espejo del agua).

Levantamiento aerofotogramétrico:

Se tomaron imágenes digitales a color a una resolución de 11 cm cubriendo una superficie total de 4,136 ha, cubriendo el vaso de la presa hasta la elevación al NAME.

La restitución digital consistió en obtener la planimetría a nivel catastro hasta la elevación al NAME y a nivel manzanero por arriba de esta elevación. La altimetría se determinó mediante la configuración de curvas de nivel a cada metro, desde el espejo de agua hasta el nivel de la Corona, resultando una superficie aproximada de 675 ha.

Levantamiento batimétrico:

Para monitorear el grado de azolvamiento en la presa, se colocaron mojoneras en los extremos de las secciones de control propuestas, levantando las mismas por métodos batimétricos y fotogramétricos. El levantamiento batimétrico consistió en la medición de secciones norte - sur cada 80 m y a distancias de 20 m en las cercanías a la cortina y vertedor, sobre las

secciones se obtuvieron medidas de las profundidades a distancias entre 5 y 20 m, empleando posicionamiento satelital y ecosonda digital.

Curva de elevaciones - áreas y capacidades:

Para obtener la Gráfica de elevaciones – áreas y capacidades, se formaron las áreas de cada curva de nivel a intervalos de un metro, desde el fondo de la presa, hasta la elevación a la Corona, con las mismas se calcularon los volúmenes por entre cotas obteniéndose la capacidad total a la Corona, con esta información se elaboró la gráfica de elevaciones, áreas y capacidades del vaso, misma que se integró a los planos de la cortina en ambas escalas (1:2,000 y 1:10,000), donde se indicaron las elevaciones correspondientes a la capacidad muerta, umbral de la obra de toma, NAMO, NAME y Corona de la presa.

Planos topobatimétricos:

Los planos topobatimétricos se editaron para su impresión a escala 1:2,000 y 1:10,000 con curvas cada 1.00 m hasta la elevación de la Corona, además se elaboró un plano escala 1:5,000 con el perfil por el fondo de la presa, cuyo cadenamiento inicia en la cortina; a este plano se anexaron las secciones transversales propuestas, en escala 1:5,000 longitudinal y 1:100 vertical.

I.- ANTECEDENTES

- **INFORMACION GENERAL**

Localización: La presa se ubica aproximadamente a 115 km al noroeste de la ciudad de Zacatecas y a unos 20 km aguas arriba de la población de Río Grande, sobre el río Grande ó Aguanaval, en el Municipio de Saín Alto, Zac.

Vías de comunicación: Por la carretera pavimentada N° 49, San Luis Potosí - Torreón, tramo Zacatecas - Río Grande, en cuyo km 121, con origen en Zacatecas, se inicia un camino de terracería, transitable en todo tiempo, con 12 km de desarrollo que termina en la presa.

Propósito: Para riego de 2,500 ha de Riego y otros usos secundarios.

Fecha de construcción: De 1961 a 1964 a contrato por la Compañía "Constructora NAYAR"

Fecha del Levantamiento: 2009

- **DATOS HIDROLOGICOS**

Río: Grande ó Aguanaval.

Cuenca: Interior o Endorreica con una área de 5,167 km², localizada en el Estado de Zacatecas.

Escorrentamiento anual:

Período: Datos observados de 1941 a 1967.

Máximo: 244 millones de m³.

Mínimo: 19 millones de m³.

Promedio: 67 millones de m³.

Avenida máxima registrada: 437 m³ /s el 25 de agosto de 1959.

- **FECHA DE CONSTRUCCION**

Datos obtenidos del libro Grandes Presas de México

Levantamiento original 1960 (Grandes Presas de México)				
Datos	Elevación msnmm	Superficie ha	Capacidad Mm ³	Otros
Fecha de construcción				1961 a 1964
Escorrentamiento anual promedio 1941 – 1967				Mínimo 19 Mm ³ Promedio 67 Mm ³ Máximo 244 Mm ³
Área de cuenca		516,700		
Superficie dominada		2,500		
Fondo original	1,897.00			
Capacidad muerta	1,905.80		8.00	
Capacidad al NAMO	1,914.50	468.00	30.90	
Capacidad útil (NAMO)	1,914.50	468.00	22.90	
NAME (capacidad total)	1,918.12	688.00	51.60	
Corona	1,920.12			

Datos actualizados a 2008

Levantamiento original 1960 (Grandes Presas de México)				
Datos	Elevación msnmm	Superficie ha	Capacidad Mm ³	Otros
Fecha de construcción				1961 a 1964
Escorrentamiento anual promedio 1941 – 1967				Mínimo 19 Mm ³ Promedio 67Mm ³ Máximo 244 Mm ³
Área de cuenca		516,700		
Superficie dominada		2,500		
Fondo original	1,897.00			
Capacidad azolves	1,906.00		2.80	
Capacidad al NAMO (sobre elevación)	1,916.00	451.197	28.847	Capacidad total
Capacidad útil (NAMO)	1,916.00	451.197	26.047	
NAME (capacidad total)	1,919.94	587.100	47.775	Para control de avenidas
Corona	1,920.12			

II- RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- **Metodología**

Esta actividad consistió en la recopilación de información en diferentes oficinas como son: Dirección Local en Zacatecas, la Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, así como la biblioteca de la CONAGUA en el km "0". La información se procesó, analizó y depuró, mientras que la cartografía existente se escaneó, vectorizó y georreferenció, para que en un formato uniforme se pudieran realizar los análisis comparativos de los diferentes levantamientos.

Recopilación de Información

Dependencia	Material	Observaciones
CONAGUA OCCCN Dirección Local Zacatecas	Niveles de las Estructuras de control de la Presa. Gráfica de Elevaciones-Áreas y Capacidades. Datos de las estructuras de control de la Presa.	Entrega física de estructuras, mojoneras y datos del Levantamiento Original
CONAGUA Subdirección Técnica Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas (GIBNT)	Plano 1:10,000 del Levantamiento (1992) Copia del Volumen V (Presa El Cazadero)	Material gráfico
INEGI	Croquis de localización del Banco de Nivel	Localizado y posicionado
INEGI	Datos de las Estaciones Fijas	Archivos

- **Levantamiento Original 1960.**

Este levantamiento no se pudo localizar, sería conveniente seguir rastreándolo, para así realizar el estudio comparativo con información cartográfica.

Tabla de datos del levantamiento original de 1960 (reportado en levantamiento de 1992)

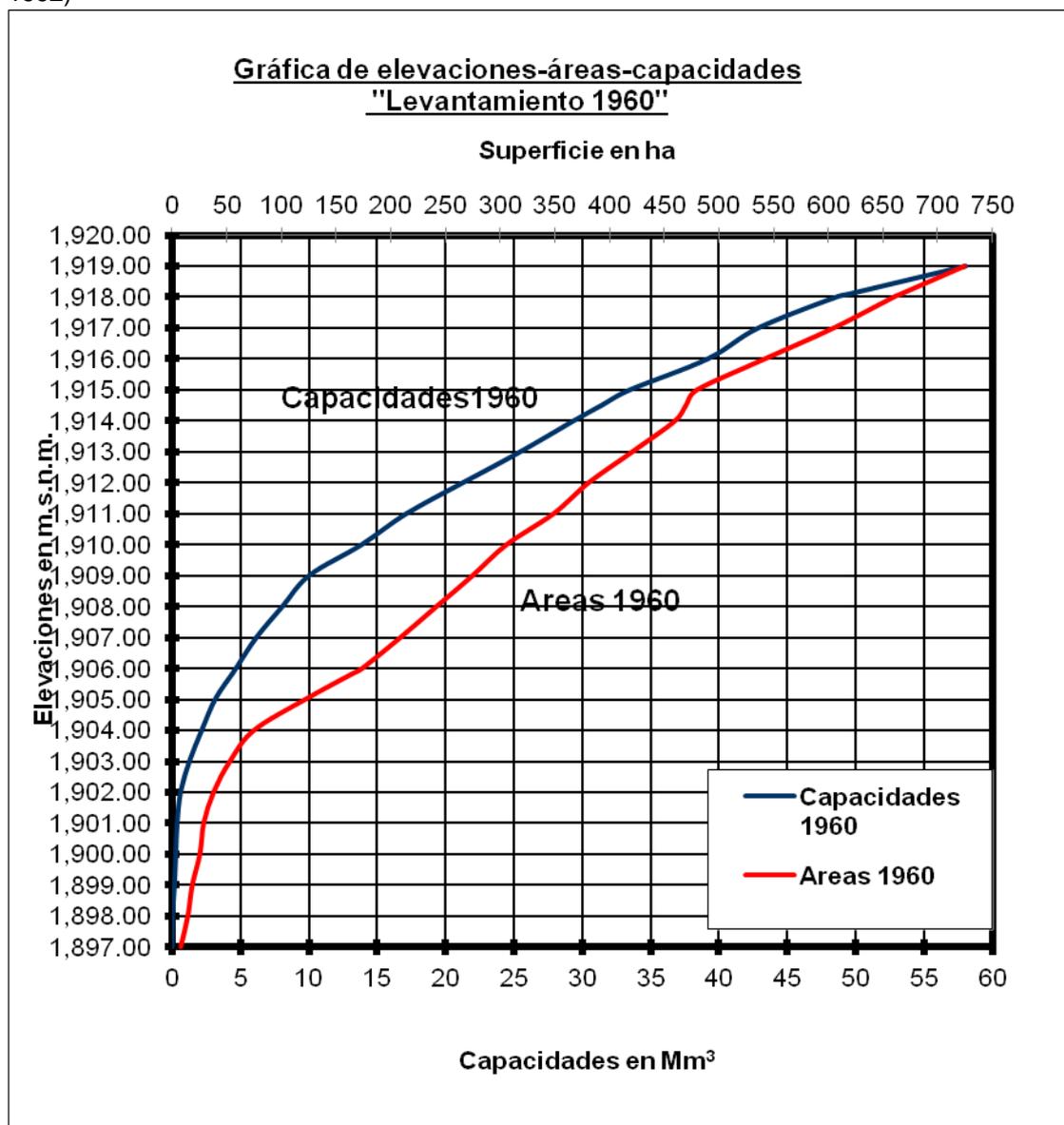
Gráfica de elevaciones - áreas y capacidades "Levantamiento 1960"			
Elevaciones msnmm	Superficie ha	Capacidad acumulada Mm³	Estructura de Control
1,896.00	0.00	0.00	
1,897.00	8.00	0.04	Fondo original
1,898.00	14.50	0.08	
1,899.00	18.50	0.20	
1,900.00	25.50	0.30	
1,901.00	29.00	0.40	
1,902.00	38.00	0.65	
1,903.00	53.00	1.30	
1,904.00	75.00	2.20	
1,905.00	122.00	3.18	
1,905.80	163.60	4.40	Umbral de las rejillas
1,906.00	174.00	4.70	
1,907.00	209.00	6.20	Fondo actual
1,908.00	242.00	8.10	
1,909.00	275.00	10.06	
1,910.00	306.00	13.90	Parte superior de las Rejillas
1,911.00	349.00	17.17	
1,912.00	381.00	21.30	
1,913.00	421.00	25.50	
1,914.00	460.00	29.40	
1,914.50	470.00	31.45	NAMO Original
1,915.00	480.00	33.50	
1,916.00	542.00	39.20	NAMO Actual
1,917.00	605.00	42.90	
1,918.00	660.00	48.60	
1,918.12	667.80	49.74	NAME Original
1,919.00	725.00	58.10	

1,919.94	0.00	0.00	NAME Actual
1,920.00	0.00	0.00	
1,920.12	0.00	0.00	Corona

Este levantamiento debe encontrarse extraviado ya que en los planos del levantamiento de 1992 se construyó la tabla de datos y esto solo es posible con la cartografía.

Con la tabla de datos de 1960 se construyó la Gráfica de elevaciones-áreas y capacidades.

Gráfica de elevaciones-áreas-capacidades Levantamiento 1960 (datos recopilados de informe 1992)



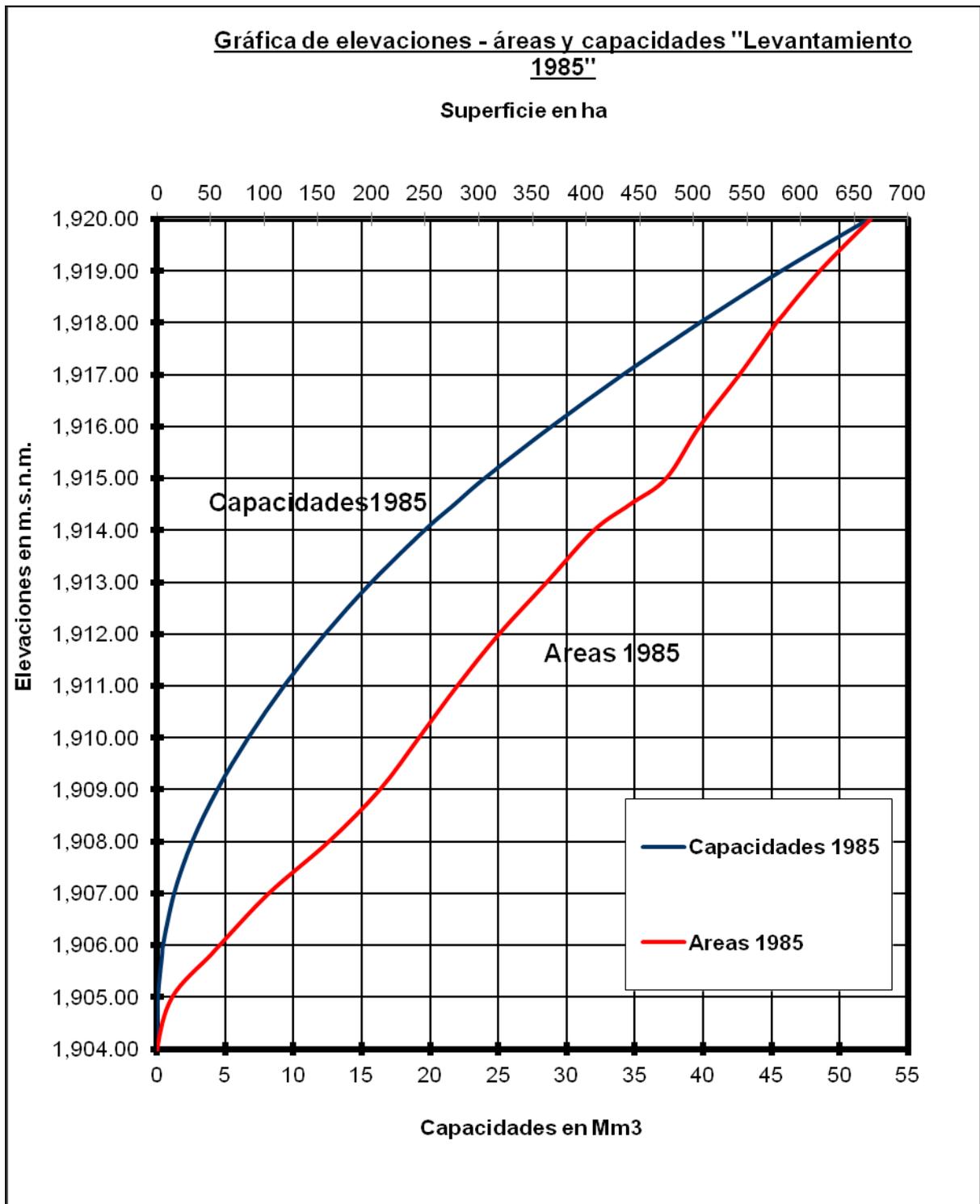
- **Levantamiento 1985**

Al parecer en el año de 1985 se realizó un levantamiento topobatimétrico, mismo que se encuentra tabulado en el plano escala 1:5,000 del levantamiento de 1992, con estos datos se construyó la gráfica y tabla de datos de 1985 que se presentan a continuación.

Tabla de datos del levantamiento de 1985 (reportado en levantamiento de 1992)

Gráfica de elevaciones - áreas y capacidades "Levantamiento 1985"			
Elevaciones msnmm	Superficie ha	Capacidades acumulada Mm3	Estructura de Control
1,896.00	0.00	0.00	Fondo original
1,897.00	0.00	0.00	
1,898.00	0.00	0.00	
1,899.00	0.00	0.00	
1,900.00	0.00	0.00	
1,901.00	0.00	0.00	
1,902.00	0.00	0.00	
1,903.00	0.00	0.00	
1,904.00	0.60	0.00	Fondo 1985
1,905.00	14.54	0.08	
1,905.80	49.95	0.37	Umbral de rejillas
1,906.00	58.80	0.45	
1,907.00	104.54	1.26	Fondo Actual
1,908.00	160.54	2.59	
1,909.00	207.98	4.43	
1,910.00	244.26	6.69	Parte superior de rejillas
1,911.00	280.02	9.31	
1,912.00	318.94	12.31	
1,913.00	363.38	15.72	
1,914.00	407.26	19.59	
1,914.50	440.90	21.79	NAMO Original
1,915.00	474.54	23.98	
1,916.00	505.52	28.88	NAMO Actual
1,917.00	542.78	34.12	
1,918.00	577.10	39.72	
1,918.12	581.95	40.44	NAME Original
1,919.00	617.50	45.70	
1,919.94	662.19	51.72	NAME Actual
1,920.00	665.04	52.11	
1,920.12	0.00	0.00	Corona

Gráfica de elevaciones - áreas y capacidades del levantamiento de 1985 (con datos de 1992)

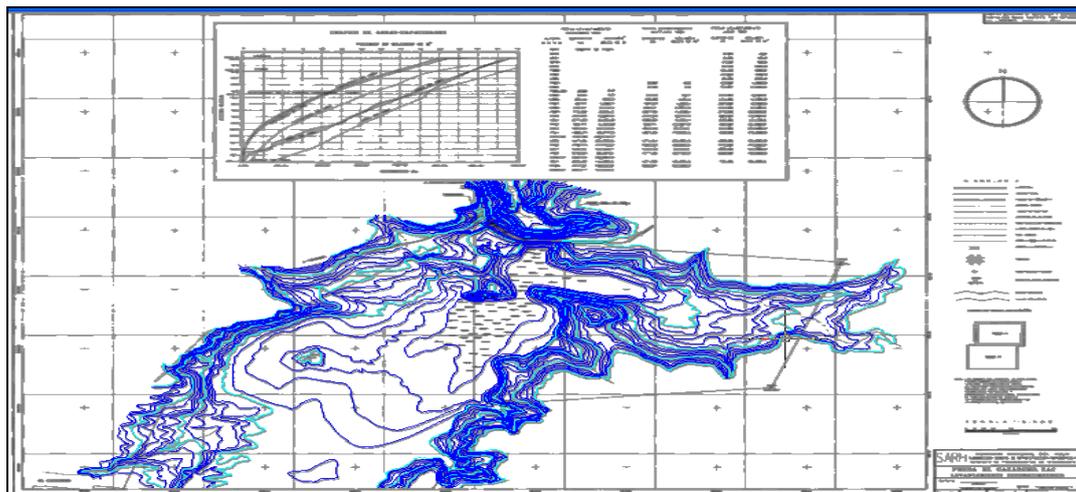


- **Levantamiento 1992**

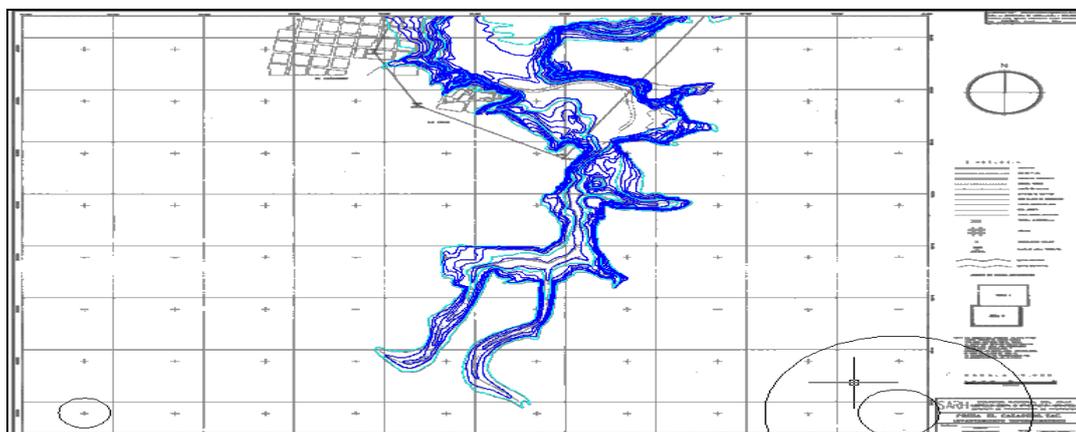
La empresa Sistemas Gráficos Digitales, S.A. de C.V. realizó el levantamiento topobtimétrico de 1992, el producto recopilado es un plano general escala 1:5,000 con curvas de nivel cada metro, impreso en papel bond, en sistema de coordenadas UTM NAD 27 sin liga a la Red Pasiva del INEGI, por lo que se realizaron los siguientes procesos, para transformar este levantamiento al sistema de coordenadas UTM ITRF-92.

- I- Escaneo del plano a 600 DPI.
- II- Vectorización de curvas de nivel y planimetría relevante.
- III- Transformación de las coordenadas UTM NAD 27 a UTM ITRF-92.
- IV- Cálculo de la diferencia de coordenadas entre NAD 27 (local) y ITRF-92.
- V- Cálculo de las áreas bajo las curvas de nivel.
- VI- Elaboración de la gráfica de elevaciones - áreas y capacidades.

Levantamiento 1992 (1/2) escaneado, vectorizado y georeferenciado



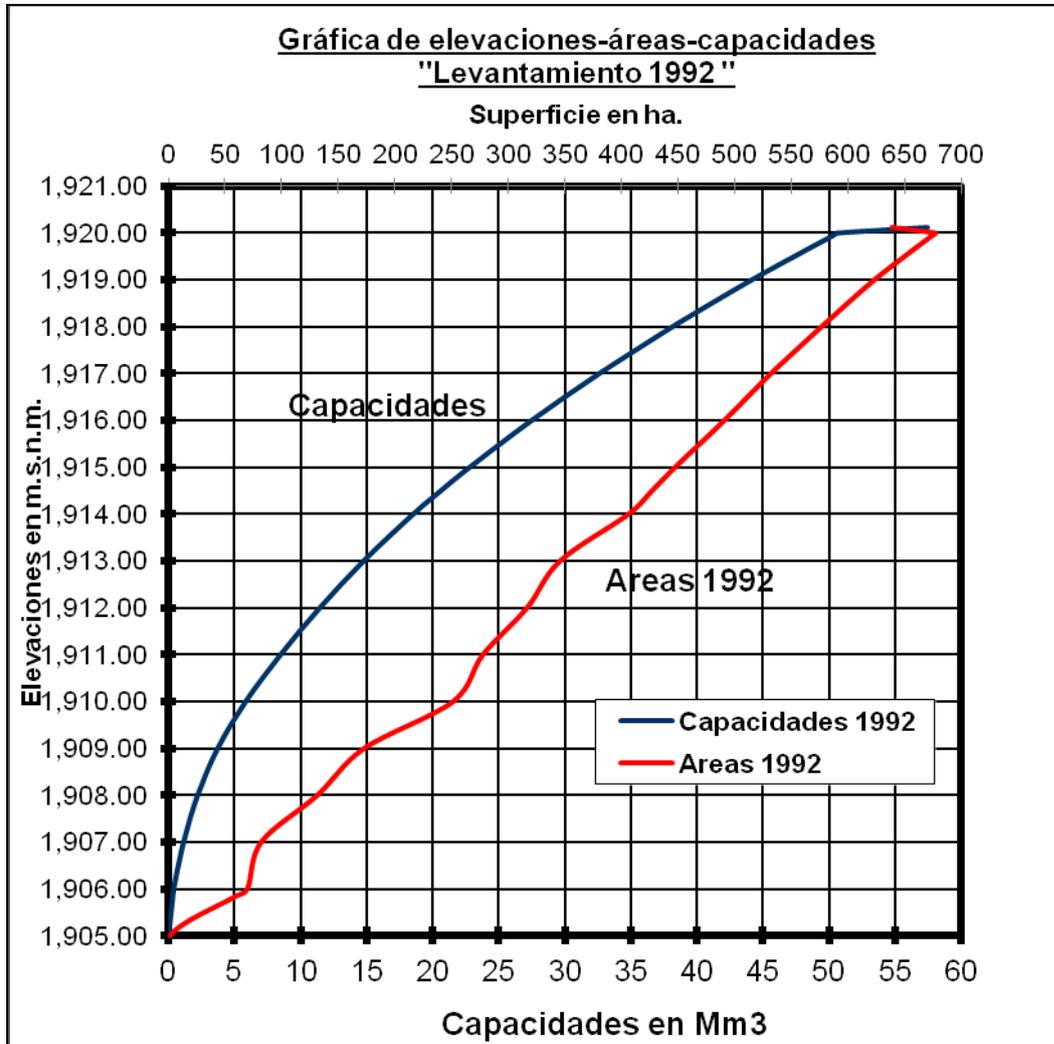
Levantamiento 1992 (2/2) escaneado, vectorizado y georeferenciado



Datos del levantamiento de 1992 (digitalizados en 2009)

Gráfica de elevaciones-áreas-capacidades "Levantamiento 1992 - Datos CONAGUA"			
Elevaciones msnm	Superficie ha	Capacidades acumulada Mm3	Estructura de Control
1,896.00	0.00	0.00	Fondo original
1,897.00	0.00	0.00	
1,898.00	0.00	0.00	
1,899.00	0.00	0.00	
1,900.00	0.00	0.00	
1,901.00	0.00	0.00	
1,902.00	0.00	0.00	
1,903.00	0.00	0.00	
1,904.00	0.00	0.00	
1,905.00	0.84	0.00	Fondo 1992 CONAGUA
1,905.80	55.64	0.28	Umbral de las rejillas
1,906.00	69.34	0.35	
1,907.00	81.54	1.11	Fondo Actual
1,908.00	131.19	2.17	
1,909.00	172.60	3.69	
1,910.00	251.09	5.81	Parte superior de rejillas
1,911.00	277.55	8.45	
1,912.00	316.47	11.42	
1,913.00	345.64	14.73	
1,914.00	406.19	18.49	
1,914.50	426.90	20.58	NAMO Original
1,915.00	447.26	22.76	
1,916.00	490.73	27.45	NAMO Actual
1,917.00	531.92	32.57	
1,918.00	576.64	38.11	
1918.12	582.24	38.80	NAME Original
1,919.00	623.32	44.11	
1,919.94	673.98	50.22	NAME Actual
1,920.00	677.21	50.61	
1,920.12	638.77	57.42	Corona

Gráfica de elevaciones-áreas-capacidades del levantamiento de 1992



Como se observa en la imagen, las curvas se vectorizaron sobre la imagen raster, que posteriormente se ajustó sobre tres puntos de control comunes en ambos levantamientos, transformando de esta manera el sistema de coordenadas NAD 27 a ITRF-92, que es el sistema oficial y es el mismo que se empleó para el levantamiento de 2009.

Existe una diferencia entre la transformación de las coordenadas UTM NAD 27 y las reales, lo cual se debe a que el levantamiento de 1992 no se ligó a la Red Activa o Pasiva del INEGI, por lo que digitalmente se movió punto a punto el levantamiento de 1992 a las coordenadas del levantamiento del 2009, tomando como base el Banco de Nivel N° 67 que es común en ambos levantamientos.

III.- CONTROL TERRESTRE

PLANIMETRIA

- Control horizontal con GPS

Para cumplir con la Normatividad Oficial y la de la CONAGUA, específicamente con el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de abril de 1998, que reforma y adiciona las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos publicadas el 1° de abril de 1985, se procedió a ligar el levantamiento actual a la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI, considerando lo establecido para el Control Horizontal.

Artículo 1º punto 1.5.- Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal deberá estar referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 1992 con datos de la época 1988, denominado como ITRF-92 Época 1988.0, que es el Sistema Geodésico de Referencia oficial para México.

Clasificación de levantamientos GPS

Orden	Clase	Exactitud Relativa	P.P.M.	Efemérides	Error Base
Segundo	I	1 :50,000	20	Transmitidas	2.0
	II	1 :20,000	50		3.0
Tercero	I	1 :10,000	100		5.0

El origen de las coordenadas UTM se estableció mediante una Liga a la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI, utilizándose posicionadores de doble banda de la marca Trimble Navigation, modelo R6, en modo estático, empleando las constelaciones rusa Glonast y la americana Navstar, recibiendo señal en sincronía durante un tiempo de recepción mayor a 4 horas, logrando de esta manera ligar la mojonera 1006 al Sistema Geodésico Nacional en la Estación Fija INEGI Durango (IDGO), asumiendo de esta manera el Sistema de coordenadas oficial.

Coordenadas de la mojonera utilizada como origen horizontal

Nombre punto	Norte (Y)	Error (norte)	Este (X)	Error (este)	Elevación (msnmm)	Error (elevación)
IDGO	2,661,750.500	0.000	539,944.084	0.000	1880.745	2.814m
1006	2,620,847.829	0.002	692,229.032	0.002	1927.049	2.814m

Como se observa, el error de liga es de 2 cm en una distancia de 157 kilómetros, obteniéndose las precisiones siguientes:

Precisión de la liga a la red Activa del INEGI

Desde punto	Al punto		Componentes	Error a posteriori (1.96 σ)	Precisión horiz. (Razón)	Precisión 3D (Razón)
IDGO	1006	Ac.	105°11'31.2667"	0°00'00.0032"	1:85,948,654	1:85,948,654
		\square H.	49.175m	0.024m		
		\square Elev.	46.303m	3.979m		
		Dist.	157,715.453m	0.002m		

Liga a la Red Geodésica Nacional

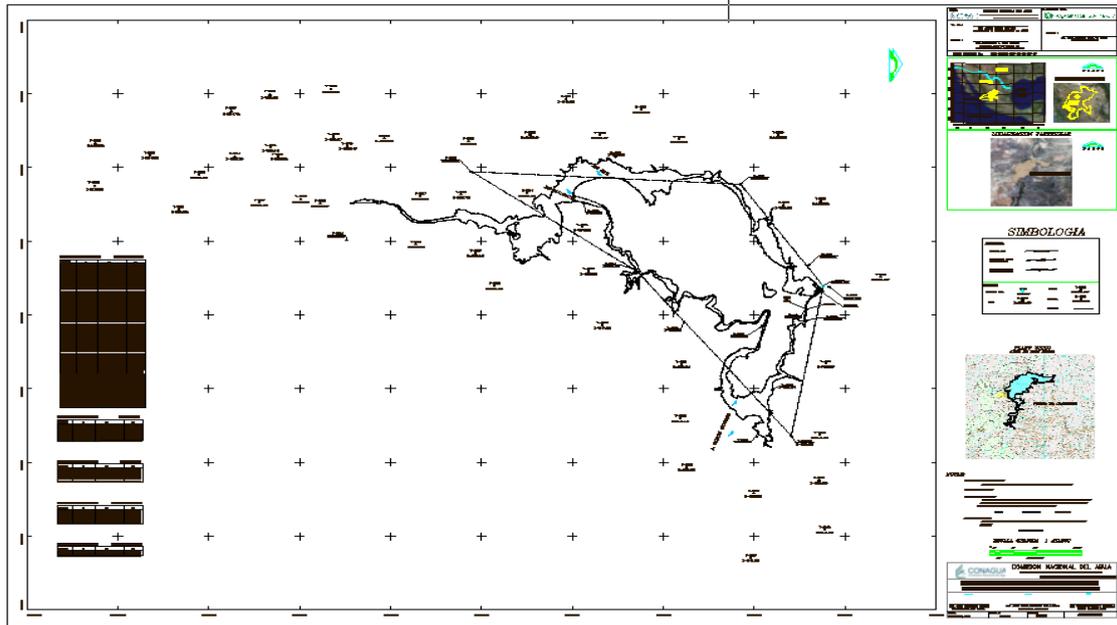
Desde punto	Al punto		Componentes	Error a posteriori (1.96 σ)	Precisión horiz. (Razón)	Precisión 3D (Razón)
IDGO	1006	Ac.	105°11'31.2667"	0°00'00.0032"	1:85948654	1:85948654
		Δ H.	49.175m	0.024m		
		Δ Elev.	46.303m	3.979m		
		Dist.	157715.453m	0.002m		

Por lo consiguiente, las precisiones en (X,Y) son mayores a 1 en 85 millones lo cual cumple sobradamente con las precisiones normadas por el INEGI para un levantamiento de Segundo Orden Clase I, donde las precisiones requeridas son del orden de 1:50,000.

Poligonal envolvente de control.- Con el objetivo de proveer de mayor rigidez al levantamiento y contar con comprobaciones de cierre y evitar errores aleatorios en la densificación del control a los modelos estereoscópicos, se levantó una poligonal envolvente GPS al área de estudio, dicha poligonal consta de 8 vértices ubicados sobre mojoneras y placas, entre los cuales se encuentran los ligados a la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI (1006) y al Banco de Nivel (BN Testigo 086).

Para las mediciones de la poligonal envolvente se utilizó el modo RTK, empleando posicionadores geodésicos de doble banda, marca Trimble Navigation, modelos 5700, 5800 y R6 recibiendo señal en sincronía, hasta generar precisiones de +/- 0.04 m.

Poligonal envolvente de control



Precisiones obtenidas en la poligonal envolvente de control

Obs. ID	Desde pto.	Al pto.		Observación	Error a posteriori (1.96σ)	Residual
LB3	60CNA	2004	Ac.	233°27'49.5310"	0°00'01.2782"	-0°00'00.2544"
			ΔH.	-14.236m	0.067m	0.007m
			Dist.	2806.326m	0.022m	-0.001m
LB1	BN67	60CNA	Ac.	100°33'26.3874"	0°00'04.1899"	0°00'01.1625"
			ΔH.	10.745m	0.107m	0.021m
			Dist.	2058.041m	0.035m	0.014m
LB4	2004	2003	Ac.	217°16'23.3199"	0°00'03.4289"	-0°00'01.6827"
			ΔH.	32.336m	0.139m	-0.022m
			Dist.	2265.707m	0.059m	0.010m
LB6	1006	BN67	Ac.	57°23'24.3405"	0°00'04.8528"	0°00'01.5703"
			ΔH.	-3.406m	0.150m	-0.007m
			Dist.	1652.128m	0.050m	0.004m
LB5	2003	1006	Ac.	4°05'07.2737"	0°00'03.1184"	0°00'01.1681"
			ΔH.	-25.440m	0.159m	0.003m
			Dist.	2968.351m	0.038m	-0.006m

A partir de la poligonal envolvente se radiaron vértices de apoyo que se utilizaron en la aerotriangulación analítica para dar escala a las fotografías aéreas.

- **Control Vertical**

ALTIMETRIA

Nivelación diferencial de bancos de nivel.

La cota inicial empleada es 1,916.00 msnmm referida al banco de nivel que se encuentra a un costado de la cortina y se trasladó mediante posicionamiento en tiempo real en modo geodésico a la mojonera 67 verificando de esta manera la elevación reportada, existiendo una diferencia de 2 cm, que es la precisión del equipo.

Asimismo para fines prácticos, se consideró que la elevación medida en la regla de nivel ubicada en la cortina, es la misma que en cualquier punto del cuerpo del vaso de la presa, dadas las correcciones derivadas del gasto.

Por tanto haciendo base en el espejo de agua se midió la elevación de las mojoneras, para ajustar la tendencia de la poligonal a recuperar la elevación elipsoidal, considerando que la variación entre la medida de GPS de la poligonal y la obtenida del espejo del agua se encuentren en un rango menor a 2 cm. Otra de las razones fundamentales para considerar el espejo de agua, como elevación constante en el cuerpo del vaso, se debe a que todas las mediciones batimétricas se realizaron a partir de ese nivel. Las mojoneras se ajustaron a la elevación del agua, para en ellas fijar la altura geoidal, determinada por el nivel del agua. En la nivelación no fue necesario ligarlo a la Red Geodésica Nacional ya que no se requería para fines del proyecto.

IV.- MONUMENTACION Y REFERENCIACIÓN

Monumentos con placa

Se construyeron 6 mojoneras de concreto armado con dimensiones de 30 cm de base mayor, 20 cm de base menor y 60 cm de altura, sobresaliendo 5 cm del terreno natural para su fácil localización, colocadas en los estrechamientos del vaso, ya que se utilizarán posteriormente en el control de azolves.

Las mojoneras y las placas se señalaron con cruces de cal en forma de “Y”, para hacerlas visibles en la toma de fotografías aéreas.

En su construcción, a las mojoneras se les colocó una placa de aluminio al centro, con diámetro de 10 cm, en las que se le grabaron las siglas siguientes.

Datos contenidos en la placa de aluminio

Nombres	Siglas
Comisión Nacional del Agua	CONAGUA
Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte	OCCCN
Dirección Local Zacatecas	DLZ
Argeomática	ARGEOMATICA

De cada una de las mojoneras se elaboró un croquis para su localización, el cual contiene descripción, coordenadas y fotografía, que integran el álbum fotográfico de Control Terrestre. Estas se situaron en el plano de Control Terrestre a escala 1:10,000, donde se identificaron con un determinado símbolo y con numeración consecutiva a partir del vértice 1001.

Valores coordenados de las Mojoneras

TABLA DE COORDENADAS (MOJONERAS)

PUNTO	X	Y	Z
M-1001	693331.386	2621592.882	1919.934
M-1002	694150.217	2621086.539	1917.505
M-1003	692471.289	2619117.850	1915.901
M-1004	692346.372	2618501.856	1928.563
M-1005	691214.968	2619753.029	1931.758
M-1006	692229.032	2620847.829	1924.612

Colocación de placas

Al no existir roca sana sobre la cual empotrar las placas, estas se colaron en cilindros de concreto de 60 cm de largo y 20 cm de diámetro en moldes de PVC, los que posteriormente se marcaron para hacerlos visibles en las fotografías aéreas.

Placa sobre cilindro de concreto



Es conveniente resaltar que las mediciones sobre las placas y mojoneras se llevaron a cabo una vez que estas fueron colocadas, en ningún caso se midió y después se colocó la placa en la mojonera.

El posicionamiento satelital de los vértices de apoyo al vuelo aerofotogramétrico se propago a partir de la poligonal envolvente, radiándose los vértices de apoyo a los cuales se les asignó numeración consecutiva a partir del 3000, su ubicación obedece el criterio de obtener una densidad de 1.5 vértice por cada 2 fotografías.

Para la medición de los vértices se emplearon, equipos R6 en Tiempo Real (RTK) en modo geodésico, marca Trimble Navigation.

Coordenadas de los vértices de apoyo al vuelo fotogramétrico

TABLA DE COORDE NADAS		(BANCOS DE NIVEL)	
PUNTO	X	Y	Z
V-3001	693485.596	2622388.833	1914.697
V-3002	694662.883	2621786.144	1929.993
V-3003	695628.272	2621720.024	1944.473
V-3004	696240.298	2621711.522	1929.086
V-3005	696911.387	2621772.485	1942.451
V-3006	695022.349	2621192.252	1915.794
V-3007	695647.464	2621022.475	1916.947
V-3008	696417.379	2620992.416	1928.267
V-3009	697292.421	2620960.345	1942.508
V-3010	694095.410	2620223.569	1934.667
V-3011	694667.489	2620195.179	1950.441
V-3012	695402.108	2620186.598	1944.149
V-3013	696063.532	2620255.823	1926.035
V-3014	692810.015	2619107.128	1935.822
V-3015	693407.654	2619175.960	1934.852
V-3016	694138.182	2619328.269	1947.455
V-3017	692475.805	2615558.152	1920.678
V-3018	693607.798	2618142.136	1945.504
V-3019	693160.875	2617932.436	1930.542
V-3020	693043.791	2617276.775	1964.008
V-3021	692985.115	2616515.908	1972.308
V-3022	692337.485	2616224.817	1925.517
V-3023	692099.607	2614893.379	1920.556
V-3024	691733.105	2615678.793	1935.341
V-3025	691583.503	2616370.366	1922.917
V-3026	691606.991	2616930.167	1932.860
V-3027	692390.748	2617326.925	1935.451
V-3028	692368.665	2617774.773	1929.772
V-3029	691642.046	2617855.910	1959.111
V-3030	691557.494	2618532.796	1943.193

V-3030	691557.494	2618532.796	1943.193
V-3031	691072.452	2618927.825	1943.866
V-3032	691564.316	2619301.525	1928.527
V-3033	691618.782	2620172.009	1928.513
V-3034	691558.185	2621260.708	1934.355
V-3035	692508.018	2621321.072	1921.503
V-3036	692456.651	2621728.936	1956.292
V-CNA.60	695637.086	2621406.492	1931.825
V-3050	691829.480	2614328.722	1934.973
V-3051	691667.879	2613713.271	1925.004
V-3052	692256.653	2613741.721	1973.223
V-3053	692571.794	2614627.887	1929.952
V-3054	691855.169	2615285.052	1935.782
V-3055	691805.026	2615724.944	1933.634
V-3056	692431.413	2615998.549	1930.610
V-3057	691238.602	2615245.421	1944.741
V-3058	691016.431	2615670.672	1924.832
V-3059	690941.000	2616339.267	1935.177
V-3060	691714.936	2616447.510	1922.136

Para verificar las diferentes estructuras de control, se realizaron mediciones en tiempo real sobre la cortina de la presa, el vertedor y del espejo del agua a las mojoneras, para así ajustar la elevación elipsoidal a la geoidal.

Vértices medidos sobre estructuras de control

Estructura de control	Coordenadas		
	Y	X	Z
2002	2,621,571.41	694,078.76	1,920.21
Cortina 01	2,621,565.44	694,336.01	1,920.30
Cortina 02	2,621,567.29	694,248.24	1,920.17
Cortina 03	2,621,568.79	694,203.75	1,920.18
Cortina 04	2,621,569.75	694,160.22	1,920.12
Cortina 05	2,621,570.88	694,117.46	1,920.20
Cortina 06	2,621,572.73	694,035.46	1,920.28
Cortina 07	2,621,573.94	693,990.87	1,920.26
Cortina 08	2,621,575.25	693,948.27	1,920.28
Cortina 09	2,621,575.62	693,906.44	1,920.09
Cortina 10	2,621,581.94	693,874.98	1,920.48
Cortina 11	2,621,597.80	693,832.20	1,920.48
Cortina 12	2,621,621.03	693,797.27	1,920.45
Cortina 13	2,621,651.06	693,767.77	1,920.42
Cortina 14	2,621,682.33	693,740.62	1,920.38
Cortina15	2,621,710.54	693,715.87	1,920.29
Escala	2,621,566.72	693,907.33	1,916.00
Vertedor 01	2,621,669.34	693,569.62	1,916.06
Vertedor 02	2,621,656.19	693,580.27	1,916.03
Vertedor 03	2,621,653.64	693,598.15	1,916.05
Vertedor 04	2,621,670.55	693,621.70	1,916.00
Vertedor 05	2,621,696.66	693,656.72	1,916.02
Vertedor 06	2,621,715.57	693,681.83	1,916.03

Productos de entrega

Con las coordenadas, croquis, descripción y fotografías de campo, de las mojoneras, placas y vértices de apoyo al vuelo fotogramétrico, se integró el álbum fotográfico de control terrestre, que se entregó impreso y digital en formato “.PDF” de Acrobat.

Por otra parte se elaboró el Plano de Control Terrestre escala 1:10,000, impreso y en formato digital “.DWG” de Auto Cad, donde se situaron todos los vértices y las tablas de coordenadas de los monumentos, placas y vértices de apoyo al vuelo fotogramétrico.

V.- LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAFICO

Vuelo fotogramétrico en color a 11 cm de resolución

El levantamiento de los terrenos libres de agua se realizó mediante el método aerofotogramétrico, que requiere necesariamente fotografía aérea ya que con esta se obtuvieron las curvas de nivel a cada metro y la planimetría a través de las actividades siguientes:

Aeropuerto base

La operación se llevó a cabo desde el Aeropuerto Internacional General Leobardo C. Ruiz Camarillo, ubicado en el kilómetro 23 de la Carretera Panamericana, tramo Zacatecas – Fresnillo en el Municipio de Morelos; a 33 kilómetros de las instalaciones de la CONAGUA en la Ciudad de Guadalupe, Zacatecas.

Aeronave

La aeronave que se utilizó para la toma de fotografía aérea es un Cessna 206-TU, con matrícula XB-FHS, que se encuentra adaptado para la toma de fotografía aérea, con la documentación, permisos correspondientes y con el mantenimiento adecuado para las aeronaves utilizadas para la toma de fotografía aérea, de acuerdo a la normatividad de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

Tripulación mínima.

La tripulación para la toma de fotografía aérea consistió en un piloto comercial, un piloto privado para auxilio en las comunicaciones y en la navegación, y un camarógrafo para la toma de fotografías.

Sistema de Navegación.

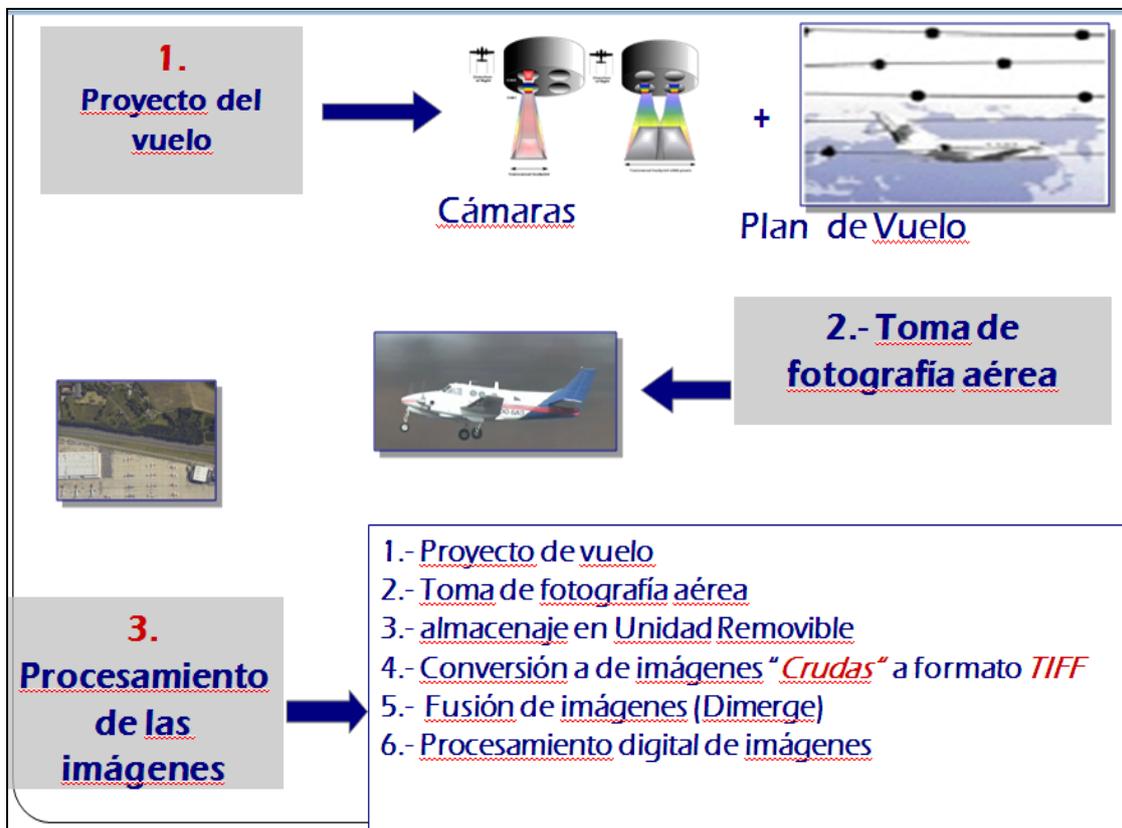
Para el seguimiento de líneas de vuelo, la aeronave cuenta con un sistema de navegación Track Air con el cual se cumplió con el seguimiento del proyecto de vuelo.

Aeronave utilizada para la toma de fotografía aérea



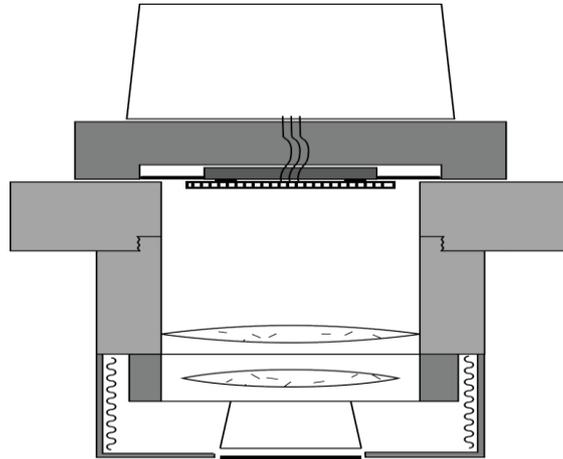
El polígono del vuelo en formato digital, en coordenadas UTM en el Dátum ITRF92 y el Modelo Digital de Terreno (MDT), fueron los insumos para que el Sistema de Navegación Track Air generara el Plan de Vuelo obteniendo los rumbos y coordenadas de origen de 5 líneas de vuelo, así como las coordenadas X, Y, Z de cada toma fotográfica.

Diagrama de flujo

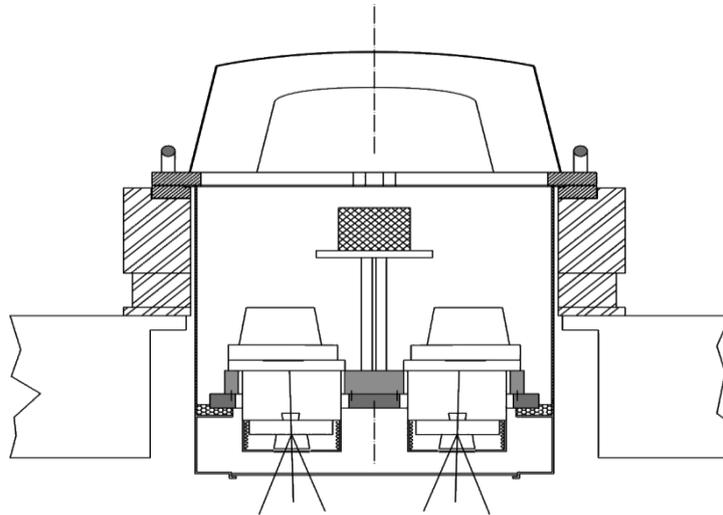


Con los datos en el ordenador, se procedió a realizar la misión, guiando el sistema de navegación a la posición exacta de la línea de vuelo, para así iniciar los disparos de la cámara en las coordenadas predeterminadas para cada toma.

Módulo de la cámara DIMAC.



Sistema integrado con dos cámaras



Almacenaje de las imágenes en discos esclavos presurizados



Módulos de control on line



Módulo de control de las cámaras
activación del Forward Motor Speed (FMS)

Control de sobreposición lateral y longitudinal

Empleo del Sistema de compensación de velocidad (Forward Motor Compensation)



Utilización del FMC.- La cámara empleada en la toma fotográfica contiene un módulo para fijar las imágenes y evitar distorsiones por la velocidad

Cálculo preliminar de los parámetros de vuelo.

<u>PARAMETERS</u>		<u>RESULTS</u>	
FOOTPRINT			
Along axis of flight line	7200 pixels		
Across axis of flight line	10500 pixels		
LENS			
Focal length	80 mm		
OVERLAP			
Longitudinal	65%		
Transversal	20%		
GSD			
	0.11 meters		
➔			
FLIGHT ALTITUDE			
	1294 meters	4246 feet	
INTERVAL			
Between flight line	924 meters	feet	
Between exposure	277 meters	feet	
SURFACE			
Full footprint	0.915 km ²	mile ²	
Utile model	0.256 km ²	mile ²	

Empleo del Sistema de Track Air para el control de la deriva



Filtros

Se utilizó un dispositivo electrónico para filtrar la luz necesaria y evitar al máximo las reflexiones y controlar adecuadamente la distribución de la luz en la imagen.

Tiempo de exposición.

Para determinar el tiempo de exposición, la cámara contiene un dispositivo electrónica que permite controlar en forma automática el tiempo de exposición de acuerdo a las condiciones de luminosidad imperantes en la zona de trabajo

Cubrimiento de áreas.

La toma de fotografía aérea abarcó una superficie total de 4,136 ha, con lo cual se garantizó el cubrimiento estereoscópico total de la zona de estudio.

Todas las líneas tuvieron continuidad y ninguna se interrumpió por lo cual no fue necesario efectuar "parches".

Nubosidad.

La zona de estudio fotografiada estuvo carente de nubes o sombras.

Deriva.

Todas las líneas se encuentran paralelas dentro de un rango menor al 5%, como se observa en las fotos índices. Para el control de la deriva y mantenerla por debajo de los 2°, se empleó un sistema diseñado por Track Air, que consiste en una cámara adicional con interface a un GPS, que nos permite verificar los detalles en tierra con respecto al eje de la línea de vuelo y de esta manera colocar la cámara con el ángulo que resulta de la medición de la deriva por medio de servomotores.

Giro.

Los giros fueron inferiores a los 5° como se demuestra en la aerotriangulación analítica.

Verticalidad.

Las fotografías son verticales con un promedio menor al 2%, lo que se puede constatar en los valores reconstruidos para el ajuste de los modelos estéreo, de esta manera la inclinación relativa entre dos fotografías sucesivas no excede de los 4°.

Sobreposición longitudinal.

En general, la sobreposición longitudinal promedio entre fotografías sucesivas se encuentra en el rango de 65% +/- 5%, lo que garantiza el cubrimiento estereoscópico en las líneas de vuelo.

Sobreposición lateral.

La sobreposición lateral entre franjas de vuelo adyacentes se encuentra en el rango de 30% +/- 5, por lo que no se observan huecos estereoscópicos entre líneas de vuelo.

Altura de vuelo.

Debido a que no existen variaciones significativas en el terreno, las imágenes aéreas se tomaron a una altitud de 3,210 msnmm. La cual fue obtenida al utilizar el modelo geoidal y el plan de vuelo, generando un perfil por cada línea de vuelo y con ello la altitud a la que se debe mantener la aeronave para generar imágenes a 11 cm de resolución.

Resolución.

La resolución de las imágenes es de 11 cm.

Procesamiento de las imágenes.

Las imágenes obtenidas de las dos cámaras se fusionaron a través del paquete Merge, para así obtener un nuevo centro de proyección para la nueva imagen.

Las imágenes se rotularon digitalmente a través de una aplicación diseñada ex profeso en el paquete Cad Corp.

En cada imagen se anotó lo siguiente:

- Fecha de toma
- Número de línea.
- Número de fotografía.
- Resolución
- Distancia focal 80.33 mm
- Presa El Cazadero
- CONAGUA
- Argeomática

Fotografías aéreas

Las impresiones a color de las imágenes se llevaron a cabo mediante procedimiento digital, sobre papel fotográfico.

Restitución fotogramétrica en escala 1:2,000

Para realizar la restitución fotogramétrica, se utilizó el método de restitución por imágenes digitales (softcopy), para lo cual es indispensable contar con imágenes métricas, mismas que se obtuvieron a través del barrido de los negativos en un escáner métrico marca DIMAC, obteniendo con esta herramienta imágenes digitales de alta resolución a 16 micras, las que se georreferenciaron por medio de aerotriangulación analítica, empleando como control terrestre los bancos de nivel, poligonal envolvente y vértices de apoyo al vuelo fotogramétrico

Imágenes a color a 11 cm de resolución empleadas para la restitución



Aerotriangulación analítica

Como método de densificación del control terrestre a los modelos estereoscópicos, se empleó la aerotriangulación analítica por modelos independientes, sobre las imágenes digitales en color escaneadas a 1,200 DPI.

Para la Orientación Interna se midieron las marcas fiduciales, con tolerancia de +/-10 micras. La Orientación Relativa se calculó por la medición de paralajes, en 6 puntos del modelo estereoscópico, en las zonas de unión entre modelos, más los puntos de pase entre líneas y los de control terrestre.

Para la Orientación Absoluta se solucionaron los parámetros de orientación Phi, Kappa y Omega, empleando las coordenadas de los vértices de control GPS, mojoneras y puntos de "Z" constante.

Cálculo

Para el cálculo de coordenadas de terreno, se utilizó un solo bloque con el total de modelos, presentando los residuales de unión entre modelos, líneas, centros de proyección, control terrestre y los errores cuadráticos medios del total de los puntos involucrados en la aerotriangulación. En general los residuales no sobrepasaron los 15 cm en los tres ejes.

Aerotriangulación analítica (coordenadas instrumentales)

Testing Common Model Points Flatness, R-Sqrd = 0.00						
Common Points are Non-Planar; Use 3D transformation!						
After 1 Iterations So = 0.007668						
After 2 Iterations So = 0.007982						
After 3 Iterations So = 0.007982						
-----				-----		
Transformed Model Coordinates (mm)				Residuals		
-----				-----		
<---Point No--->	Xp	Yp	Zp	Vx	Vy	Vz
-----				-----		
PRJC605	241.188	-8.212	-3.734	0.000	0.000	-0.002
PRJC606	322.108	-10.790	-4.539			
63057	243.227	-46.993	-156.773	-0.000	-0.008	-0.008
64067	319.788	0.392	-159.426			
63067	325.861	-39.872	-158.721			
64057	246.103	23.295	-157.610	-0.001	0.001	0.017
65056	243.531	63.476	-158.556	0.000	0.004	-0.008
85046	251.319	-111.160	-156.699	0.000	0.003	0.002
65066	321.798	32.141	-159.944			
85056	340.296	-103.002	-158.959			
5057	326.841	31.990	-160.019			
5058	340.873	-102.987	-158.935			
Root Mean Square Transformation Residuals:				0.000	0.004	0.009

3-D Conformal Transformation Parameters						

Parameter	Initial Approx	Final value		Standard Deviation		

Scale	1.060791	1.060800		0.000044		
OMEGA (dms)	0 0 0	-1 57 16		0 0 9		
PHI (dms)	0 0 0	0 -42 6		0 0 12		
KAPPA (dms)	0 0 0	0 -9 46		0 0 12		
TX (mm)	242.687	241.188		0.008		
TY (mm)	-12.416	-8.212		0.006		
TZ (mm)	-10.564	-3.734		0.006		

Initial Model Coordinates (mm)						

Restitución fotogramétrica.

La planimetría y las curvas de nivel a cada metro se generaron directamente de las Estaciones de Restitución (Softcopy), con el software desarrollado por Digital Video Plotter (DVP), a partir de las imágenes digitales en tres dimensiones, orientadas analíticamente durante el proceso de aerotriangulación.

En la captura de la información, se emplearon técnicas de restitución fotogramétrica por medio de imágenes digitales, obteniendo de esta manera la planimetría y la altimetría, con curvas de nivel equidistantes a 1 metro hasta la elevación de la Corona.

Vertedor de la Presa Cazadero

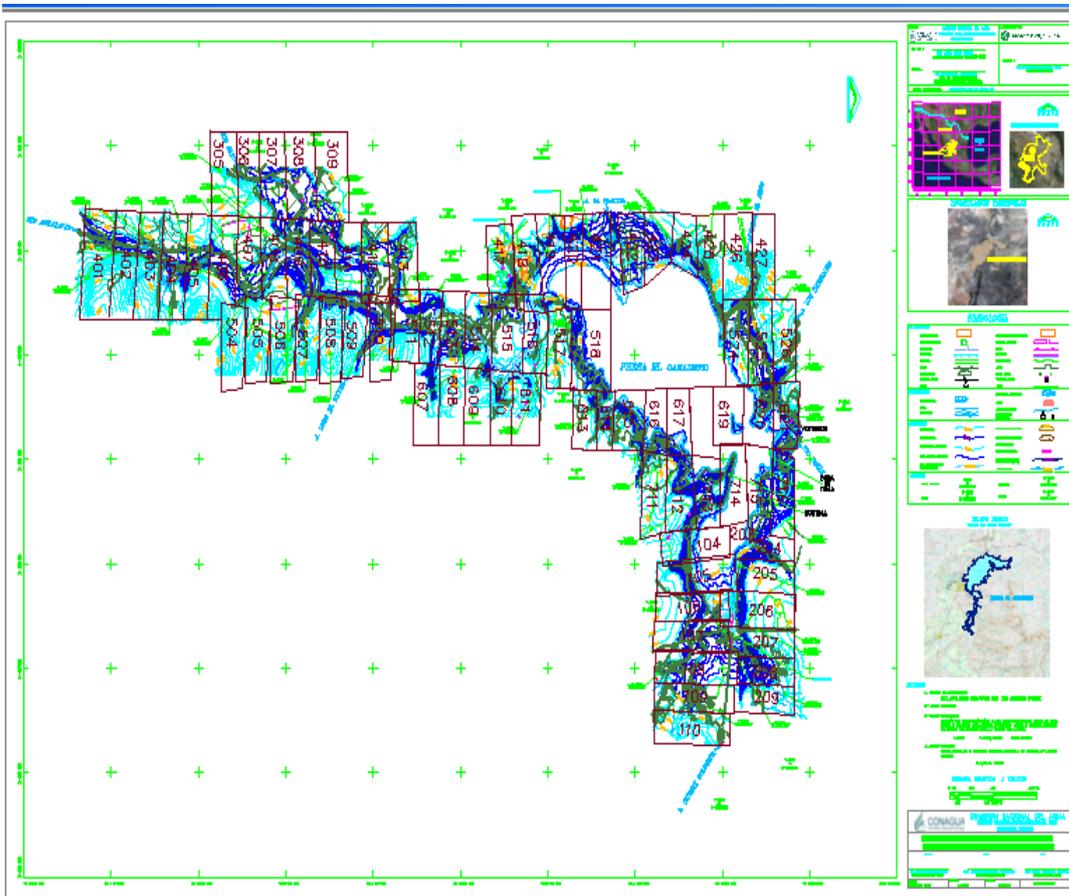


Planimetría.- La altura de vuelo, la densidad del control terrestre y el escaneo de los negativos del vuelo a 16 micras (11 cm el tamaño del pixel), permiten que la precisión planimétrica del 90% de los puntos foto identificables, se encuentre en un rango de + 0.20 cm si estos se miden en terreno.

La restitución aerofotogramétrica se digitalizó, geocodificando todos los detalles planimétricos artificiales y naturales identificados en el estudio para ser graficada a escala 1:2,000, restituyendo los detalles identificables en las fotografías aéreas que pueden representarse a la escala de dibujo, como son los naturales: cauces, depresiones, cerros, vegetación, cuerpos de agua, etc.) y los artificiales como: infraestructura existente, (corona, cortina, obra de toma, diques, vertedor), vías de comunicación, líneas de transmisión, canales, drenes, linderos, cercas, poblados, construcciones en general, etc.).

Altimetría.- Esta se representó por medio de curvas de nivel (topográficas y batimétricas) a 1 metro de equidistancia para la escala de 1:2,000 y 1:10,000. La confiabilidad es mayor al + el 30 % de la equidistancia entre curvas de nivel.

Modelos de la restitución digital



Los datos fueron representados por entidades gráficas con sus coordenadas (X, Y, Z), discriminadas temáticamente en layers ó capas en 3D, esto permitió utilizar la altimetría para la generar el modelo digital de elevaciones (MDE), empleado para el proceso de elaboración de la ortofoto.

En el almacenamiento definitivo de la información mediante los archivos digitales, se utilizaron discos versátiles digitales (DVD), empleándose formatos DXF, SWD, SIS, de tal forma que se pueden editar y reproducir mediante Auto CAD versión 2004 o posterior, asimismo la información se encuentra en formato."SWD" y ".SIS", de Cad Corp, la que es totalmente exportable a cualquier Sistema de Información Geográfica (SIG) como Auto Cad Map, Arc GIS, Arc View o a cualquier CAD.

Geocódigos utilizados para la restitución

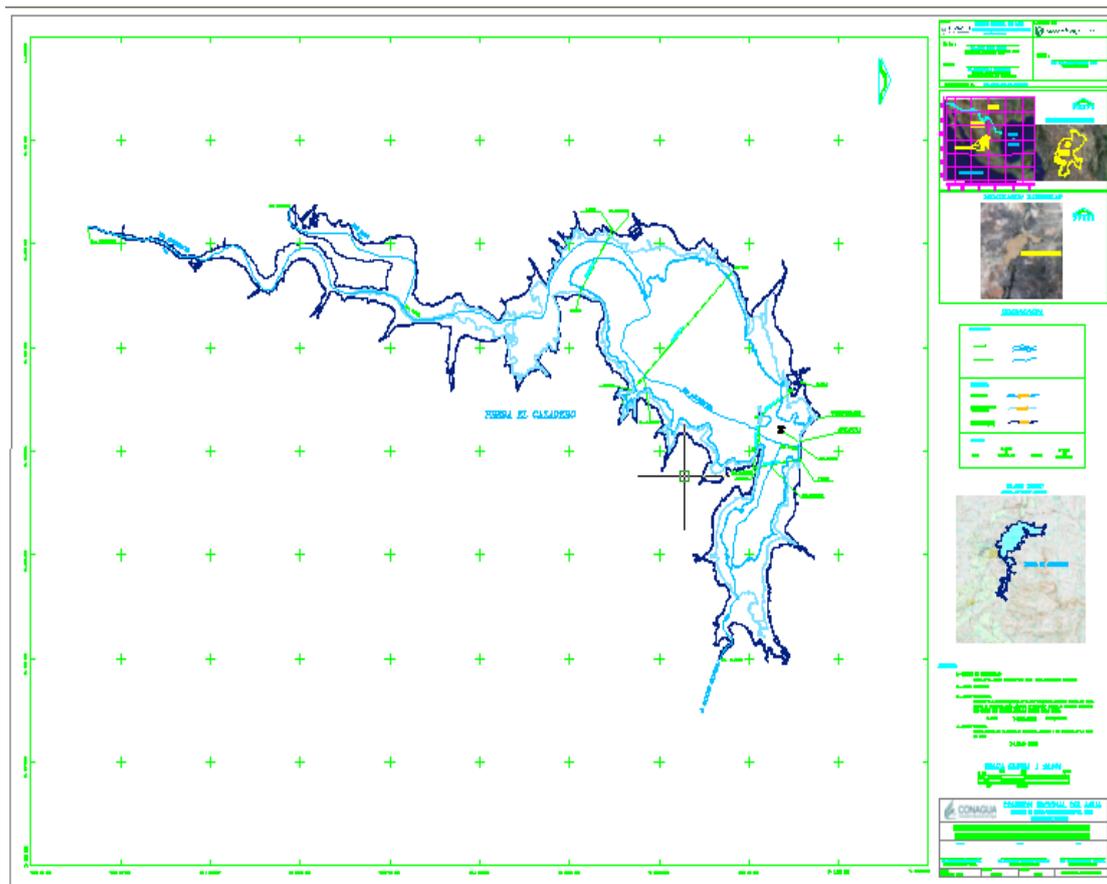
CLASE	OVERLAYS
Planimetría	Bardas, caminos, árboles, jardín, veredas, muros, banquetas, límites indefinidos de manzanas, límites de manzanas, muelles, construcciones, etc.
Infraestructura	Carreteras, ferrocarril, caminos de terracería, líneas de alta tensión, postes, alcantarillas, puentes, obras de toma, etc.
Hidrografía	Cuerpos de agua, Causes de ríos, arroyos, canales, zona sujeta a inundación, infraestructura hidroagrícola, etc.
Altimetría	Curvas de nivel, cotas fotogramétricas, cotas de curvas de nivel curvas de nivel del NAMO, NAME, Corona, mojoneras, placas y DTM.
Toponimia	Coordenadas, vértices GPS, bancos de nivel, nombres de poblados, ríos, drenes, canales, cuerpos de agua, pies de plano y simbología.

VI.- LEVANTAMIENTO BATIMETRICO

Secciones transversales (control topobatimétrico)

Para el establecimiento del control topográfico necesario en el vaso de la presa se ubicaron 5 secciones transversales de control, las cuales fueron previamente seleccionadas en base a los planos de levantamientos anteriores, mismas que fueron planteadas y trazadas en campo, dejando monumentados sus extremos (dichos monumentos forman parte del control terrestre), con el fin de poderlas reconstruir en levantamientos posteriores. De estas secciones, en terreno seco se obtuvo el perfil mediante métodos topográficos directos (nivelación) y de la zona inundada se obtuvo mediante sondeos batimétricos para determinar el perfil correspondiente, los datos de estas secciones forman parte de la configuración topobatimétrica obtenida.

Plano de Ubicación de secciones



Batimetría

Método

Para el levantamiento de la zonas inundadas, se empleó el método batimétrico en forma puntual, con secciones cada 80 m en sentido Norte – Sur y Este - Oeste, levantando puntos a cada 5 m sobre cada sección.

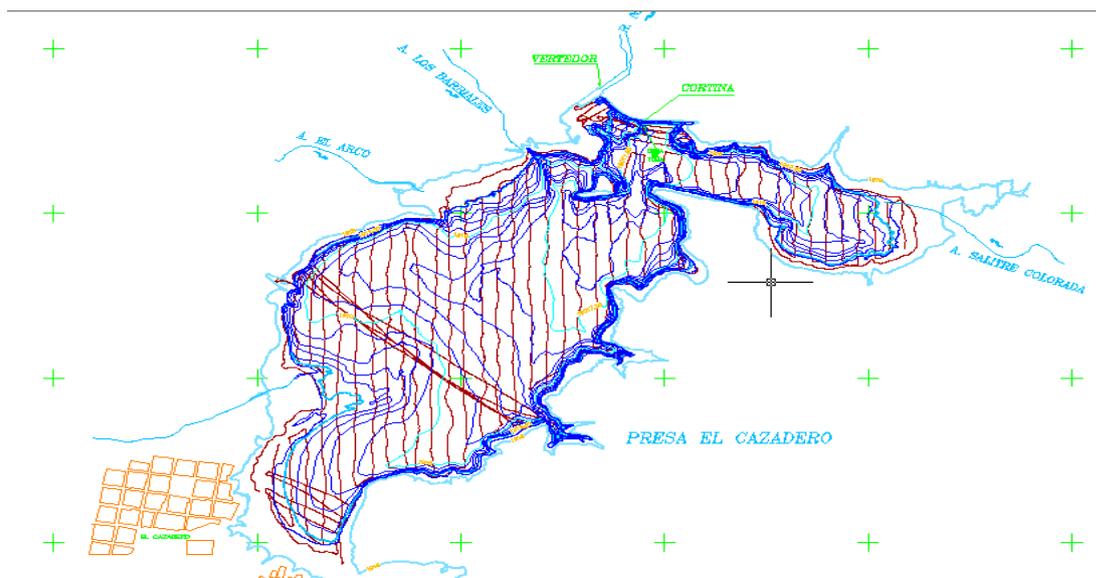
De todos los transectos, se analizó y depuró la información en un modelo tridimensional en el SIG Cad Corp, eliminando los puntos que aparentemente no correspondían al relieve del terreno.

La altimetría, se representó con curvas de nivel a cada metro hasta la elevación del NAME. En los planos, además de las curvas de nivel se anotaron las elevaciones obtenidas por medio de sondeos batimétricos con una densidad mínima de 10 puntos por decímetro cuadrado en la escala de dibujo.

Equipo

El equipo utilizado para este levantamiento fue el siguiente: Para determinar la posición de cada sondeo se empleó un Posicionador PROXRS de la marca Trimble Navigation, que con la señal del satélite Omnistar generó las coordenadas (X,Y) de puntos a cada 5 metros con precisión submetro, mientras que para obtener las profundidades de cada posicionamiento, se empleó un ecosonda digital con precisión +/- 15 cm, con interface a la libreta electrónica de Trimble en la cual se almacenaron los datos.

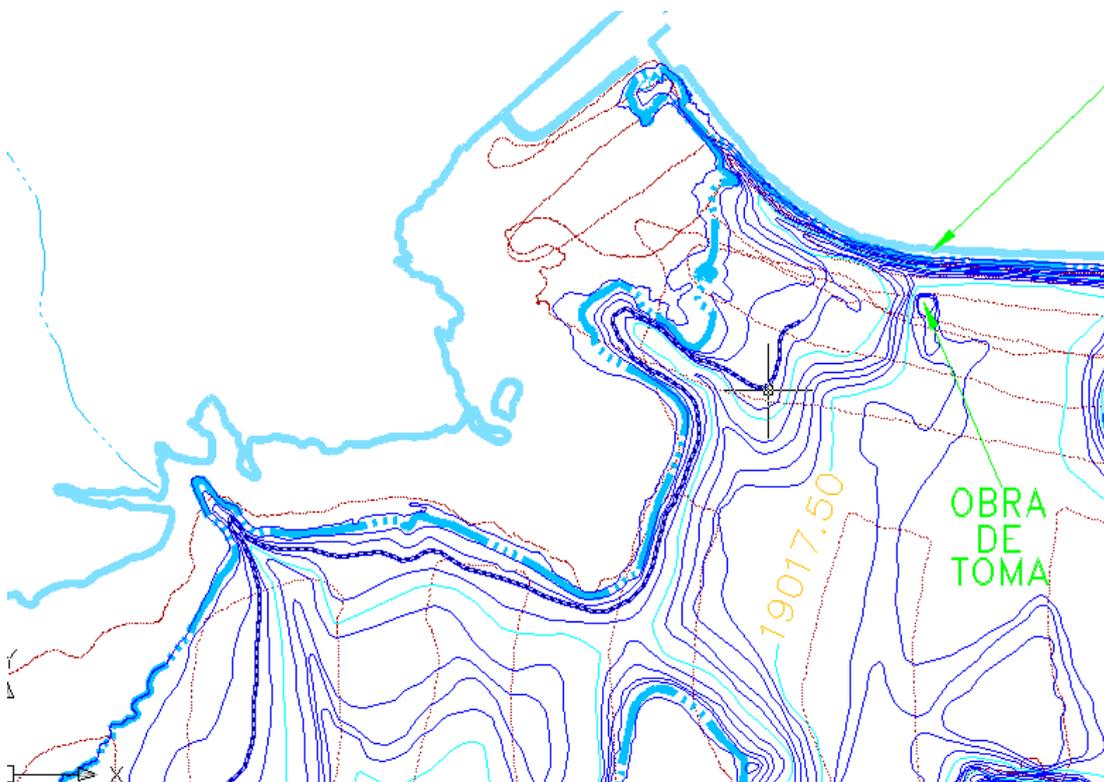
Seccionamiento batimétrico con ecosonda digital e interface a GPS RTK



Densificación

En las zonas con tirantes de agua mayores a 80 cm, se levantaron secciones a cada 80 m con el ecosonda y el posicionador, mientras que en las zonas someras donde fue difícil el acceso, se tomó la profundidad con un estadal y la posición del sondeo con el posicionador en tiempo real junto a la Cortina y en las inmediaciones el Vertedor, se tomaron secciones a cada 20 m, con el fin de configurar a mayor detalle en este sitio.

Densidad del Seccionamiento junto a la cortina



Velocidad

La velocidad máxima de la lancha fue de 8 km/h, para evitar pérdidas de recepción, falsos rebotes y formación de olas.

Calibración

El ecosonda se calibró antes de efectuar las mediciones, todos los días antes y después de haber realizado los recorridos batimétricos, asimismo se midieron las elevaciones del nivel del agua en la regla. Para determinar las coordenadas (X, Y) se utilizaron sistemas de posicionamiento global por satélite en tiempo real, por lo que no hubo necesidad de ligarse al apoyo terrestre, que se levantó para el vuelo fotogramétrico.

Curva de elevaciones – áreas y capacidades

A partir de la configuración topobatimétrica del vaso en escala 1:2,000, representada en los planos mediante curvas de nivel batimétricas y topográficas con equidistancia a cada metro hasta la elevación a la Corona, se procedió a determinar la superficie por entrecotas, así como al cálculo de las capacidades (volúmenes entrecotas y acumulado), para obtener la curva de elevaciones - áreas y capacidades del vaso.

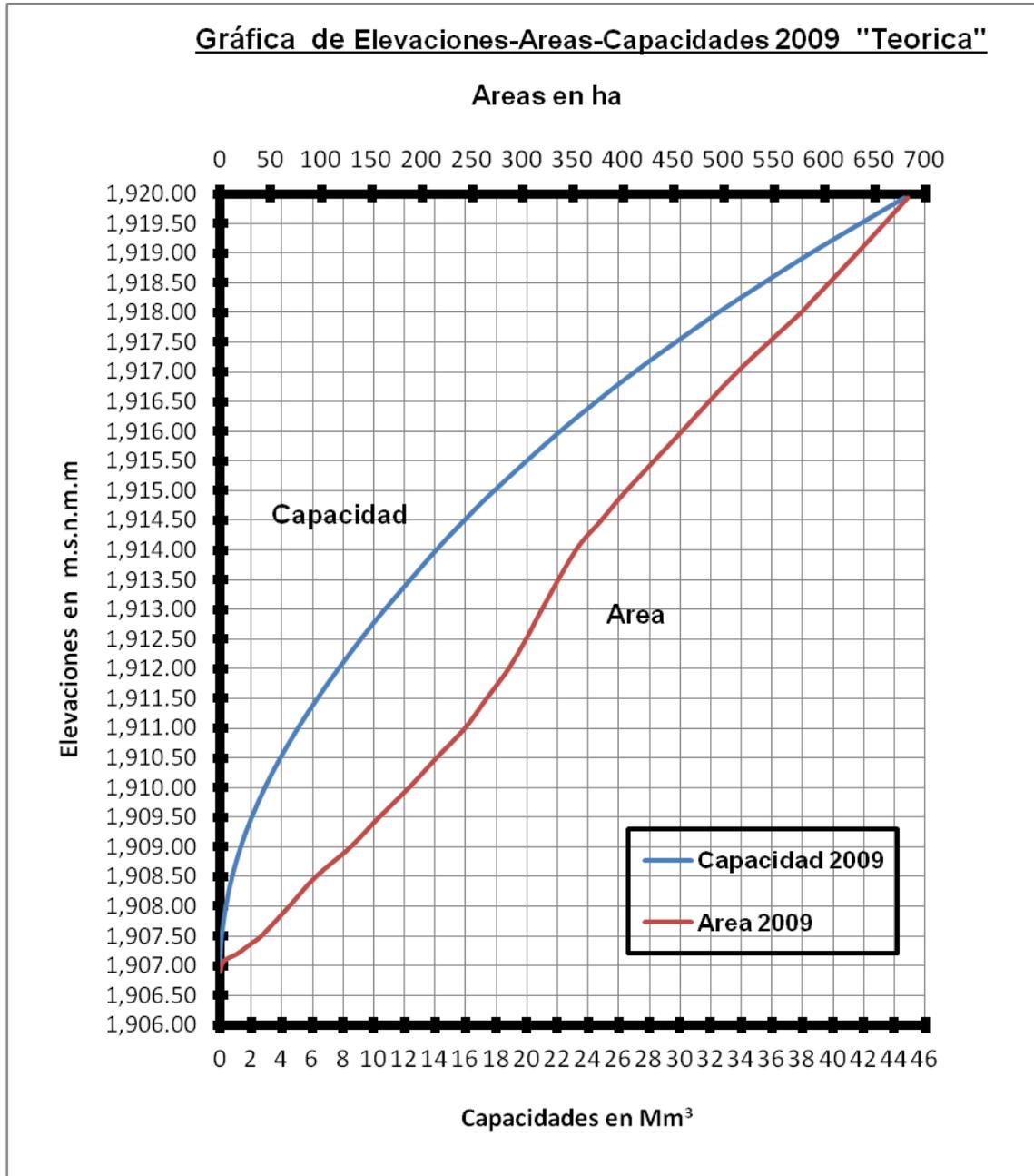
Las capacidades, se determinaron utilizando el método tradicional de "Curva e Intervalo". La tabla de datos y la gráfica de elevaciones – áreas y capacidades a metro se incluyó en el plano escala 1:2,000 donde se localiza la Cortina, en el Plano General y en el informe final, además de la gráfica y cuadro de datos a cada metro se anexó un archivo de Excel con el cuadro de datos de áreas y capacidades para elevaciones a cada centímetro.

En base a esta información se cuantificó el volumen de azolves y la pérdida de capacidad en volumen, considerando la capacidad útil, total y de superalmacenamiento que corresponden a las elevaciones del NAMO, NAME y Corona respectivamente.

Tabla de elevaciones – áreas y capacidades 2009 de la Presa El Cazadero, Zac.

Tabla de elevaciones – áreas y capacidades "TEORICA"						
Elevación msnm	Area m ²	Area ha	Capacidad parcial Mm ³	Capacidad acumulada Mm ³	Estructura de Control	Tipo de Levantamiento
1,896.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Fondo Original	Batimétrico
1,897.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,898.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,899.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,900.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,901.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,902.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,903.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,904.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,905.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1,905.80	0.00	0.00	0.00	0.00	Umbral de las Rejillas	"
1,906.90	0.00	0.00	0.00	0.00		"
1,907.00	13,180.00	1.32	0.00	0.00	Fondo Actual	"
1,907.10	48,270.00	4.83	0.00	0.00		"
1,907.20	166,230.00	16.62	0.01	0.01		"
1,907.30	246,730.00	24.67	0.02	0.04		"
1,907.40	327,230.00	32.72	0.03	0.06		"
1,907.50	407,730.00	40.77	0.04	0.10		"
1,908.00	683,150.00	68.32	0.27	0.37		"
1,908.50	946,980.00	94.70	0.41	0.78		"
1,909.00	1,292,070.00	129.21	0.56	1.34		"
1,909.50	1,574,610.00	157.46	0.72	2.06		"
1,910.00	1,872,410.00	187.24	0.86	2.92	Parte superior de las Rejillas	"
1,910.50	2,143,860.00	214.39	1.00	3.92		"
1,911.00	2,426,520.00	242.65	1.14	5.07		"
1,911.50	2,641,260.00	264.13	1.27	6.33		"
1,912.00	2,859,480.00	285.95	1.38	7.71		"
1,912.52	3,040,180.00	304.02	1.53	9.24	Nivel de agua en toma fotografica	"
1,913.00	3,190,810.00	319.08	1.50	10.74		Fotogramétrico
1,914.00	3,528,360.00	352.84	1.72	14.10		"
1,914.50	3,778,195.00	377.82	1.83	15.92	NAMO Original	
1,915.00	4,028,030.00	402.80	1.95	17.87		"
1,916.00	4,577,250.00	457.73	2.22	22.18	NAMO Actual	"
1,917.00	5,127,620.00	512.76	2.50	27.03		"
1,918.00	5,761,010.00	576.10	2.80	32.47		"
1,918.12	5,827,659.20	582.77	0.70	33.17	NAME Original	
1,919.00	6,316,420.00	631.64	3.09	38.51		"
1,919.94	6,824,390.00	682.44	2.95	44.68	NAME Actual	"
1,920.00	0.00	0.00	0.00	0.00		"
1,920.12	0.00	0.00	0.00	0.00	Corona	"

Gráfica de elevaciones – áreas y Capacidades de La Presa El Cazadero, Zac (2009)



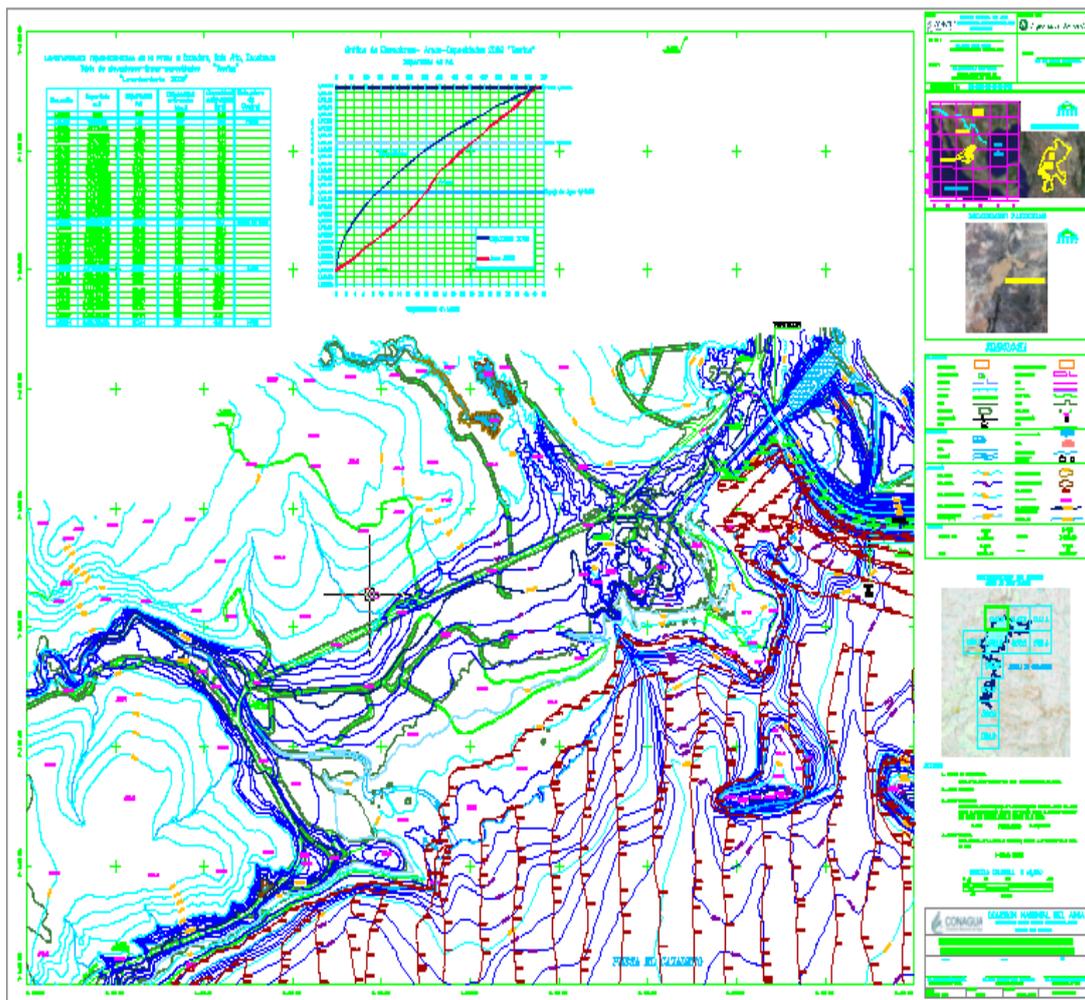
Planos Topobatimétricos

Planos escala 1:2,000

Con la información del seccionamiento batimétrico y el levantamiento aerofotogramétrico, se elaboraron planos escala 1:2,000 con curvas de nivel cada 0.50 m desde el fondo hasta la elevación 1913 y cada metro a partir de esta elevación a la corona, en formatos de 2 km x 1.6 km de área útil, más la dedicada a pie de plano, simbología y líneas de corte, con el cubrimiento de toda la zona de trabajo.

La numeración de los planos corresponde a dividir la hoja 1:50,000 del INEGI en un determinante de acuerdo a los formatos de las hojas 2 x 1.6 km, asignando el número de hoja del INEGI, más dos dígitos para la columna correspondiente y dos dígitos para la línea.

Cartografía escala 1:2,000

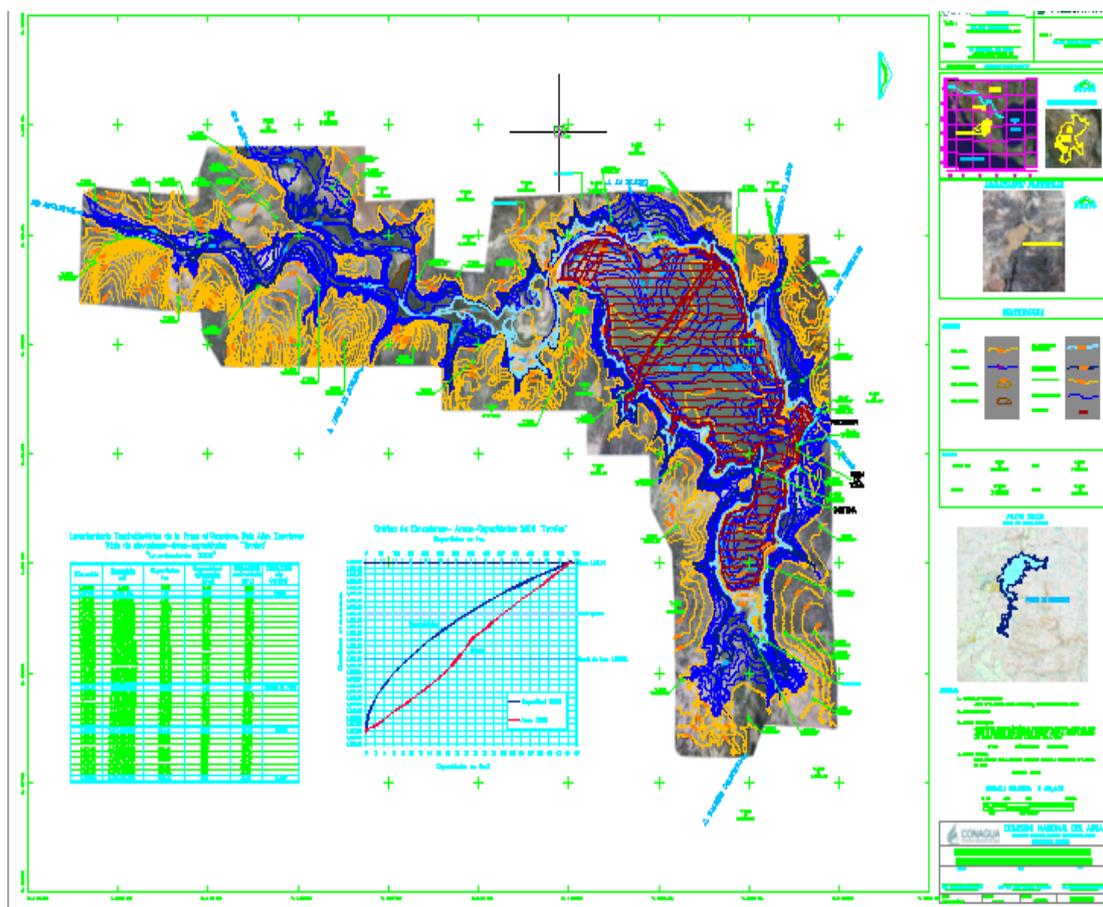


Ortofotos digitales 1:2,000

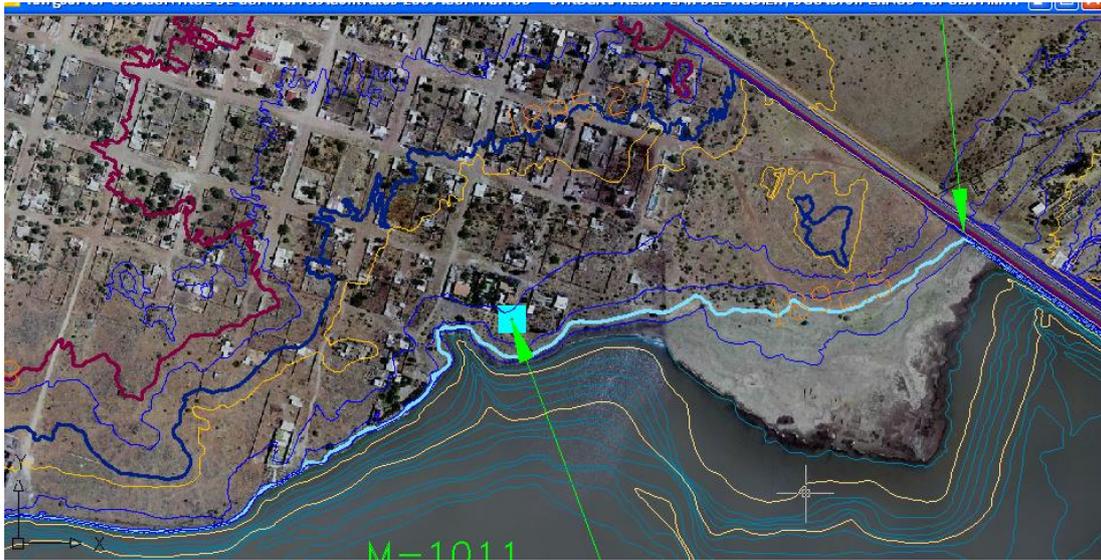
El ortofoto digital es un producto adicional que se elaboró con el paquete Ortho de Digital Video Plotter empleándose las imágenes digitales escaneadas a 1,200 DPI, las curvas de nivel, el control terrestre y la aerotriangulación analítica, con los cuales se formó el TIN (Triangle Irregular Network), para ortorectificar las mismas.

El ortofoto se integró en escala 1:20,000 en formatos de 1.00 x 0.8 m de área útil, más los pies de plano cubriendo la superficie al NAME, al mismo se le adicionaron las curvas de nivel, toponimia, escala y altura y fecha de vuelo, proyección, dátum, elipsoide, dimensiones de la imagen, zona UTM, coordenada y dimensiones del píxel y se imprimieron en papel bond, en un plotter de inyección de tinta a chorro.

Ortofoto escala 1:20,000



Detalle de ortofoto general



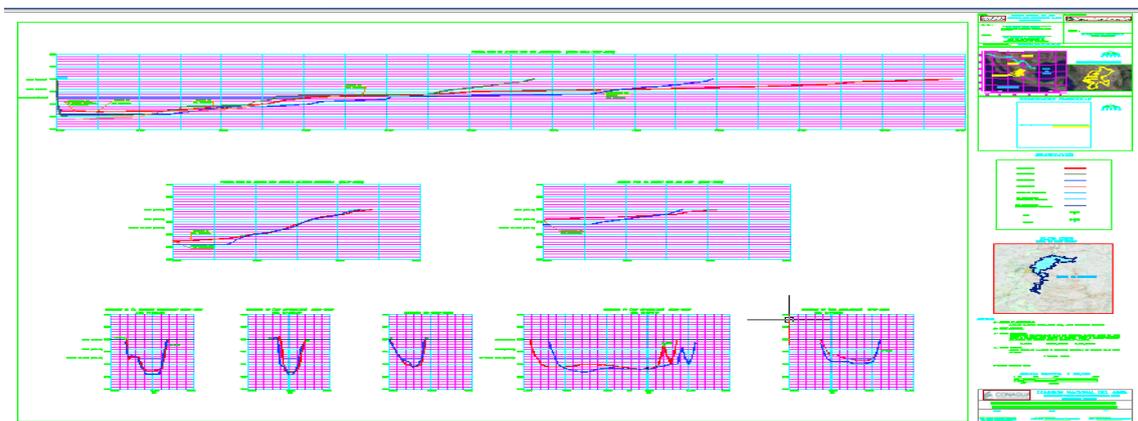
Secciones transversales escala 1:5,000 horizontal y 1:100 vertical

Se determinó el perfil por el fondo del Río del levantamiento 1948 y el perfil por el fondo de la presa en los levantamientos 1992 y 2009, con los cuales se realizó los estudios comparativos de los perfiles y de esta manera visualizar la ubicación de los depósitos de azolve, así como su distribución en el vaso.

El kilometraje 0+000 del perfil se estableció en la cortina, ubicando las secciones con numeración progresiva aguas arriba de acuerdo a su kilometraje, sobre las mismas se compararon los diferentes levantamientos.

En el plano de secciones, se indicaron las elevaciones a las diferentes estructuras, así como la simbología para cada levantamiento, de esta manera se observa la acumulación de azolves contra el levantamiento original.

Plano de Secciones con los Perfiles por el fondo de los Ríos Aguanaval, Sain y el Arroyo Salitre Colorada, y secciones comparativas 1992-2009 (Azul fuerte 1948, verde 1992 y rojo 2009).



VII.- ANALISIS DE LA INFORMACION

Datos.

Con los datos de los levantamientos que se obtuvieron de esos cuatro levantamientos, se generaron las graficas correspondientes de elevación areas-capacidades para asi poder compararlas y ver el comportamiento de esos trabajos realizados.

Comparaciones.

Aquí se muestra la tabla del comparativo de los Levantamientos Topobatrimericos registrados por CONAGUA, para el Fondo, NAME y NAMO, en los años de 1960, 1985, 1992 y 2009, como antes se mencionó, y estos fueron los comparativos que se generaron:

 CONAGUA Comisión Nacional del Agua Comisión Nacional del Agua Subdirección General Técnica Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte Dirección Local Zacatecas "Levantamiento Topobatimétrico de la Presa el Cazadero, Sain Alto, Zacatecas" "Estudio comparativo de levantamientos registrados por CONAGUA"									
	Levantamiento 1960			Levantamiento 1985		Levantamiento 1992		Levantamiento 2009	
	Elev. m.s.n.m.m.	Superficie Ha	Capacidad Mm ³ .	Superficie Ha	Capacidad Mm ³ .	Superficie Ha	Capacidad Mm ³ .	Superficie Ha	Capacidad Mm ³ .
Fondo	1,907.00	209.00	6.20	104.54	1.26	81.54	1.11	1.32	0.00
NAMO Original	1,916.00	542.000	39.200	505.520	28.880	490.730	27.450	457.725	22.178
NAME	1,919.94	0.000	0.000	662.190	51.720	673.980	50.220	682.439	44.682

VIII.- CONCLUSIONES

Podemos concluir diciendo lo siguiente:

En la tabla podemos observar los valores del Fondo, NAME y NAMO, tomando como base las elevaciones siguientes: 1907.00, 1916.00 y 1919.94 respectivamente.

Lo que cabe resaltar es el comportamiento de los datos para estos tres valores.

En el fondo vemos que la superficie disminuye notablemente al igual que su capacidad, pero debemos tomar en cuenta los años que han pasado entre levantamientos.

Por otra parte también notemos los datos registrados del NAMO, que tanto la superficie como la capacidad van disminuyendo.

En el NAME pasa otro dato curioso, la superficie va en aumento, mientras la capacidad va disminuyendo.

Para concluir puedo decir que este último levantamiento, en lo personal, es el más preciso que los anteriores, esto con fundamento en las tecnologías aplicadas para realizar este, como podemos mencionar: La ecosonda, el GPS, las cámaras para el vuelo fotogramétrico, entre otras.

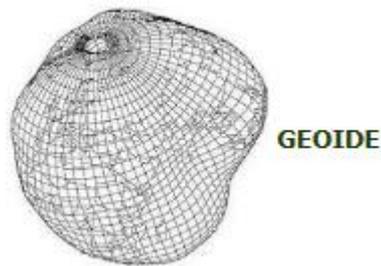
GLOSARIO.

- **Datum:** Se denomina Datum a un conjunto de parámetros que sirven de origen para realizar medidas en la tierra.

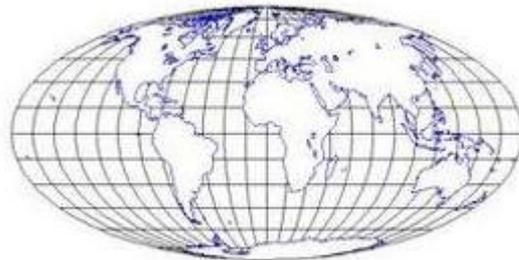
Un datum está compuesto por:

1. Un Elipsoide
2. Un punto que se llama “**Punto Fundamental**” o **Datum Horizontal**, en el que se hacen coincidir el Elipsoide con el Geoide.

- **Geodesia:** Es la ciencia de medir y representar la superficie de la tierra
- **Geoide:** Modelo que se aproxima a la figura de la Tierra

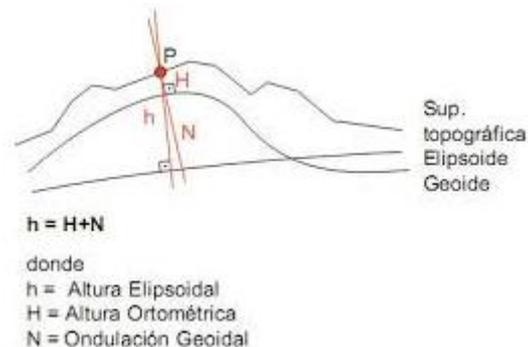


- **Elipsoide:** Modelo geométrico que se aproxima al Geoide



- **Banco de Nivel:** Es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación es conocida.
- **Altura Elipsoidal:** Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre con respecto a la superficie del elipsoide de referencia. Esto no es equivalente a la elevación sobre el nivel medio del mar (snmm).
- **Altura Geoidal:** Distancia del geoide (nmm) sobre o por debajo del elipsoide de referencia.

- **Altura Ortométrica:** Distancia entre un punto de la superficie terrestre y la superficie del geoide, medida a lo largo de la línea de la plomada o vertical del lugar, llamada también altura sobre el nivel del mar.



- **Marcas Fiduciales:** Son marcas que se encuentran en cada esquina de la fotografía y son esenciales para determinar su geometría.
- **Paralaje:** Es el desplazamiento aparente en la posición de un objeto fijo respecto a un cierto sistema.
- **Orientación Interna:** Consiste en averiguar la focal y la posición de un punto principal en cada fotografía. Esto se puede resolver midiendo las coordenadas de un determinado sistema de marcas fiduciales.
- **Orientación Relativa:** Consiste en orientar las dos fotografías en el espacio en la misma posición que en el instante de toma.
- **Orientación Absoluta:** Es el posicionamiento y nivelación con respecto al sistema de referencia terrestre. Se resuelve con los puntos de control (x,y,z) .

Para la rotación angular los parámetros describen la relación entre las coordenadas de control en tierra y las coordenadas de la imagen en el espacio según tres ángulos de rotación comúnmente utilizados:

Omega, Phi y Kappa

Omega: Es la rotación sobre el eje X

Phi: Es la rotación sobre el eje de la Y

Kappa: Es al rotación sobre el eje de las Z

Se calculan de la siguiente forma:

1. **Método Indirecto:** Con puntos de fotocontrol (llamados también puntos de apoyo) en el terreno y puntos de la imagen (puntos de pase y enlace).
 2. **Método Directo:** El avión lleva un GPS de bifrecuencia que registra coordenadas x,y,z del centro de proyección de la cámara en el momento de la toma de imagen y un IMU (instrumento de medida inercial) que registra $(w,0,K)$ de cada imagen, registra directamente las orientaciones externas.
- **NAMO:** Nivel de Aguas Máximas Ordinarias; que es el máximo nivel que debe tener una presa para satisfacer la demanda.

- **NAME:** Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias; Es el nivel máximo que debe alcanzar el vaso bajo cualquier condición.
- **Escala:** Es la relación matemática que existe entre la superficie real y la del dibujo.
- **Ortofoto:** Representación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos sus elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones.

Una ortofoto se consigue mediante un conjunto de imágenes aéreas que han sido corregidas digitalmente para representar una proyección ortogonal.

- **Cuenca:** Se conoce como el área de captación o área de terreno donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago o laguna.