

APÉNDICE A

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

APÉNDICE A INVESTIGACIÓN DE CAMPO

CONTENIDO

	<u>Página</u>
A.1 PLAN MAESTRO	
A.1.1 Sondeo-----	A - 1
A.1.2 Observación del Nivel del Agua-----	A - 5
A.1.3 Medición de Caudales-----	A - 5
A.1.4 Muestreo del Material en el Lecho del Río -----	A - 6
A.1.5 Medición de Salinidad -----	A - 6
A.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	
A.2.1 Estudio Batimétrico-----	A - 20
A.2.2 Mediciones de la Descarga -----	A - 22
A.2.3 Muestreo del Material del Lecho del Río-----	A - 22

Lista de Figuras

Fig. A-1-1	Mapa de Red: Area de Estudio	A - 7
Fig. A-1-2	Mapa Geoide.....	A - 8
Fig. A-1-3	Mapa de Red: Palúa.....	A - 9
Fig. A-1-4	Sondeo: Ubicación de las Secciones Transversales	A - 10
Fig. A-1-5	Instalación de Limnigrafos	A - 11
Fig. A-1-6	Mareógrafo Pedernales, Caño Manamo 1	A - 12
Fig. A-1-7	Mareógrafo Pedernales, Caño Manamo 2	A - 13
Fig. A-1-8	Mareógrafo Pedernales, Caño Manamo 3	A - 14
Fig. A-1-9	Mareógrafo El Cierre, Caño Manamo 1	A - 15
Fig. A-1-10	Mareógrafo El Cierre, Caño Manamo 2	A - 16
Fig. A-1-11	Ubicación de las Mediciones de Caudal.....	A - 17
Fig. A-1-12	Muestreo del Material del Lecho del Río, Descripción General	A - 18
Fig. A-1-13	Medición de la Concentración de Salinidad, Descripción General	A - 19
Fig. A-2-1	Red Geodésica de Apoyo, II Campaña de Mediciones	A - 24
Fig. A-2-2	Fluviómetros Instalados por INC	A - 25
Fig. A-2-3	Ubicación de las Secciones Batimétricas	A - 26
Fig. A-2-4	Ubicación de Secciones: Medición de Velocidad de Agua.....	A - 27
Fig. A-2-5	Ubicación de Secciones: Toma de Muestras	A - 28

APÉNDICE A: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

A.1 Plan Maestro

La investigación de campo consistió de cinco (5) trabajos: sondeos, observaciones del nivel de agua, medición de caudales, muestreo de material del lecho del río y mediciones de concentración de salinidad que se iniciaron en octubre de 1998 y fueron completados a fines de febrero de 1999 por el subcontratista, Oceanográfica Mercator, C.A. para el Estudio del Plan Maestro.

A.1.1 Sondeos

Se ejecutaron sondeos batimétricos mediante ecosondas de registro hidrográfico, a lo largo de ejes longitudinales y transversales en los Caños Mánamo, Macareo, Manamito y parte de Río Grande. Todas las profundidades registradas fueron en referencia al nivel medio del mar (NMM) en el Benchmark Nacional de Referencia del área de proyecto. Los mapas batimétricos finales muestran las profundidades de los caños y fueron preparados a escala 1:20,000.

Las longitudes levantadas de los perfiles longitudinales y el número total de secciones transversales levantadas en cada canal se muestran a continuación:

Canal	Longitud Levantada (km)	Número de Secciones Transversales
Caño Manamo	193	39
Caño Macareo	172	35
Manamito	21	5
Río Orinoco	61	13
Total	447	92

(1) Investigación de Controles Terrestres

Se presentaron dos problemas en el trabajo en el Área del Delta de Venezuela. Primero, no existían controles terrestres pre-establecidos y segundo, existía poca información en relación a los Puntos Geodésicos Nacionales existentes. A fin de lograr los objetivos del proyecto, fue necesario diseñar una red geodésica que proporcionara coordenadas precisas incluyendo elevaciones a lo largo del área. El método de Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en Inglés, *Global Positioning System*) fue elegido para las mediciones geodésicas como se especifica a continuación. Se definieron intervalos de aproximadamente 30 km a lo largo de los caños levantados tomando en consideración que el impacto de las mareas pudiera ser estimado adecuada y precisamente a fin de efectuar las reducciones correspondientes a los valores batimétricos. La información obtenida del GPS de cada

estación, fue procesada de acuerdo a sus valores de coordenadas geográficas UTM (Universal Transverse Mercator) y el ajuste de red se ejecutó para la determinación de coordenadas referido como el Nivel de Referencia La Canona (PASAD 56) como el Nivel de Referencia Nacional de Venezuela y las cotas se refirieron al NMM. La red diseñada y medida se muestra en la Fig. A-1-1.

La red de GPS efectuó mediciones con receptores de frecuencia simple en modo estático, durante 2.5 horas de observación y a intervalos de 15 segundos de recolección de datos satelitales. El procesamiento de la información del GPS se efectuó en dos (2) etapas: primero, los datos registrados en el receptor GPS se transfirieron a una computadora y se evaluaron diariamente, observando los vectores medidos haciendo uso del software GPSURVEY. La segunda fase del procesamiento estuvo relacionada al ajuste de los vectores resultantes y el análisis de los resultados empleando el software TRIMNET. La elevación de cada punto se computó con su diferencia de altura geodésica e interpolado al NMM. El mapa de la diferencia de alturas geodésicas se muestra en la Fig. A-1-2. La precisión para los puntos observados del GPS resultantes para las reducciones atimétricas fue de veinticinco (25) cm.

(2) Evaluación de las Elevaciones

El resultado de la evaluación para la elevación de los puntos existentes de control nacional por medio de la observación GPS es como se muestra a continuación. En la evaluación final, se comprobó que la precisión no era mayor que veinticinco (25) cm por punto.

Estación	Coordenadas Originales			Elevación Procesada H (m)	Diferencia H-h
	N (m)	E (m)	H (m)		
REGVEN 65*	1,004,773.884	598,980.332	4.647	4.647	0.000
URACOA	994,087.037	571,507.719	6.720	6.699	0.021
GPS 249	1,102,739.540	582,279.005	15.583	15.402	0.181
GPS Barrancas	961,250.401	589,127.116	9.992	10.154	-0.162
BM CB D	N/A	N/A	10.690	10.527	0.163
BM MTB 12*	N/A	N/A	16.985	10.985	0.000
BM 2	N/A	N/A	5.000	5.030	-0.031
BM BT 16	N/A	N/A	5.780	5.811	-0.031

* Punto fijo para el chequeo de los vectores de cierre

Los nuevos puntos de control terrestres se midieron a lo largo de los ríos, como apoyo al estudio batimétrico, desde PD01 hasta PD14. Antes de efectuar los ajustes finales, se llevó a cabo la evaluación de las elevaciones a fin de verificar los vectores de cierre entre los puntos REGVEN 65, PD03, PD02, PD01, GPS249, PD11, PD10, PD09, PD08, PD07 y PD14. y entre los puntos PD01,

BM2, GPS249, PD11, PD10, PD09, PD08, PD07, PD14 y REGVEN65.. La lista de las nuevas coordenadas establecidas con el ajuste final se muestra a continuación:

Punto	Norte (m)	Este (m)	Elevación
PD01	1,070,512.30	571,520.72	1.12
PD02	1,040,129.31	566,380.56	1.27
PD03	1,009,201.47	574,046.75	1.47
PD04	1,001,779.11	603,982.45	1.26
PD05	977,095.02	609,624.99	9.07
PD06	1,004,130.43	626,364.17	4.00
PD07	1,033,933.93	639,923.37	2.00
PD08	1,055,154.34	653,183.48	1.44
PD09	1,084,651.02	654,515.90	1.00
PD10	1,079,874.23	630,834.88	0.79
PD11	1,103,531.87	603,016.15	0.14
PD12	953,613.15	583,614.08	13.20
PD13	1,021,347.93	602,352.21	1.69
PD14	1,015,672.63	622,404.12	2.53
BMCBD	961,891.76	588,725.79	10.690*
BMMIB 12	975,538.86	555,509.12	16.985*
BM2	1,102,822.57	582,171.25	5.000*
BMTBT 16	1,001,480.01	604,556.12	5.780*

* Altura Fija en NMM

Sin embargo, al emplear estas cotas, se debe tener presente que la precisión de las cotas de catorce (14) nuevos puntos de control terrestre requirieron valores de elevación a ser reconsiderados e inspeccionados, debido a que fueron derivados solamente a través de cálculos únicamente (incluyendo los valores diferenciales de altura geodésicos), no por medición directa.

(3) Mediciones GPS en PALUA (ORINOCO)

El equipo de estudio solicitó mediciones independientes con GPS del limnómetro ubicado en Palúa, área de Puerto Ordaz, en el río Orinoco. Este limnómetro pertenece al Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), el instituto de dragado oficial, y está ubicado en el muelle Ferrominera del Orinoco, en la margen derecha del río Orinoco. Los siguientes puntos fueron establecidos adicionalmente: AUXILIAR 0, LOS CASTILLOS y UVERITO.

Para la determinación de las coordenadas y elevaciones de Palúa se empleó la red mostrada en la Fig. A-1-3. Los puntos de control de referencia empleados para la determinación de coordenadas en la plataforma del limnómetro Paula se muestran a continuación:

Estación	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)
BMMTB 12	975,538.856	555,509.117	16.985
GPS Barrancas	961,250.401	589,127.116	9.992
BMBSM43 B			35.010
BMBSM49 C			23.040

Los resultados ajustados para la plataforma del limnómetro Palúa son los siguientes:

Estación	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)
Palúa	924,552.254	533,898.827	15.600

El nivel de referencia de los aforadores (0 del limnómetro) es el nivel de agua histórico más bajo observado en el lugar (N.A.B.: Nivel de Aguas Bajas). El nivel 0 se ubica a 0.43 m por encima del NMM, es decir, a fin de corregir las medidas del limnómetro al NMM, el observador debe adicionar 0.43 m al registro. Los resultados de la campaña con GPS para la obtención de las coordenadas y elevación de BM BSM 49C en la estación Palúa son:

Estación	Elevación Ajustada	Elevación Original	Diferencia (m)
BM BSM 49C	23.05	23.04	0.01
PALUA	15.60	15.65	-0.05

Los resultados de las elevaciones de la base y tope del limnómetro son:

Lugar	Elevación referida a NAB (m)	Elevación referida a NMM (m)
Base del Limnómetro	14.51	14.94
Tope del Limnómetro	15.22	15.65

(4) Investigación Batimétrica

La investigación batimétrica se efectuó haciendo uso de una ecosonda Raytheon de alta frecuencia. Las ubicaciones fueron proporcionadas por el método de observación de Diferencial GPS. El perfil longitudinal fue medido batimétricamente entre secciones transversales. El concepto del perfil longitudinal fue la navegación en medio del cauce, sin embargo hubo algunas áreas en donde la navegación no podía continuar por la falta de agua, teniendo que navegar por los márgenes del río más profundos. La posición del perfil longitudinal obtenida por DGPS, fue utilizada para plotear lo mapas finales. La ubicación del estudio de sondeo se muestra en la Fig. A-1-4.

La logística planificada para la navegación con DGPS implicaba la ocupación de los puntos previamente medidos y calculados por GPS, de la recién creada red. Una persona en el campo fue asignada a cargo de la administración de los recursos provistos y resolver los requisitos logísticos. Se

llevaron a cabo operaciones sincronizadas entre la estación base y las operaciones batimétricas para la navegación del diferencial GPS.

Como resultado de la investigación, se produjeron los siguientes planos:

Mapa de la red de GPS

Mapa de ubicación de los sondeos

Perfiles longitudinales (escala horizontal 1: 100,000 y escala vertical 1: 200)

Secciones transversales (escala horizontal 1: 5,000 y escala vertical 1: 200)

A.1.2 Observación del Nivel del Agua

Los medidores de nivel de agua, tipo flotador, fueron instalados en dos posiciones: aguas arriba y aguas abajo de los Caños Macareo y Mánamo respectivamente, tal como se muestra de la Fig. A-1-5 hasta la Fig. A-1-10. En cada estación de aforo también se instalaron un limnómetro y un benchmark. El benchmark de referencia fue corregido con el nivel medio del mar (NMM) del Benchmark Nacional de Referencia. Los niveles fueron obtenidos de los benchmark existentes y las cotas resultantes fueron:

Ubicación	Tope de la barra (m)	0 de la barra (m)	Plataforma (m)
Pedernales (Mánamo)	1.79	-1.24	1.39
El Cierre (Macareo)	6.07	0.05	6.38

Las mediciones del nivel del agua fueron ejecutadas durante un periodo de cuatro (4) meses desde octubre de 1998 hasta febrero de 1999.

A.1.3 Medición de Caudales

La medición de caudales se efectuó en las estaciones de aforo ubicadas en los Caños Mánamo y Macareo como se muestra en la Fig. A-1-11. Estas mediciones se efectuaron a lo largo de ejes verticales y horizontales en las secciones transversales, registrando la velocidad de las corrientes cada diez (10) días a lo largo de cuatro (4) meses. Se seleccionaron diez (10) sitios para cada sección transversal de caudal medido y la velocidad vertical fue determinada a intervalos de dos (2) metros de profundidad en cada posición.

Los datos del nivel del agua en las ubicaciones de medición de caudales fue obtenida a través de los limnómetros recuperados post facto. Las estaciones para la medición de la velocidad del agua fueron ubicadas próximas a los limnómetros.