

Informe de Apoyo-H
Plan de Desarrollo de las Fuentes de Agua

INFORME DE APOYO-H

PLAN DE DESARROLLO PARA LAS FUENTES DE AGUA

1. GENERALIDADES

La Ciudad de Tegucigalpa ha estado padeciendo por la escasez de agua de una manera crónica debido a la falta de recursos hídricos. La cantidad de precipitación anual en el área es alrededor de 1,000 mm y es menor que en las áreas circundantes. Existe un marcado contraste entre el invierno y el verano limitando el uso de los recursos hídricos, los cuales son muy escasos. Las características geológicas del área no permiten el desarrollo en gran escala del agua subterránea. Estos rasgos naturales agravan los problemas de agua en el área.

Las principales fuentes de agua que abastecen el sistema son el Sistema de Succión Picacho, la Presa Los Laureles y la Presa Concepción, los cuales fueron construidos y han estado en operación con el fin de proporcionar agua al sistema. Sin embargo, la cantidad absoluta de la fuente de agua no alcanza a satisfacer la creciente demanda que aumenta rápidamente.

En este Plan Maestro, el plan de desarrollo para la fuente de agua ha sido estudiado conjuntamente con el plan para el suministro de agua para poder satisfacer la demanda para el año 2015. Los estudios anteriores han sido revisados y una porción de estos proyectos ha sido incorporada en el Plan Maestro.

El Proyecto de la Presa Los Laureles II y el Proyecto Quebra Montes han sido propuestos como proyectos para la fuente de agua en el Plan Maestro. El Proyecto de la Presa Los Laureles II se seleccionó como el proyecto prioritario para el Estudio de Factibilidad.

Después del Estudio de Factibilidad, se llegó a la conclusión que el Proyecto Los Laureles II es factible desde el punto de vista económico y medioambiental por lo que ha sido recomendado para llevarse a cabo lo antes posible.

2. REVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANES ANTERIORES

2.1 CRONOLOGÍA DE LOS PLANES PARA EL SISTEMA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA

La cronología de los planes maestros para el sistema de abastecimiento de agua en Tegucigalpa se muestra en la *Tabla H.2.1*

Tabla H.2.1 Cronología de los Planes Maestros para el Suministro de Agua

Año del Estudio	Año Objetivo	Proyección de la Demanda	Proyecto de Desarrollo de Fuentes de Agua	Consultor
1978-1986	2005	17,200 m ³ /hora (4,780 l/s)	Río Honda/Amarteca Guacerique II Zinguizapa Concepción Tatumbla Sabacuante El Chile	Lahmeyer International y CONASH
1985-1986	2005	221,000 m ³ /día (2,558 l/s)	-	BCEOM
1987	2005	221,000 m ³ /día (2,558 l/s)	Instalación de la Compuerta Los Laureles Presa Concepción	Camp Dresser & McKee International
1990	2015	348,700 m ³ /día (4,004 l/s)	Presa Sabacuante Mejoramiento Picacho Presa Quebra Montes	BCEOM

2.2 PLAN MAESTRO DE 1978-1986

Lahmeyer International y CONASH efectuaron un extenso Plan Maestro para el Suministro de Agua en Tegucigalpa entre 1978 y 1986.

De acuerdo a este plan, la proyección de la demanda para el año 2005 es 17,200 m³/hora (4,780 l/seg.) y las instalaciones para las fuentes de agua incluyen el Río Hondo/Amarteca, Guacerique II, Concepción, Tatumbra, Sabacuante y El Chile.

La Presa Guacerique II es un proyecto objetivo principal en este plan maestro, por lo que se realizaron extensos levantamientos geológicos en este sitio.

2.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA EN 1985-1986, EFECTUADA POR BCEOM

En este estudio, se llevó a cabo un análisis detallado del sistema de suministro de agua existente, así como un estudio de la demanda existente. Basándose en el resultado del análisis, la demanda se proyectó para el año 2005 y el valor de la demanda es 221 millones m³/día (2,558 l/seg.) asumiendo una pérdida de 23 %.

2.4 PLAN MAESTRO DE 1987

En este plan maestro, se utilizó la proyección de la demanda para 1985-1986.

Para instalaciones de desarrollo de fuentes de agua, se estudiaron las instalaciones de la Compuerta Los Laureles, Concepción, Sabacuante, Tatumbra y Guacerique II, con varias alturas de la presa. Como proyectos prioritarios, se recomendó la instalación de la compuerta Los Laureles y Concepción (en dos etapas). Estaba planificado que estos dos proyectos de desarrollo de fuentes de agua, con proyectos para plantas de tratamiento, podrían satisfacer la demanda en el año 2005.

2.5 REVISIÓN DEL PLAN MAESTRO DE 1990

La proyección de la demanda fue revisada en este plan maestro y se proyectó como 348.7 millones de m³/día (4,004 l/s) asumiendo una pérdida de 29.8% para el año 2015. Se propusieron Sabacuante, el desarrollo de Picacho y Quiebra Montes como fuentes de agua. El proyecto de Quiebra Montes es un nuevo proyecto propuesto en este plan.

3. POTENCIAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL AREA DE ESTUDIO

3.1 MAPA DE ISOHIETAS DEL AREA

La *Figura H.3.1* muestra el mapa de isohietas del área, así como la cantidad de precipitación anual promedio de las diferentes estaciones pluviométricas. Se puede observar que en el área urbana de Tegucigalpa hay una cierta reducción en la cantidad de precipitación al compararla con las áreas circundantes. La cantidad de precipitación es mayor en las zonas norte y oeste, y es menor en la parte sudeste, principalmente en la cuenca del Río Sabacuante.

La precipitación promedio dentro del Area de Estudio es alrededor de 1,000 mm, y la cantidad anual en el área es alrededor de 900 millones m³.

3.2 AGUA SUBTERRÁNEA EN EL AREA

En el Informe de Apoyo A se describe en detalle lo referente al área subterránea en el área.

Dentro del Area de Estudio existen dos tipos de unidades hidrogeológicas que pudiesen ser acuíferos:

(1) Acuífero intergranular

Es más fácil hacer un reconocimiento en este tipo de acuífero para obtener la extensión de la cuenca e investigar el factor interno, además de que la calidad de agua en este tipo de acuífero es mejor que la que se encuentra en el acuífero de fisura. Pero estos depósitos no-consolidados de depósitos fluviales y depósitos de terraza se encuentran distribuidos localmente en el Area de Estudio. De esta manera, este acuífero no es conveniente como fuente del sistema para el abastecimiento de agua central, ni tampoco para el sistema de abastecimiento local.

(2) Acuífero de fisura

En este tipo de acuífero es difícil investigar la extensión y escala de la zona fracturada, lo que regula el volumen utilizable de agua subterránea. El rendimiento del pozo no es tan alto, 1 a 5 l/seg. y la calidad del agua es dura. Generalmente, este tipo de fuente de agua no es conveniente para un sistema central de abastecimiento de agua. Sin embargo, las rocas basales, las cuales pudiesen contener acuíferos de fisura, están distribuidas extensivamente en el Area de Estudio. De esta manera, existe la posibilidad que se pudiese usar como fuente de agua para uso privado o comunitario, sin la necesidad de realizar un levantamiento geológico.

3.3 RECURSOS HÍDRICOS POTENCIALES EN EL AREA

El potencial de la fuente de agua dentro del área está indicado por el mapa de isohietas y por el mapa de las fuentes potenciales de agua. La cantidad de precipitación anual promedio es aproximadamente 1,000 mm y la cantidad de lluvia en la cuenca es alrededor de 900 millones m³ por año.

La *Figura H.3.2* muestra el potencial de los recursos superficiales de agua para cada subcuenca en el área. En esta figura también se muestra la descarga anual promedio y la descarga anual más baja en diez años, además del registro del caudal analizado. La *Figura H.3.2* muestra el potencial comparativamente elevado de las cuencas del Río Guacerique y del Río Grande. El potencial de las cuencas del Río Sabacuante y Río Las Canoas es menor. La tasa de escorrentía se estima en 20% al comparar el mapa de isohietas y el mapa del potencial hídrico. Por consiguiente, se estima que la cantidad anual total de agua disponible es alrededor de 180 millones m³.

La calidad del agua superficial para fuente de agua es investigada periódicamente por SANAA. Los resultados muestran que la cuenca del Río Guacerique es la más deteriorada entre todas las cuencas y los índices de coliformes totales/fecales, así como el de ortofosfatos exceden los índices normales. Se estima que las fuentes de contaminación son los desarrollos de viviendas y la base militar ubicada en la cuenca.

En el área, el agua subterránea del acuífero se encuentra en dos tipos de formaciones. Una de ellas es de material permeable como arena y grava, materiales característicos de los depósitos Cuaternarios. Otra es una zona de fractura con piedras basales volcánicas. Ambas formaciones se encuentran escasamente distribuidas en el Área del Estudio y la cantidad de agua subterránea utilizada es muy limitada por lo que consecuentemente, no se espera un desarrollo extenso.

Por lo tanto, en el Plan Maestro, solamente el agua superficial está considerada como recurso hídrico potencial para el suministro de agua por SANAA.

4. USO ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL AREA DE ESTUDIO

4.1 USO DE AGUA PARA LA AGRICULTURA

(1) Proyecto de Riego en el Area

La *Figura H.4.1* muestra el Mapa del Uso de Suelos en el área. En este mapa, el área definida como “Granos Básicos” y “Rotación de Granos Básicos y Verduras” es el área que muestra potencial para la irrigación. Sin embargo, dentro del Área del Estudio no existe ningún proyecto de irrigación de gran escala en la actualidad ni para el futuro. El riego por bombeo en pequeña escala únicamente se lleva a cabo a lo largo del Río Mateo y en la fuente de agua Picacho.

(2) Toma de Agua para Riego a lo largo del Río Mateo

La cantidad de agua que se utiliza para la irrigación a lo largo del Río Mateo se estima entre 100 y 200 l/seg. durante el verano. Es una cantidad significativa, considerando la cantidad de escorrentía en la cuenca. La *Figura H.4.2* muestra una comparación entre el caudal reciente y en el pasado de la estación de descarga Guacerique II. Es obvio que el caudal disminuye significativamente durante el verano.

De acuerdo al análisis pluviométrico, no existe ninguna tendencia de poca precipitación en la cuenca. Asimismo, no existe ningún cambio en el patrón del uso de suelos que pudiese afectar la escorrentía de precipitación. Durante el verano del año 2000, se observó un gran número de bombas pequeñas en el río como tomas de agua para la irrigación. La cosecha principal son las verduras. La toma actual de agua con el propósito de riego no está autorizada y es ilegal. El aspecto legal del problema se describe en el Informe de Apoyo D.

4.2 USO DE AGUA POR SANAA

En la actualidad, SANAA utiliza cuatro sistemas de fuentes de agua. Estos cuatro sistemas se muestran en la *Tabla H.4.1*.

Tabla H.4.1 Cuatro Sistemas de Fuentes de Agua usados por SANAA

Sistema Fluvial	Planta de Tratamiento	Tipo de Fuente de Agua
Picacho	Picacho	serie de obras de toma
Guacerique	Los Laureles	presa
Concepción	Concepción	presa
Sabacuante	Mira Flores	obras de toma

Fuente: SANAA, 2000

Es necesario evaluar la capacidad del rendimiento actual de los sistemas antes mencionados con el fin de realizar el plan maestro para el desarrollo de las fuentes de agua. Se llevó a cabo la evaluación de cada uno de los sistemas. La capacidad de rendimiento del agua en cada sistema se evaluó para el mes más seco en diez (10) años. El resultado se muestra en la *Tabla H.4.2*. La capacidad evaluada es equivalente a la capacidad de rendimiento del sistema de la fuente de agua, el cual es confiable 99 %.

Tabla H.4.2 Capacidad del Rendimiento Actual de Cada Sistema
(mes más seco en 10 años)

Sistema	Rendimiento Actual (l/seg.)	Capacidad Instalada en Planta de Tratamiento (l/seg.)
Picacho	200	900
Los Laureles	540	670
Concepción	1,000	1,200
Mira Flores	0	50
Total	1,740	2,820

Como se muestra en la tabla anterior, la capacidad del rendimiento de cada uno de los sistemas es menor que la capacidad instalada en cada planta.

Actualmente, SANAA está llevando a cabo un proyecto de rehabilitación debido al Huracán Mitch y la capacidad de rendimiento de cada sistema ha sido estimada una vez completado el trabajo, y se muestra en la *Tabla H.4.3*.

Tabla H.4.3 Capacidad del Rendimiento después de la Rehabilitación

Sistema	Capacidad de Rendimiento (l/seg.)	Capacidad Instalada en la Planta de Tratamiento (l/seg.)
Picacho	350	900
Los Laureles	540	670
Concepción	1,000	1,200
Mira Flores	50	50
Total	1,940	2,820

4.3 PROBLEMAS DE LAS FUENTES DE AGUA

Considerando la evaluación anterior, el mecanismo de la escasez de fuentes de agua se resume en la *Tabla H.4.4*.

Tabla H.4.4 Mecanismo de la Escasez de Fuentes de Agua

Nombre del Sistema	Mecanismo de la Escasez de Fuentes de Agua
Picacho	(1) El subsistema San Juancito fue destruido por el Huracán Mitch y aún no ha sido restaurado. (2) El caudal es pequeño durante el verano y el sistema no cuenta con capacidad de almacenamiento. (3) Existen vertederos de bocatoma, los cuales son ilegales.
Los Laureles	(1) La capacidad de almacenamiento del embalse ha sido reducida por la sedimentación. (2) El caudal afluente del embalse durante el verano ha sido reducido por las bocatomas ilegales en el tramo superior.
Concepción	(1) La capacidad del sistema de distribución ha sido comparativamente menor que la capacidad del embalse.
Mira Flores	(1) Las obras de bocatoma y líneas de la conducción fueron destruidos por el Huracán Mitch y aún no han sido restaurados.

Las alternativas para solucionar estos problemas se resumen en la *Tabla H.4.5*.

Tabla H.4.5 Soluciones Alternativas

Sistema	Problemas	Soluciones
Picacho	Sin almacenamiento	Operación combinada con otros sistemas
	Daño por huracanes	Rehabilitación, refuerzo de las estructuras
	Vertederos ilegales	Manejo de cuencas
Los Laureles	Almacenamiento reducido	Nuevas presas, excavación del embalse
	Vertederos ilegales	Manejo de cuencas
Concepción	Sistema de distribución	Mejoramiento del sistema de distribución
Mira Flores	Daño por huracanes	Rehabilitación, refuerzo de las estructuras

Por otro lado, la cantidad de agua utilizada en años recientes por el sistema de SANAA es alrededor de 50 millones de metros cúbicos por año. Si esta cantidad se compara con la escorrentía anual promedio del área, que es de 180 millones de metros cúbicos, la tasa de utilidad de los recursos hídricos de SANAA es un tercio. Esta proporción es comparativamente elevada, lo que significa que el desarrollo de las fuente de agua en el área se está dificultando.

5. PROYECTOS CANDIDATOS PARA EL DESARROLLO DE LAS FUENTES DE AGUA

5.1 GENERALIDADES

En este estudio, han sido estudiados principalmente los sistemas fluviales de Guacerique y Sabacuante para el proyecto del plan maestro debido a que los proyectos del Sistema del Río Grande y el sistema Picacho están siendo estudiados por otros consultores.

Los proyectos incluidos en el estudio son los siguientes (*Tabla H.5.1* y *Figura H.5.1*):

Tabla H.5.1 Proyectos Candidatos para el Plan Maestro

Sistema Fluvial	Nombre del Proyecto
Guacerique	Presa Los Laureles II
	Excavación de Sedimentos, con la Presa Los Laureles II
	Excavación de Sedimentos, sin la Presa Los Laureles II
	Presa Quebra Montes
Sabacuante	Presa Sabacuante
	Presa Tatumbra

5.2 PRESA LOS LAURELES II

Para seleccionar el sitio para una presa, es preferible que tenga un área de captación grande. Por consiguiente, se seleccionó un sitio entre la actual Presa Los Laureles y la confluencia de los Ríos Guacerique y Mateo.

Se llevó a cabo un reconocimiento a lo largo del Río Guacerique, desde el extremo superior del embalse existente Los Laureles. Solamente un tramo limitado entre 3.0 km y 4.5 km desde el sitio de la Presa Los Laureles es conveniente para la construcción de una presa desde el punto de vista topográfico y geológico.

Como resultado del estudio topográfico y geológico, se seleccionó un eje candidato para la presa entre +3.0 km y +4.0 km para un reconocimiento topográfico/geológico más detallado (*Figura H.5.1*). El área de captación es de 190 km².

Cualquiera que fuese el sitio exacto, el factor crítico para el plan de la presa es la ubicación de las casas y un puente localizados en +6.5 km además de que el plan del embalse está restringido por el programa de reasentamiento. El flujo de la planificación de Los Laureles II se describe en la *Figura H.5.2*.

5.3 EXCAVACIÓN DE SEDIMENTOS CON LA PRESA LOS LAURELES II

Una vez construida la Presa Los Laureles, el sedimento en la cuenca se detendrá en el nuevo embalse y el volumen efectivo del actual Embalse Los Laureles podrá mantenerse. Por consiguiente, vale la pena planear la excavación de sedimentos en el lecho del río y en el embalse existente.

El Embalse Los Laureles fue construido en 1974 y ya han pasado 26 años desde que inició su operación. Desde entonces, una gran cantidad de sedimento se ha estado acumulando en el embalse, dificultando su funcionamiento. Según el levantamiento del embalse realizado en este Estudio, la cantidad de sedimento acumulada durante estos 26 años es alrededor de 3 millones de m³.

La *Figura H.5.3* muestra la distribución del sedimento en el embalse. De acuerdo a esta figura, una gran cantidad se encuentra en la elevación más baja, cerca del cuerpo de la presa. Y es debido a que el volumen del embalse es pequeño, al compararlo con el volumen de crecidas que fluye a través del embalse.

Debido a que el sedimento en la elevación más alta es menor que lo anticipado, se buscaron los puntos de excavación para el sedimento incluyendo la nueva área del embalse de la Presa Los Laureles II. El volumen total de excavación es alrededor de 600,000 m³.

Parte del sedimento excavado se utilizará como material de construcción pero la mayoría deberá ser acarreado y depositado en un área de desechos cercano. Un área para la eliminación de desechos se encuentra disponible en los alrededores del sitio.

El rendimiento del agua en este proyecto se calcula asumiendo que la capacidad del embalse aumentará 600,000 m³. El rendimiento del agua es 30 l/seg.

5.4 EXCAVACIÓN DE SEDIMENTOS SIN LA PRESA LOS LAURELES II

Debido a que la cantidad de sedimentos en el embalse Los Laureles existente es tan grande y casi equivalente al embalse propuesto de la Presa Los Laureles II, una de las ideas es crear un volumen equivalente del embalse eliminando todo el sedimento, en lugar de crear una nueva presa.

Se asume que el sedimento existente se puede acarrear por excavación y por dragado. El plan de construcción detallado se describe en el Informe de Apoyo L.

Puesto que el volumen excavado deberá incluir el futuro volumen de sedimentación, 2,000,000 m³ deberán asignarse como volumen inefectivo. Dentro del volumen de excavación de 3,000,000 m³, el volumen de sedimentos es 2,000,000 m³ y el volumen efectivo es 1,000,000 m³, creando un rendimiento de agua de 50 l/seg.

5.5 PRESA QUIEBRA MONTES

El sitio de la Presa Quebra Montes se encuentra localizado en la confluencia del Río Guacerique y el Río Quebra Montes (+ 10.5 km). El sitio tiene una área de captación de 125 km². Este proyecto fue efectuado por BCEOM en 1990 como uno de los proyectos a ser llevado a cabo para del año 2015. Las características de esta presa se describen en el Informe de Apoyo I.

5.6 PRESA SABACUANTE

El sitio de la Presa Sabacuante se encuentra localizado en el Río Sabacuante 3.9 km aguas arriba de la confluencia del Río Canoas. El sitio tiene un área de captación de 80 km². Este proyecto es uno de los proyectos incluidos en el Plan Maestro del año 2015. El sitio se encuentra ubicado en un desfiladero estrecho y sus condiciones topográficas son propicias para la construcción de la presa.

Un eje de presa candidato fue seleccionado para realizar un estudio topográfico/geológico más detallado, para un proyecto de desarrollo de fuente de agua urgente.

Debido a que no parece haber ningún problema serio medioambiental o de reasentamiento para este sitio, la altura de la presa se diseña según las limitaciones topográficas y geológicas. La *Figura H.5.4* muestra el flujograma de planificación para la Presa Sabacuante. Las características del diseño de la presa se muestran en el Informe de Apoyo I.

5.7 PRESA TATUMBLA

El sitio de la Presa Tatumbla se localiza en el Río Las Canoas 6.0 km río arriba de la confluencia con de Río Sabacuante. El sitio tiene un área de captación de 64 km². El área de captación es pequeña, por lo que solamente una cantidad limitada de agua se desarrollará en este sitio.

El estudio anterior efectuado por Lahmyer fue revisado y se incluyó en el Plan Maestro de JICA. Las características de la presa se incluyen en el Informe de Apoyo I.

6. SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS DE DESARROLLO PARA LAS FUENTES DE AGUA DEL PLAN MAESTRO

6.1 GENERAL

La comparación de los proyectos para el desarrollo de la fuente de agua para el plan maestro se llevó a cabo desde el punto de vista del costo específico del suministro de agua incluyendo la fuente de agua, línea de conducción, planta para el tratamiento de agua y líneas de transmisión. La longitud de las líneas de transmisión fue incluida hasta el área de distribución existente. El resultado de la comparación se muestra en las *Tablas H.6.1* y *H.6.2*.

Para los proyectos "Dragado de Los Laureles sin la Presa II Los Laureles", "Excavación de Los Laureles sin La Presa II Los Laureles", Presa II Los Laureles" y "Presa Quebra Montes", el detalle del costo estimado se muestra en el Informe de Soporte L. Los costos de las presas para Sabacuante y Tatumbla fueron estimados multiplicando el costo unitario por la cantidad de trabajo para cada ítem de trabajo. Las cantidades de trabajo se muestran en el Informe de Apoyo I.

Tabla H.6.1 Comparación de costos de los Proyectos Candidatos.

	Fuente de agua (MUS\$)	Línea de conducción (MUS\$)	Planta de tratamiento (MUS\$)	Línea de transmisión (MUS\$)	Costo total (MUS\$)
Dragado de Los Laureles sin la Presa II Los Laureles.	46.5	0.0	2.3	0.0	48.8
Presa II Los Laureles y Excavación de Sedimento de Los Laureles	18.6	0.0	9.7	0.0	28.3
Quebra Montes	143.9	1.6	42.2	24.3	212.0
Sabacuante	68.9	4.0	17.8	2.3	93.0
Tatumbra	92.3	5.0	15.4	2.3	115.0

Tabla H.6.2 Comparación de los Proyectos Candidatos.

Nombre	Sistema Fluvial	Rendimiento Hídrico (l/s)	Costo Total (MUS\$)	Costo Específico (MUS\$/100 l/s)
Excavación de Sedimento, sin la Presa Los Laureles II	Guacerique	50	48.8	93.0
Presa Los Laureles II y excavación de Sedimento de Los Laureles	Guacerique	160	28.3	17.7
Presa Quebra Montes	Guacerique	1,040	212.0	20.4
Presa Sabacuante	Sabacuante	250	93.2	37.2
Presa Tatumbra	Las Canoas	220	115.0	52.3

El costo de las líneas de conducción, plantas de tratamiento y líneas de transmisión fue calculado planificando la ubicación de la planta y la cantidad de agua suministrada. Las características de las instalaciones de suministro de agua planificadas se muestran en la *Tabla H.6.3*.

Tabla H.6.3 Plan de Suministro de Agua

	Línea de conducción	Planta de tratamiento	Línea de transmisión
Dragado de Los Laureles sin la presa Los Laureles II	-	780 m ³ /día	-
Presa Los Laureles II y excavación de Los Laureles	-	8,760 m ³ /día	-
Quebra Montes	Ö=1.2m, l=1.0km	108, 000 m ³ /día	Ö=1.2m, l=8.0km
Sabacuante	Ö=0.8m, l=5.2km	22, 000 m ³ /día	Ö=0.8m, l=3.0km
Tatumbra	Ö=0.8m, l=6.5km	19,000 m ³ /día	Ö=0.8m, l=3.0km

6.2 PRESA LOS LAURELES II

6.2.1 CONDICIONES DEL SITIO

La Presa Los Laureles II se propone en el extremo superior del embalse de la Presa Los Laureles. El sitio del dique está localizado cercano a Las Tapias y a la población Campo de Balompié.

El Río Guacerique en la vecindad de la presa propuesta, tiene un cauce casi en línea recta con una dirección Oeste-Este en un tramo de aproximadamente 600m. Alrededor del eje de la presa, se encuentra un desfiladero estrecho que está compuesto de lava riolítica. La elevación del lecho del río en el eje de la presa es 1033m, con un ancho de aproximadamente 10m. La pendiente del contrafuerte es aproximadamente 45 grados del lecho del río a EL.1060m en la margen izquierda y 40 grados en la margen derecha.

La roca de fundación en y alrededor del sitio de la presa está compuesta de ignimbrita riolítica, tufo, y depósitos lacustres de piedra arenisca y limo. Hay dos tipos de ignimbrita, principalmente una fuertemente soldada y otra con soldadura media a baja. El depósito aluvial compuesto de arena y grava, cubre la piedra base con un espesor de aproximadamente 5m en el lecho del río. La capa superficial del suelo está distribuida en las márgenes con un espesor de aproximadamente 0.5 a 2m.

La fuerza cortante de la Brecha Volcánica no expuesta no se conoce con exactitud, puesto que el análisis de las rocas de la fundación no se ha llevado a cabo, pero basándose en los resultados del reconocimiento de campo, se considera que tiene suficiente solidez para la construcción de una presa de gravedad de concreto con una altura de 40m. Debido a que se observan fracturas en la roca base, la operación de lechado se tendrá que llevar a cabo para mejorar la impermeabilidad.

6.2.2 PLAN DE SEDIMENTACIÓN

De acuerdo al último estudio del embalse Los Laureles existente, la sedimentación total entre 1974 y 2000 es 3,000,000 m³ (vea el Informe de Apoyo B). Debido a que el área de captación del depósito es 194 km², la escorrentía de sedimentación específica de la cuenca se calcula como 600 m³/km²/año.

De acuerdo al Plan Maestro, la Presa Quebra Montes será construida un año después que la Presa Los Laureles II. Por consiguiente, el área de captación de Los Laureles II se reducirá un tanto después de un año, reduciendo la carga de la sedimentación.

De esta manera, la sedimentación de diseño en la Presa Los Laureles II se calcula de la siguiente manera:

- Primer año: $600 \times 190 \times 1 = 144,000 \text{ m}^3$
- Próximos 49 años: $600 \times 65 \times 49 = 1,911,000 \text{ m}^3$
- Total en 50 años: $2,450,000 \text{ m}^3$

Por lo tanto, el volumen del sedimento de diseño en el embalse es 2,000,000 m³. Dentro del total del sedimento estimado, una parte se planea sacarla periódicamente del embalse. Para este propósito, se propone una estructura para el control del sedimento en medio del embalse, para facilitar el acarreo periódico del sedimento. La estructura será descrita posteriormente.

En caso de retraso del proyecto Quebra Montes, la cantidad de sedimento que fluye al embalse Los Laureles II será de más de 2.000.000 m³ en 50 años. La cantidad de sedimento varía de acuerdo con el periodo de retraso de la presa Quebra Montes.

Cuando la presa Quebra Montes se retrasa en 2, 5 y 10 años, el sedimento total llega a 2.100.000 m³, 2.300.000 m³ y 2.700.000 m³ respectivamente. Por lo tanto, 10 años de retraso de la presa Quebra Montes adiciona 700.000 m³ de sedimento a ser removido con el objeto de mantener el volumen de almacenamiento efectivo planificado. En este caso, la cantidad anual de eliminación de sedimento de la estructura de control del sedimento es 14.000 m³.

Es necesario planificar la mayor cantidad posible de eliminación del sedimento considerando la posibilidad del retraso de la presa Quebra Montes. Se recomienda un enlace con una compañía de construcción o suministrador de concreto premezclado para sacar sedimento del embalse a menor costo.

6.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y DEL EMBALSE

Cuatro tipos de presas fueron diseñados de manera preliminar y fueron comparados. Se seleccionó el más económico, uno de tipo gravedad de concreto, con compuertas de cresta. La descripción detallada de esta comparación se incluye en el Informe de Apoyo I.

Después de seleccionar el tipo de presa, se diseñó la elevación exacta de la cima de la presa tomando en cuenta la elevación del Puente Mateo y las casas a ser reubicadas por el proyecto.

Según el resultado del levantamiento topográfico, la elevación de la base de la viga del puente es EL 1054.6m. El Puente Mateo fue construido como parte del Proyecto Ciudad Mateo, el cual se ha convertido en un problema controvertido y no es recomendable hacer un plan para la reconstrucción del puente.

Por consiguiente, el nivel máximo de agua del embalse durante crecidas se diseñó como EL 1053.5 m, 1 metro más bajo que la elevación de la base de la viga del puente. Con este diseño, no es necesario reconstruir el Puente Mateo para este proyecto de presa. El nivel máximo de agua durante el verano es fijo, es decir EL 1053.0m, haciendo que la cima del aliviadero de servicio sea idéntica a esta elevación.

Se asume que el nivel de adquisición de la tierra para el embalse sea EL1054.5m, el cual es 1 metro más alto que el nivel de agua máximo del embalse durante crecidas. En la sección superior del embalse, el nivel de adquisición de tierra se ha diseñado considerando el efecto de la estructura para controlar el sedimento. La *Figura H.6.1* muestra el perfil estimado del embalse con la estructura para el control del sedimento. Fue empleada una inundación con una probabilidad de 1/50 años (equivalente al Huracán Mitch) para evaluar el perfil del nivel de agua (referirse al Informe de Apoyo F). El área de adquisición de la tierra fue diseñada para confinar este nivel de agua calculado.

Por lo tanto, el embalse diseñado y las características de la presa son las siguientes:

Embalse

Nivel de Agua Normal	EL 1053 m
Nivel de Agua Bajo	EL 1044.5 m
Nivel de Agua de Crecida para el Diseño de la Presa	EL 1053.5 m
Nivel para la Adquisición de Tierra	EL 1054.5 m
Volumen Total del Embalse	4,000,000 m ³
Volumen de Sedimentación	2,000,000 m ³
Volumen Efectivo del Embalse	2,000,000 m ³
Area del Embalse para el Nivel de Agua Normal	60 ha

Presa

Elevación de la parte superior de la Presa	EL 1055.5 m
Elevación de la parte superior de la Compuerta	EL 1053.5 m
Elevación de la Cresta del Aliviadero	EL 1053.0 m
Altura	31 m
Volumen	42,000 m ³
Longitud de la Cresta	120 m

La *Figura H.6.2* muestra un esquema general de la presa. La *Figura H.6.3* muestra la relación

entre el nivel de agua y el volumen del embalse. A continuación se muestra el volumen de las obras de construcción para la presa:

Excavación:	65,000 m ³
Concreto:	42,000 m ³
Compuerta:	9m x 8.6m x 4 juegos

El diseño preliminar de la Presa Los Laureles II se describe en el Informe de Apoyo I.

6.2.4 DERRUMBES EN EL EMBALSE

En el plan maestro realizado por Lahmeyer y CONASH durante los años 1978 y 1986, hay una descripción de un deslizamiento de tierra en el contrafuerte derecho del sitio de la presa Guacerique II. La ubicación del derrumbe así como la presa Los Laureles II se muestran en la *Figura H.6.4*. La *Figura H.6.5* muestra el perfil del derrumbe preparado por Lahmeyer junto con el nivel de agua máximo planeado para el Embalse Los Laureles II.

Los detalles del estudio se describen en el Informe de Apoyo A y la conclusión se resume de la siguiente manera:

- De acuerdo al reconocimiento del campo y perforaciones efectuados en el Estudio, es difícil concluir que existe una masa de derrumbe de gran escala en el sitio.
- Aun cuando esta masa de derrumbe existiese, es difícil asumir que el embalse de captación sea inestable y cause nuevos derrumbes en el nuevo embalse.
- Por consiguiente, ninguna medida en particular se ha planificado para el Proyecto de la Presa.
- Como medida conservadora, se recomienda la adquisición adicional de tierra para el área designada como masa de derrumbe. El área a ser adquirida se muestra en la *Figura H.6.6*.

6.2.5 EXCAVACIÓN DE SEDIMENTOS

De acuerdo al levantamiento topográfico del embalse, la mayoría del sedimento en Los Laureles se encuentra cerca del cuerpo de la presa en donde la profundidad de agua es mayor. Por consiguiente, se buscaron otras ubicaciones convenientes para el futuro embalse de la Presa Los Laureles II. La *Figura H.6.7* muestra la ubicación de la gran cantidad de sedimento en el embalse existente y en el embalse futuro. Se estima que por lo menos 600,000 m³ de sedimento se eliminan del embalse por medio del procedimiento común de excavación. Parte del cual se puede aprovechar como áridos para concreto para el cuerpo de concreto de la presa Los Laureles II, y la otra parte se puede vender a contratistas o fábricas de concreto para ser reutilizado.

6.2.6 RENDIMIENTO DEL AGUA

El rendimiento del agua fue calculado usando la curva A-V y el registro de esorrentía de las estaciones en Guacerique II. El registro de observación abarca entre 1982 y 1996 y se usaron todos los datos. Debido a que los datos son observados, se ha tomado en cuenta las bocatomas de irrigación en el tramo superior. El análisis de equilibrio de agua fue efectuado para conservar el rendimiento actual de agua de la Presa Los Laureles, tal como existe ahora. Los resultados muestran que el rendimiento seguro con 99% de confiabilidad es 160 l/seg. El cálculo para el equilibrio de agua se muestra en Informe de Apoyo F.

6.2.7 CONSIDERACIÓN AMBIENTAL

Con la construcción del embalse, aproximadamente veinte casas tendrán que ser reubicadas,

además, una parte del camino existente a lo largo del río deberá seralzada. Después de revisar la literatura disponible, existen cuatro especies de fauna en peligro de extinción en la cuenca del Río Guacerique. Se llevan a cabo proyectos de desarrollo de viviendas en la cuenca y las aguas negras sin tratamiento deteriorarán la calidad del agua en el futuro embalse. Estos puntos medioambientales se estudiaron en el Estudio de Factibilidad y se describen en 8.

6.3 PRESA QUIEBRA MONTES

6.3.1 CONDICIONES DEL SITIO

El área alrededor del sitio de la presa es una extensa llanura fluvial. La anchura del desfiladero en la elevación 1152m, es de 1030m. El contrafuerte izquierdo tiene una pendiente menos inclinada que el contrafuerte izquierdo y la cuesta entre el lecho del río (EL 1094m) y el contrafuerte (EL 1152m), es alrededor de 1 a 18.

La base de piedra en el sitio es ignimbrita riolítica y el depósito del lecho del río tiene un espesor de 5 a 8m. El contrafuerte izquierdo está cubierto por 5 a 10m de talus, contrario al depósito en el contrafuerte derecho, el cual es delgado. Existen algunas fracturas en la piedra de la base, pero estas fracturas son permeables y amplias. Sin embargo, es posible mejorar la impermeabilidad con el lechado.

6.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA Y DEL EMBALSE

El proyecto fue estudiado por BCEOM en 1990 y fue examinado durante este estudio. Se revisó la capacidad del vertedero basándose en el registro de inundaciones por el Huracán Mitch. Las Figuras H.6.8 y H.6.9 muestran el esquema general de la presa.

La Figura H.6.10 muestra la relación entre el nivel de agua del embalse y el volumen del embalse. La cantidad de las obras de construcción para la presa es la siguiente:

Excavación:	753,000 m ³
Concreto:	64,000 m ³
Relleno	3,500,000 m ³

6.3.3 RENDIMIENTO DE AGUA

El rendimiento de agua fue calculado usando la curva A-V antes mencionada y el registro de escorrentía de las estaciones Quebra Montes. El registro de observación abarca entre 1982 y 1992 y se utilizaron todos los datos. El cálculo del equilibrio de agua se efectuó para conservar el rendimiento de agua existente en la Presa Los Laureles y para aumentar al máximo el rendimiento de la Presa Quebra Montes.

6.3.4 CONSIDERACIÓN AMBIENTAL

No se requiere ninguna reubicación ni de viviendas ni de caminos provocada por el proyecto, a pesar de que el área del embalse es de 240 ha. De acuerdo a la revisión de la literatura, existe la posibilidad de que haya especies en peligro de extinción en el área. Este punto deberá estudiarse cuando el proyecto esté en la fase del Estudio de Factibilidad.

7. SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS PARA EL DESARROLLO DE LA FUENTE DE AGUA PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

7.1 GENERALIDADES

La selección de los proyectos prioritarios para el Estudio de Factibilidad debe hacerse tomando en cuenta varios factores, además de los factores económicos mencionados en el sección 6.

7.2 CRITERIO PARA LA SELECCIÓN

La selección de los proyectos prioritarios se realizó tomando en cuenta el siguiente criterio:

7.2.1 URGENCIA

Ambos proyectos son urgentes, considerando la gravedad de los problemas.

7.2.2 IMPORTANCIA

El rendimiento de agua en el Proyecto Los Laureles II es 130 l/seg. y es mucho menor que en el Proyecto Quebra Montes, que es 1,000 l/seg.

7.2.3 CRONOGRAMA

Puesto que el problema es urgente, es necesario completar el proyecto e iniciar la producción de agua lo más pronto posible. Si el cronograma del proyecto es corto, es una ventaja en la selección del proyecto prioritario.

7.2.4 ASPECTO ECONÓMICO

El proyecto prioritario deberá tener una ventaja económica entre los proyectos candidatos. La ventaja económica se evalúa de acuerdo al costo específico del proyecto. El costo específico se define como la proporción entre el costo de construcción básico y el rendimiento de agua. Si el costo específico es bajo, el costo unitario de la fuente de agua desarrollada es bajo y tiene una ventaja económica. Es uno de los factores más críticos en la selección del proyecto prioritario.

7.2.5 ASPECTOS TÉCNICOS

A pesar de que SANAA tiene experiencia en diseños de presas, construcción y funcionamiento, esta obra civil es de gran escala y complicada. Si el proyecto tiene dificultades técnicas tales como problemas geológicos o escasez de material, el proyecto tiene menos prioridad comparado con otros proyectos.

7.2.6 ASPECTOS AMBIENTALES

Debido a que un proyecto de presa es una obra civil de gran escala, su efecto en el ambiente natural y social es significativo. La cantidad del impacto es proporcional al tamaño de la estructura, así como al área del embalse, puesto que el embalse recientemente creado sumergirá el área circundante.

7.3 SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS

En el Plan Maestro, hay dos proyectos para la fuente de agua, el Proyecto Los Laureles II y el Proyecto Quebra Montes. Estos dos proyectos se comparan en términos de los seis factores mencionados con anterioridad. La evaluación de cada factor se describe a continuación:

7.3.1 URGENCIA

Debido a que la Ciudad de Tegucigalpa ha estado padeciendo de escasez de agua en estos últimos años, es urgente solucionar el problema. Por consiguiente, se considera que cualquier proyecto para el desarrollo de fuentes de agua es urgente.

7.3.2 IMPORTANCIA

El rendimiento del agua producido por el proyecto es indicativo de su importancia en el Plan Maestro. Si la cantidad del rendimiento de agua es mayor, el número de beneficiarios es mayor y la posición del proyecto es más significativa.

7.3.3 CRONOGRAMA

Debido a que el problema es urgente, es necesario completar el proyecto e iniciar la producción de agua lo más pronto posible. Si el cronograma del proyecto es corto, es una ventaja en la selección del proyecto prioritario.

7.3.4 ASPECTOS ECONÓMICOS

El proyecto prioritario debe tener una ventaja económica entre los proyectos candidatos. La ventaja económica se evalúa según el costo específico del proyecto. El costo específico se define como la proporción entre el costo de construcción básico y el rendimiento de agua. Si el costo específico es bajo, el costo unitario de la fuente de agua desarrollada es bajo y tiene una ventaja económica. Es uno de los factores más críticos en la selección del proyecto prioritario.

7.3.5 ASPECTOS TÉCNICOS

A pesar de que SANAA tiene experiencia en el diseño, construcción y funcionamiento de presas, esta es una obra civil difícil y de gran escala. Si el proyecto tiene dificultades técnicas tales como problemas geológicos o escasez de material, el proyecto tiene menos prioridad comparada con otros proyectos.

7.3.6 ASPECTOS AMBIENTALES

El proyecto de presa es una obra civil de gran escala y su efecto en el ambiente natural y social es significativo. La cantidad del impacto es proporcional al tamaño de la estructura, así como al área del embalse, puesto que el embalse recién creado sumergirá el área circundante.

7.4 CONCLUSIÓN

La evaluación de los dos proyectos con respecto a los puntos revisados se resume en la *Tabla H.7.1*. Como conclusión, el Proyecto de la Presa Los Laureles fue seleccionado como el proyecto prioritario para el Estudio de Factibilidad.

Tabla H.7.1 Comparación de Ambos Proyectos

Nombre del Proyecto	Urgencia	Importancia	Cronograma	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales	Proyecto Prioritario
Los Laureles II	A	B	A	A	A	B	X
Quebra Montes	A	A	B	A	B	B	

8. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO PRIORITARIO

8.1 GENERALIDADES

El Estudio de Factibilidad se llevó a cabo para el Proyecto Los Laureles II. El plan para la excavación de sedimentos se efectuó basándose en el levantamiento topográfico del Embalse Los Laureles y futuro Embalse Los Laureles II. Asimismo, se estudiaron las estructuras relacionadas con la Presa Los Laureles II, incluyendo las obras de compensación. Para el estudio de factibilidad, el costo total del proyecto fue estimado usando el método del costo unitario.

El estudio de la evaluación ambiental se hizo basándose en el reconocimiento de campo, y el estudio de la calidad del agua del embalse se efectuó asumiendo diferentes casos de aumento de la población en la cuenca.

Se realizaron tanto el plan de operación como el plan de mantenimiento para las instalaciones del proyecto.

Se realizó la evaluación global del proyecto y se concluyó que el proyecto es factible y deberá ejecutarse urgentemente.

8.2 OTROS ESTUDIOS PARA LA PRESA LOS LAURELES II

8.2.1 CALIDAD DEL AGUA EN EL EMBALSE

Actualmente, la población en la cuenca de la Presa Los Laureles II es alrededor de 17,000 habitantes. A pesar de que la cuenca se encuentra dentro del área de preservación para el suministro de recursos hídricos, continúa el desarrollo de viviendas nuevas, algunas de ellas en gran escala.

Si la población de la cuenca aumenta rápidamente y las aguas residuales se desechan al embalse sin ningún tratamiento, definitivamente la calidad del agua se verá deteriorada.

En el Informe de Apoyo I, se estima la población de la cuenca según el escenario de desarrollo de la misma. Utilizando el modelo simple, es posible estimar el probable problema de la calidad de agua del embalse.

La *Figura H.8.1* muestra el resultado. Según esta figura, se puede deducir lo siguiente si el desarrollo de la Ciudad Mateo continúa como fue planeado originalmente, sin ningún tratamiento de agua, la posibilidad de eutrofización en el embalse es alta.

Por lo tanto, es necesario que haya un estricto control en el desarrollo de la cuenca.

8.2.2 INSTALACIONES RELACIONADAS

(1) Oficina de Manejo

Puesto que es necesario operar las grandes compuertas de cresta en la presa, es necesario que el personal para su operación viva en las cercanías. La oficina de manejo incluye un operador, así como a los técnicos mecánicos y eléctricos para mantener las instalaciones mecánicas.

(2) Sistema para el Pronóstico de Inundaciones

Durante el periodo de transición entre el invierno y el verano, las compuertas serán operadas previendo la cantidad de flujo de entrada al embalse. Esto es posible realizarlo observando la cantidad de precipitación que se envía a la oficina de SANAA por medio de un sistema de

telemetría. La oficina de SANAA analizará la cantidad de precipitación, así como la información meteorológica enviando instrucciones de la operación de la compuerta a la oficina de manejo en el sitio. La *Figura H.8.2* muestra una imagen del sistema para el pronóstico de inundaciones.

Pese a que hay una estación flujo/pluviométrica en el puente Mateo con sistema de telemedición, se propone instalar una nueva estación flujo/pluviométrica en la confluencia del río Guacerique y el río Quebra Montes con el objetode obtener datos con anticipación. La nueva estación estará equipada con sistema de telemedición.

(3) Sistema de Alerta

Es necesario instalar un sistema de alerta en el tramo más bajo del Río Guacerique hasta la confluencia de Río Choluteca, puesto que serán operadas nuevas compuertas y se esperan inundaciones creadas por el hombre. El sistema de alerta está compuesto por un sistema de sirena y señales de alerta a lo largo del río para instruir el significado de la sirena.

La *Figura H.8.3* muestra la configuración propuesta para el sistema de sirena.

(4) Estructura para Controlar el Sedimento

Se planea una estructura para el control del sedimento en el embalse. Su ubicación deberá estar en el desfiladero estrecho y hay un camino de acceso al río desde el camino existente, para que un vehículo pueda entrar fácilmente. La estructura se compone de un gavión y la elevación superior está diseñada para que no afecte el nivel del agua del embalse superior durante inundaciones. La *Figura H.8.4* muestra la idea de la estructura de control.

Las características de la estructura son las siguientes:

- Estructura	gavión
- Ubicación	No.15
- Elevación superior	EL 1050 m
- Elevación inferior	EL 1047 m
- Altura	3 m
- Longitud	220 m
- Volumen	700 m ³

(5) Instalaciones para el Tratamiento Simple del Agua

El volumen del flujo de entrada es un factor crítico en la operación futura del embalse. De acuerdo al análisis de la calidad del agua, algunos tributarios llevan agua de una calidad deteriorada hacia el río. Además, el Proyecto Ciudad Mateo todavía está en actividad y hay posibilidad del desarrollo en gran escala del área.

Si se requiere operar la Presa Los Laureles existente y la nueva Presa Los Laureles II conjuntamente con este tipo de desarrollo, el tratamiento de la calidad de agua se vuelve imperativo en esta área.

Tomando en cuenta esta situación, se propone como proyecto piloto un sistema de tratamiento de aguas negras simple construido en el curso del río. La ubicación del proyecto sería en un afluente de Río Guacerique en donde la calidad del agua no es buena.

(6) Trabajos de Compensación

1) Reubicación de los Caminos Existentes

Debido a que parte del camino existente está debajo del nivel de agua máximo del embalse,

es necesario alzarlo para que no quede sumergido durante las crecidas. La longitud del camino es alrededor de 100 m. La *Figura H.8.5* muestra la ubicación del camino a ser alzado.

2) Reubicación de la Estación de Bombeo

Existe una estación de bombeo para el uso militar en el tramo superior del sitio de la presa, la cual quedará sumergida por el proyecto. La ubicación se muestra en la *Figura H.8.5*. Las instalaciones serán reubicadas en el tramo inferior de la presa como obra de compensación.

3) Compensación de las tuberías de alcantarillado del proyecto Ciudad Mateo

Pese a que este proyecto está basado en la suposición que el proyecto Ciudad Mateo no será continuado, se incluye el costo de compensación de las tuberías de alcantarillado debajo del nivel de adquisición de tierras de este proyecto.

4) Recuperación de la tierra de reubicación

Después del término del plan de reubicación por SANAA, es necesario coordinar el plan de construcción de la presa de forma que parte del trabajo pueda ser aplicado al plan de reubicación. Por ejemplo, puede ser posible la recuperación de tierras para un nuevo esquema de reubicación usándolas como parte del vaciadero.

8.2.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

(1) Generalidades

Un estudio del impacto medioambiental se llevó a cabo para el proyecto de la Presa Los Laureles II, incluyendo la excavación de sedimentos.

(2) Items de Estudio

Los puntos a ser estudiados en el estudio de impacto medioambiental son los siguientes:

- Los impactos en el tráfico vehicular durante la construcción
- Los impactos en la hidrología
- Los impactos en los ecosistemas locales, áreas silvícolas y áreas protegidas
- Los impactos en la calidad de agua
- Los impactos en la erosión, sedimentación del embalse a ser construido

(3) Conclusión

Después del EIA, se concluyó que el proyecto de la Presa Los Laureles II proporciona mayores impactos positivos que negativos en la región, y la promoción del proyecto es factible en términos medioambientales.

Uno de los problemas medioambientales más importantes es el desarrollo de Ciudad Mateo. El proyecto de desarrollo en sí es ilegal y actualmente se encuentra suspendido y no deberá permitirse que se resume el proyecto.

8.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

8.3.1 PLAN DE OPERACIÓN

(1) Generalidades

Después de la finalización de la Presa Los Laureles II, es necesario operar simultáneamente la Presa Los Laureles existente y la nueva Presa Los Laureles II. El funcionamiento durante el verano y el funcionamiento durante el invierno son básicamente diferentes. El funcionamiento durante el verano se enfoca principalmente en como conservar el agua almacenada,

suministrándola eficazmente. Por otro lado, el funcionamiento durante el invierno tiene que incluir el funcionamiento de emergencia durante las inundaciones y como operar la compuerta eficazmente para garantizar la seguridad de la estructura.

(2) Reglas de Operación durante el Verano

El Embalse Los Laureles existente y el nuevo Embalse Los Laureles II tienen que ser operados sistemáticamente para que utilicen su volumen de almacenamiento completamente. Cuando varios embalses se localizan en un sistema fluvial, el principio de la regla de operación durante el verano es el siguiente:

- El embalse en la parte más baja deberá usarse primero, y
- Los embalses se operan de tal manera que la proporción entre el volumen de almacenamiento libre y el área de captación sean equivalentes en ambos embalses.

Debido a que los embalses Los Laureles y Los Laureles II se encuentran ubicados casi en el mismo lugar, las áreas de captación son casi las mismas, y el agua se toma del embalse Los Laureles. Por consiguiente, todas las compuertas y la válvula de Los Laureles II se encuentran cerradas y el flujo de entrada es almacenado en el embalse. El agua se libera del vertedero de servicio y se alimenta al embalse Los Laureles.

Cuando el nivel de agua disminuye y no hay suficiente espacio de almacenamiento en el embalse Los Laureles, la válvula de la Presa Los Laureles II se abre y el agua se descarga en el embalse Los Laureles para su consumo.

(3) Regla de Operación durante el Invierno

Durante el invierno, las compuertas serán operadas para satisfacer dos propósitos contradictorios, específicamente:

- Soltar la descarga de crecida en forma segura, y
- Almacenar la descarga adicional para el uso futuro.

Para poder cumplir con los dos propósitos anteriores, es necesario predecir el volumen del flujo de entrada y compararlo con el espacio de almacenamiento disponible en el embalse. Para este propósito, se establece la regla de operación para el operador.

La idea básica para la operación es la siguiente:

- Las compuertas se cierran completamente para almacenar el agua para el uso futuro.
- Cuando hay una crecida y el nivel del agua se eleva sobre EL 1053.0m (nivel de agua normal), una de las compuertas se abre parcialmente para liberar el agua y mantener el nivel de agua en EL 1053.0m (nivel de agua normal).
- Cuando el nivel de agua del embalse está a la altura del nivel de agua normal y se anticipa una gran crecida como resultado de la observación en la estación pluviométrica, las compuertas se abren completamente para reducir el nivel de agua.
- Cuando el nivel de agua del embalse es bajo y se anticipa una gran crecida por la observación en la estación pluviométrica, se estima el volumen del flujo de entrada y se determina la operación de las compuertas.

(4) Borrador de las Reglas de Operación

Tomando en consideración lo anterior, a continuación se describe un borrador de las reglas de operación para las nuevas presas:

(Borrador de las Reglas de Operación para el Embalse Los Laureles II)

Capítulo 1 Definición del Invierno y el Verano

Se define que el invierno es del 1º de mayo al 31 de octubre, mientras que el verano es del 1º de noviembre al 31 de abril.

Capítulo 2 Definición del Operador, Oficina Principal y Administrador del Río

El Operador es la persona encargada de operar la compuerta y las otras instalaciones de la presa de acuerdo a las instrucciones de la oficina principal, así como de acuerdo a su propio juicio.

La Oficina Principal es una oficina a cargo de la operación de la compuerta y de las otras instalaciones de SANAA, colecciona toda la información hidrológica y las condiciones de todas las instalaciones para el abastecimiento de agua a cargo de SANAA, además de proporcionar las instrucciones al Operador.

El Administrador del Río es una organización autorizada que se encarga de todo el Sistema del Río Choluteca en términos del uso de agua, así como del control de crecidas del sistema. En el caso del control de inundaciones, el Administrador del Río dará las instrucciones a la Oficina Principal de SANAA para controlar la inundación a lo largo del sistema del río.

Capítulo 3 Definición del Nivel de Agua en el Embalse

Los niveles de agua del embalse se definen de la siguiente manera:

<i>EL 1053.5m</i>	<i>elevación de la cresta de las compuertas</i>
<i>EL 1053.0m</i>	<i>nivel de agua normal</i>
<i>EL 1048.0m</i>	<i>nivel de agua bajo (nivel de sedimentación)</i>
<i>EL 1044.5m</i>	<i>elevación inferior de las compuertas</i>

Capítulo 4 Operación de la Compuerta durante el verano

Todas las compuertas se mantendrán cerradas durante el veraano para que en el embalse se almacene toda la descarga del flujo de manera eficaz.

Capítulo 5 Operación de la Compuerta durante el invierno

- Las compuertas estarán cerradas durante el invierno.*
- Cuando ocurra una inundación y el nivel del agua se eleva sobre EL 1053.0m (nivel de agua normal), se abre una de las compuertas parcialmente para soltar agua y mantener el nivel del agua en EL 1053.0m (nivel de agua normal).*
- Cuando el nivel de agua del embalse esté en el nivel de agua normal y se anticipa una gran inundación como resultado de la observación en la estación pluviométrica, las compuertas se abren para disminuir el nivel de agua y proporcionar suficiente espacio para el almacenamiento del volumen del flujo de entrada anticipado.*
- Cuando se anticipa un gran diluvio, todas las compuertas se abrirán totalmente para liberar la inundación de manera segura a través del vertedero.*

Capítulo 6 Instrucciones de la Operación de la Compuerta

Las instrucciones para la operación de la compuerta serán despachadas desde la Oficina

Principal del Operador. La Oficina Principal dará la información de operación al Administrador del Río.

Capítulo 7 Alerta

Cuando la compuerta se abra para soltar el agua río abajo, se enviará una advertencia por medio de sirenas para advertir a las personas en el cauce del río.

8.3.2 PLAN DE MANTENIMIENTO

(1) Excavación de Sedimentos

Para poder prolongar la vida útil del embalse, es aconsejable excavar el sedimento acumulado en la estructura para el control del sedimento. La cantidad de sedimento de diseño que deberá eliminarse es 10,000 m³ considerando el volumen de almacenamiento de la estructura. De acuerdo al análisis del material de sedimentación, una parte se utilizará como agregado de concreto y es posible que fábricas de concreto o empresas de construcción puedan extraer el sedimento para su propio uso. El costo de excavación del sedimento está incluido dentro del costo de mantenimiento de la presa, en la cantidad de 10,000 m³/año.

(2) Pintura

La pintura periódica de las compuertas y válvulas se requerirá cada cinco (5) años.

(3) Inspección y Mantenimiento Periódicos

Se requiere de inspección y mantenimiento periódicos para las instalaciones, especialmente de las compuertas y válvulas.

(4) Monitoreo de la Calidad del Agua del Embalse

Debido a que existe la posibilidad de la deterioración de la calidad de agua en el embalse, se deberá supervisarla periódicamente.

8.4 ORGANIZACIÓN

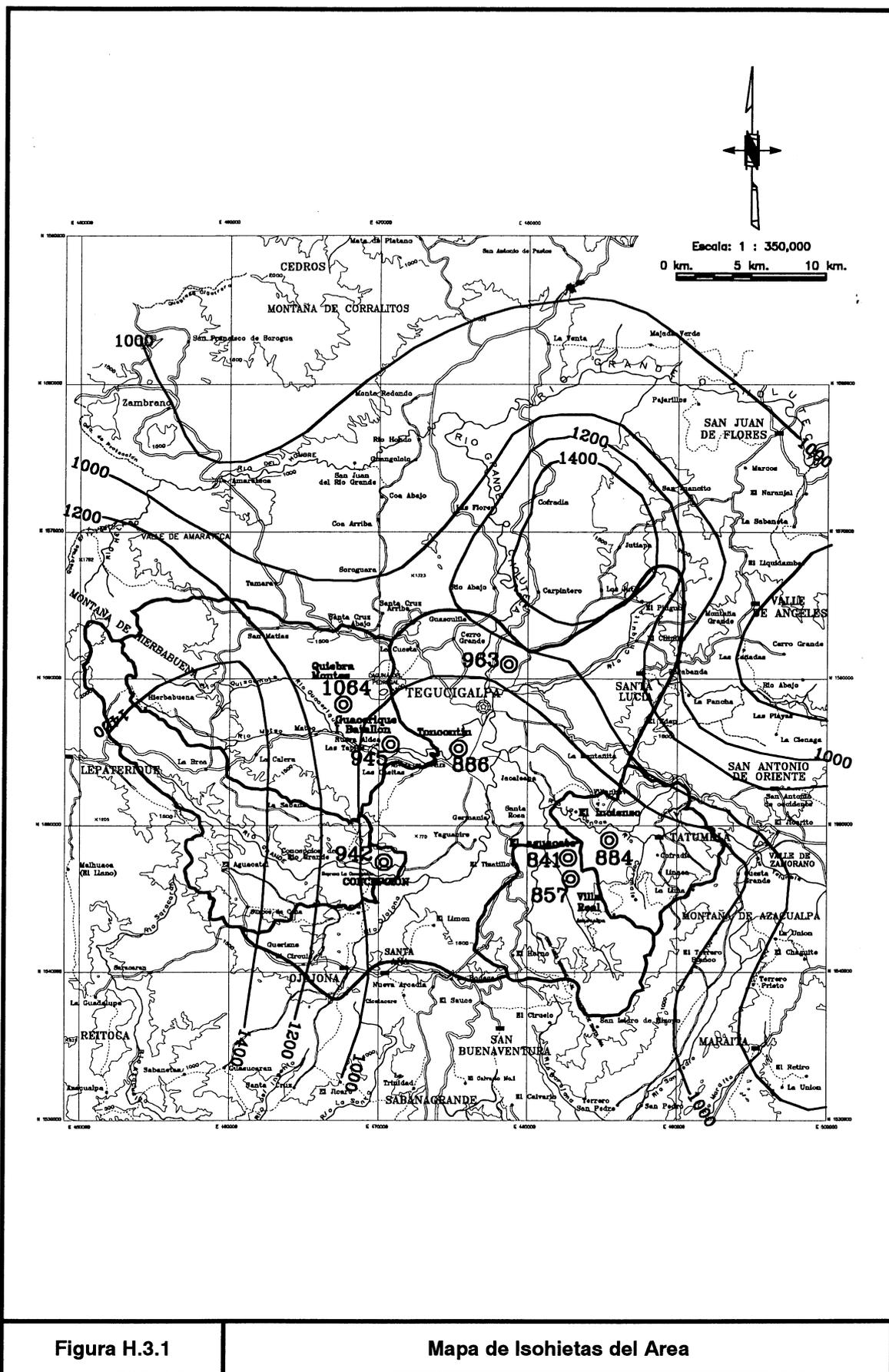
Para propósitos del mantenimiento y operación, se establecerá una nueva organización, "Oficina de Manejo de la Presa Los Laureles II". Esta organización estará compuesta por un director y operadores. La oficina pertenece a la Planta para el Tratamiento de Agua de Los Laureles.

8.5 PLAN DE CONSTRUCCIÓN

Se preparó el plan para la construcción de la Presa Los Laureles II y la excavación del embalse Los Laureles y ambos se describen en el Informe de Apoyo L. El programa de construcción se muestra en la Figura H.8.6.

8.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS

Se llevó a cabo la estimación del costo para la Presa Los Laureles II y para la excavación del embalse Los Laureles describiéndose en el Informe de Apoyo L. El costo total del proyecto prioritario es aproximadamente US\$ 26 millones.



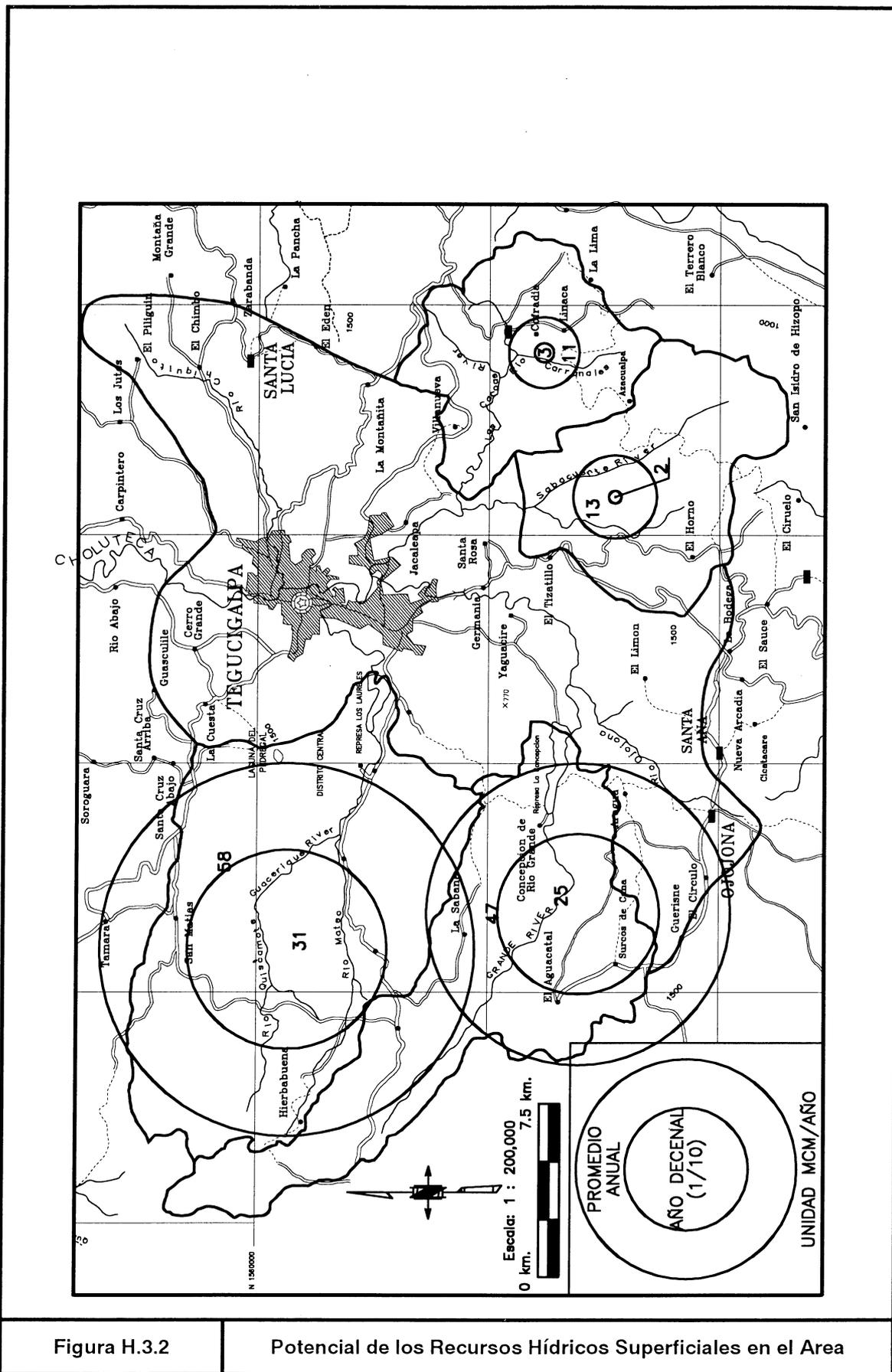
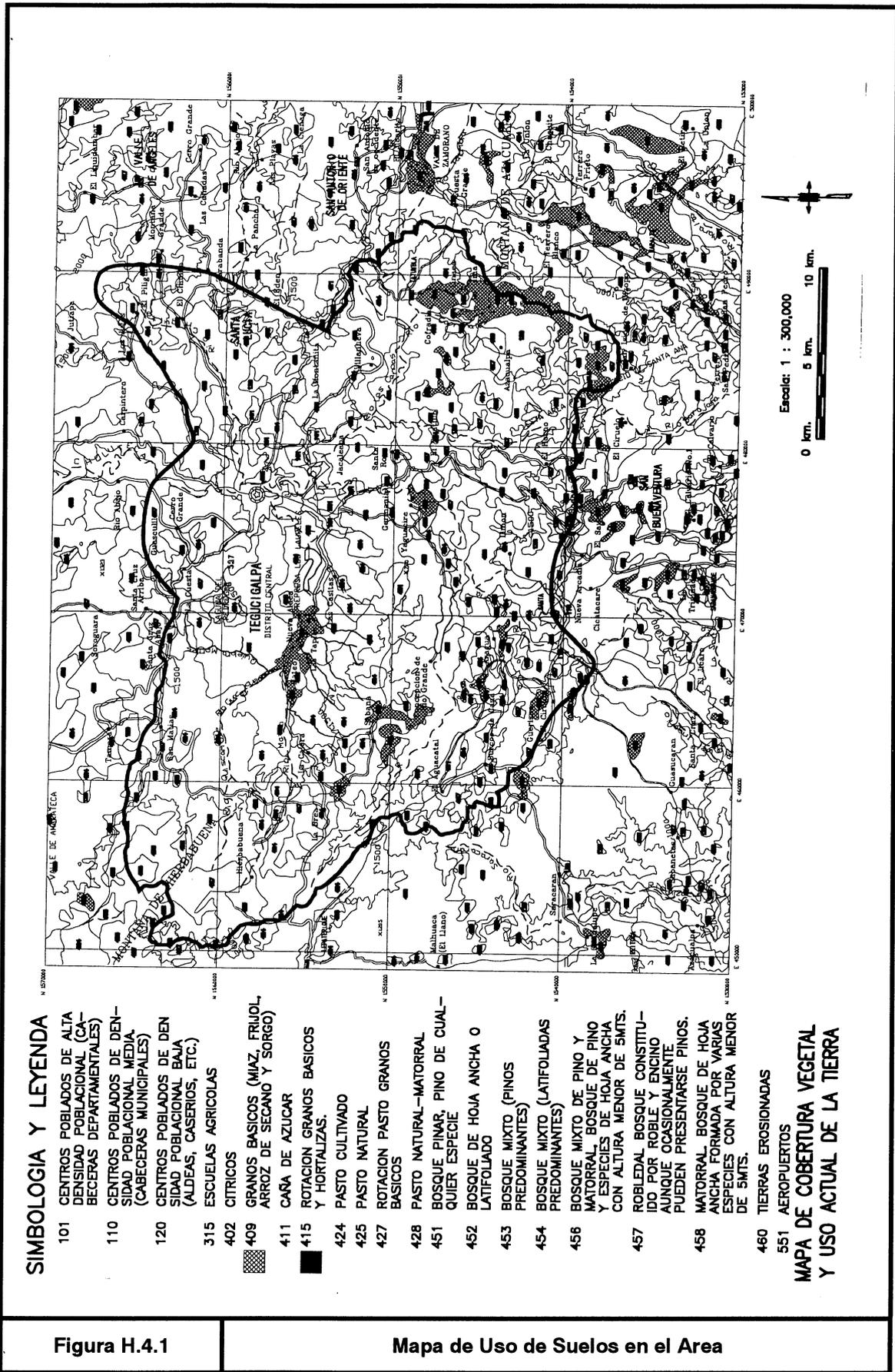


Figura H.3.2

Potencial de los Recursos Hídricos Superficiales en el Area



Descarga del flujo de entrada en verano

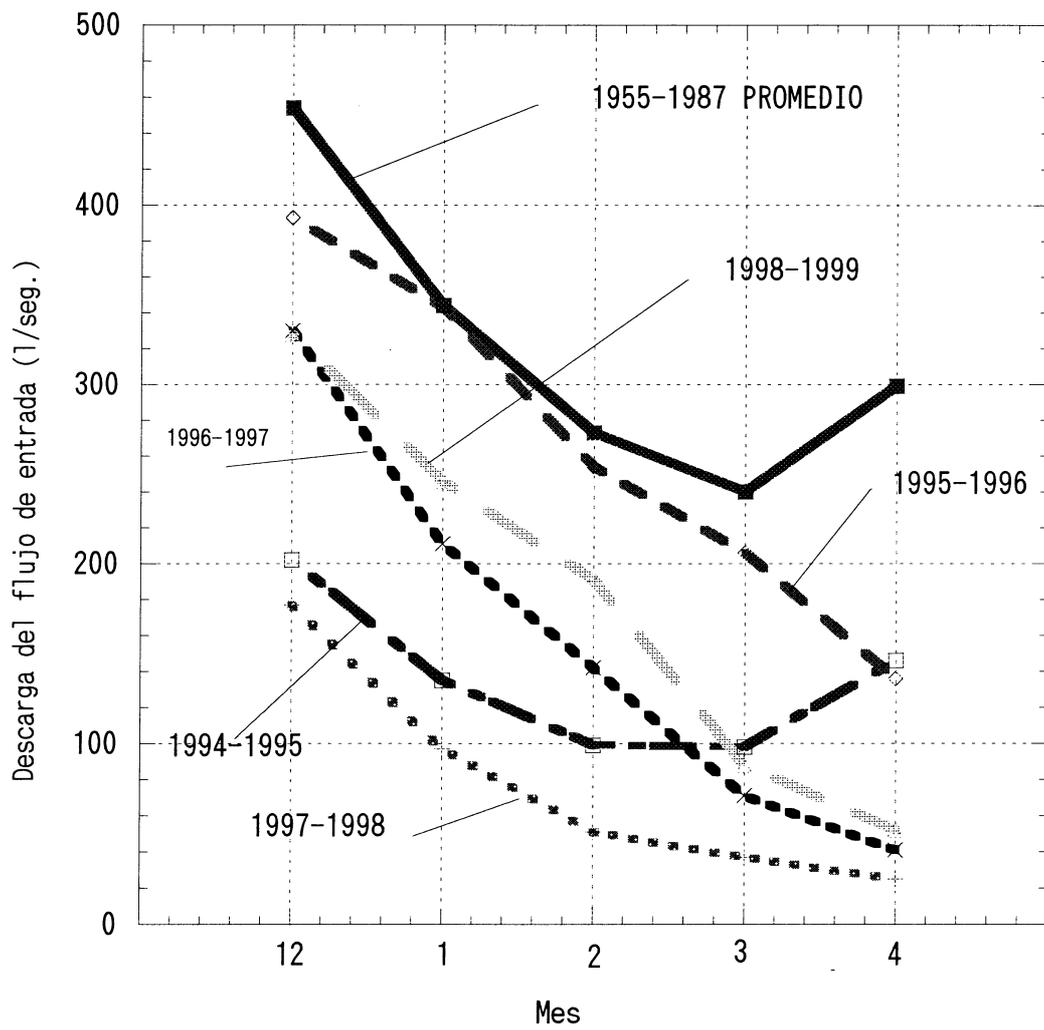


Figura H.4.2

Comparación del Caudal en la Estación Hidrométrica Guacerique II

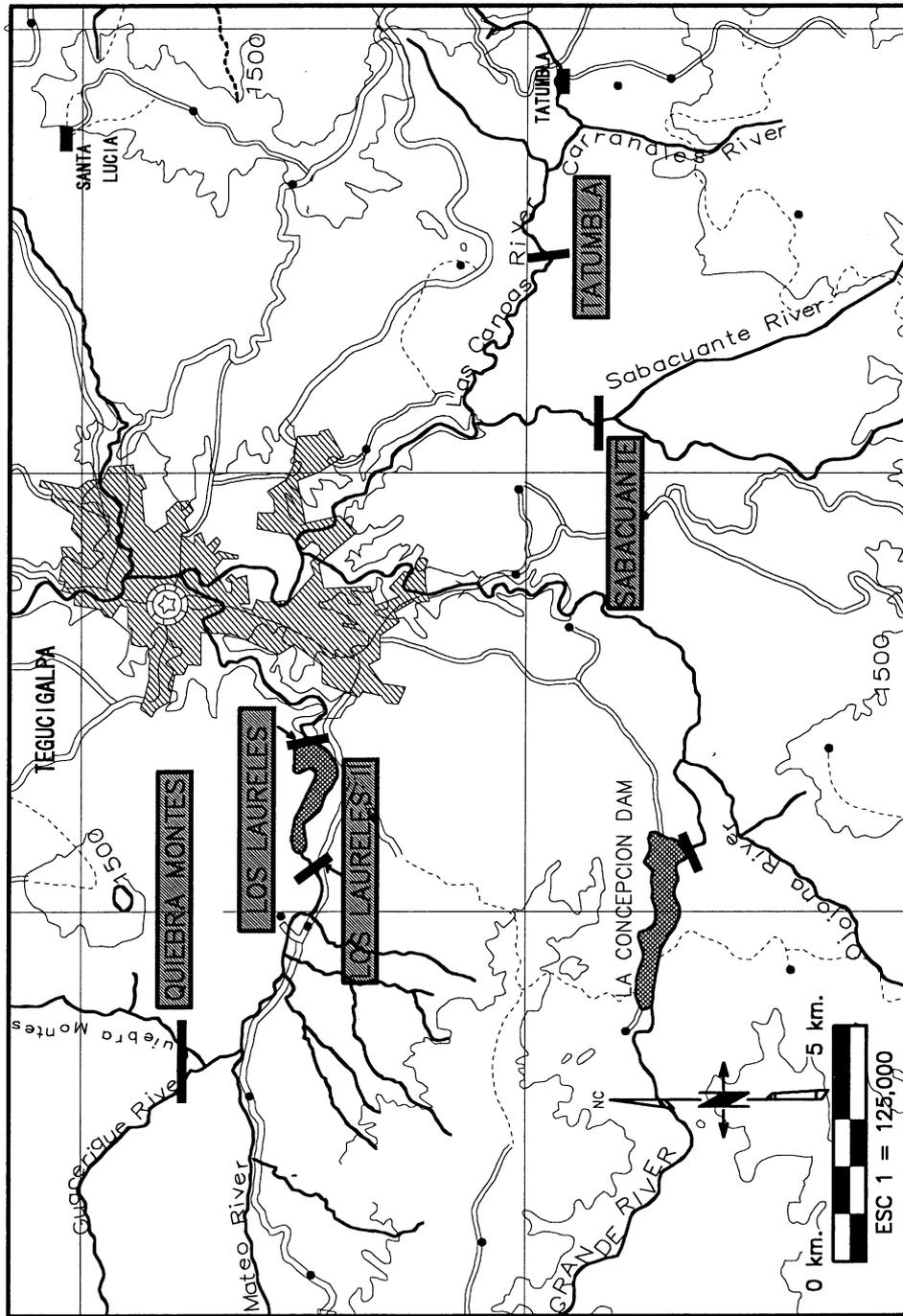


Figura H.5.1

Sitios Candidatos para el Desarrollo de las Fuentes de Agua

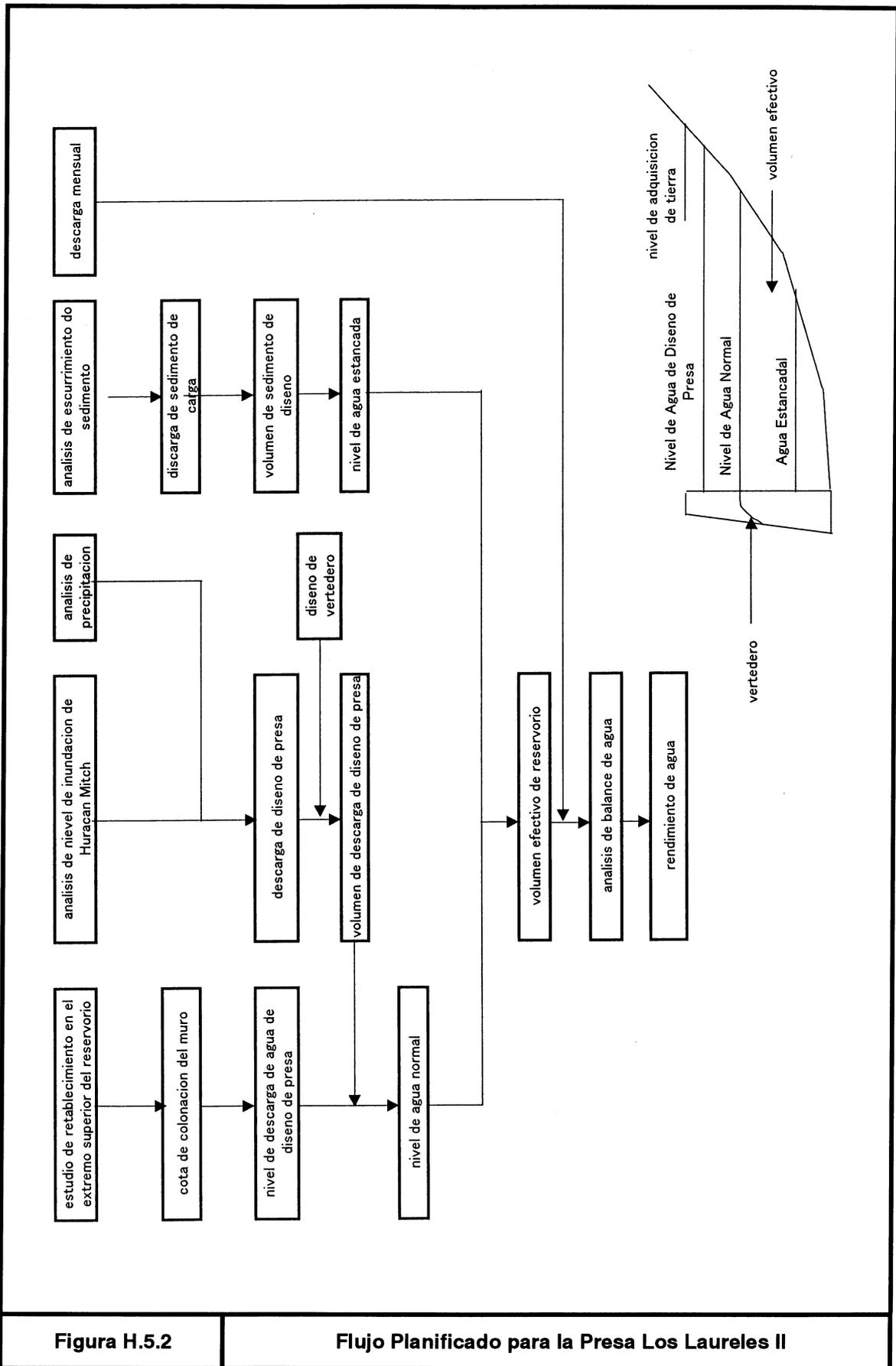


Figura H.5.2

Flujo Planificado para la Presa Los Laureles II

Cambio de Capacidad de Reservorio de Presa Los Laureles:

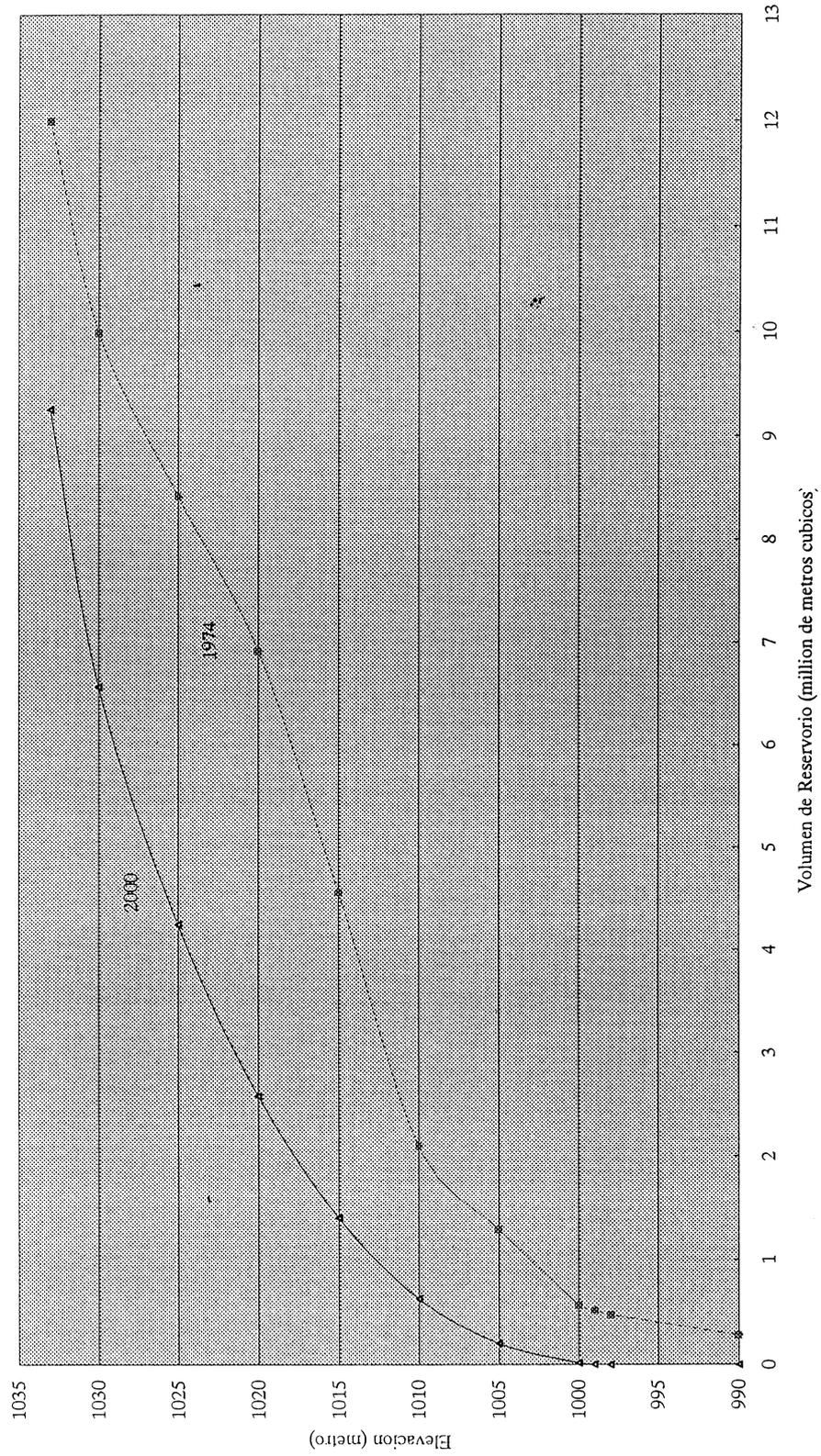


Figura H.5.3

Distribución del Sedimento en el Embalse Los Laureles

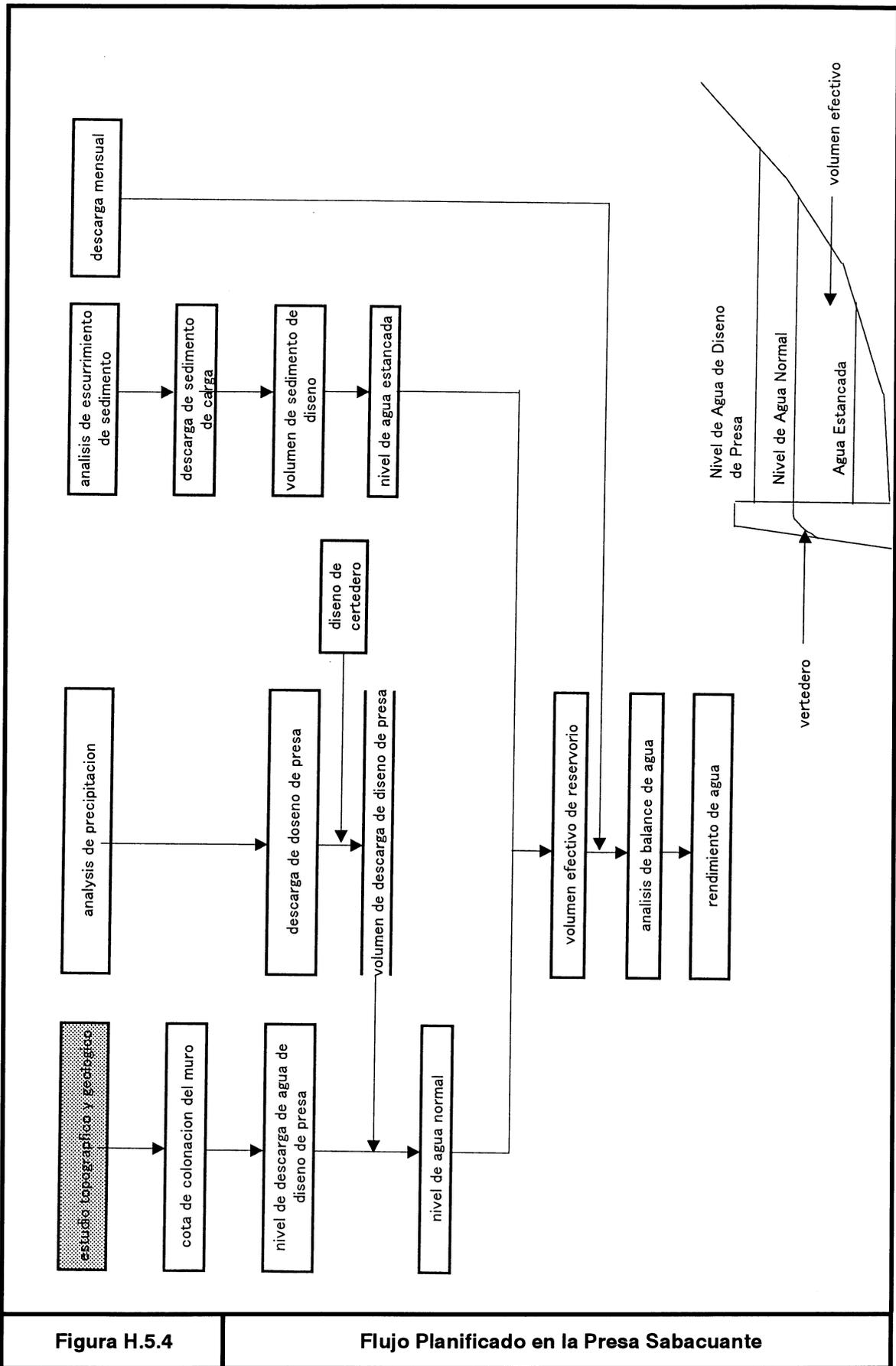


Figura H.5.4

Flujo Planificado en la Presa Sabacuante

Perfil Longitudinal de Nivel de Agua por Simulación Hidraulic.

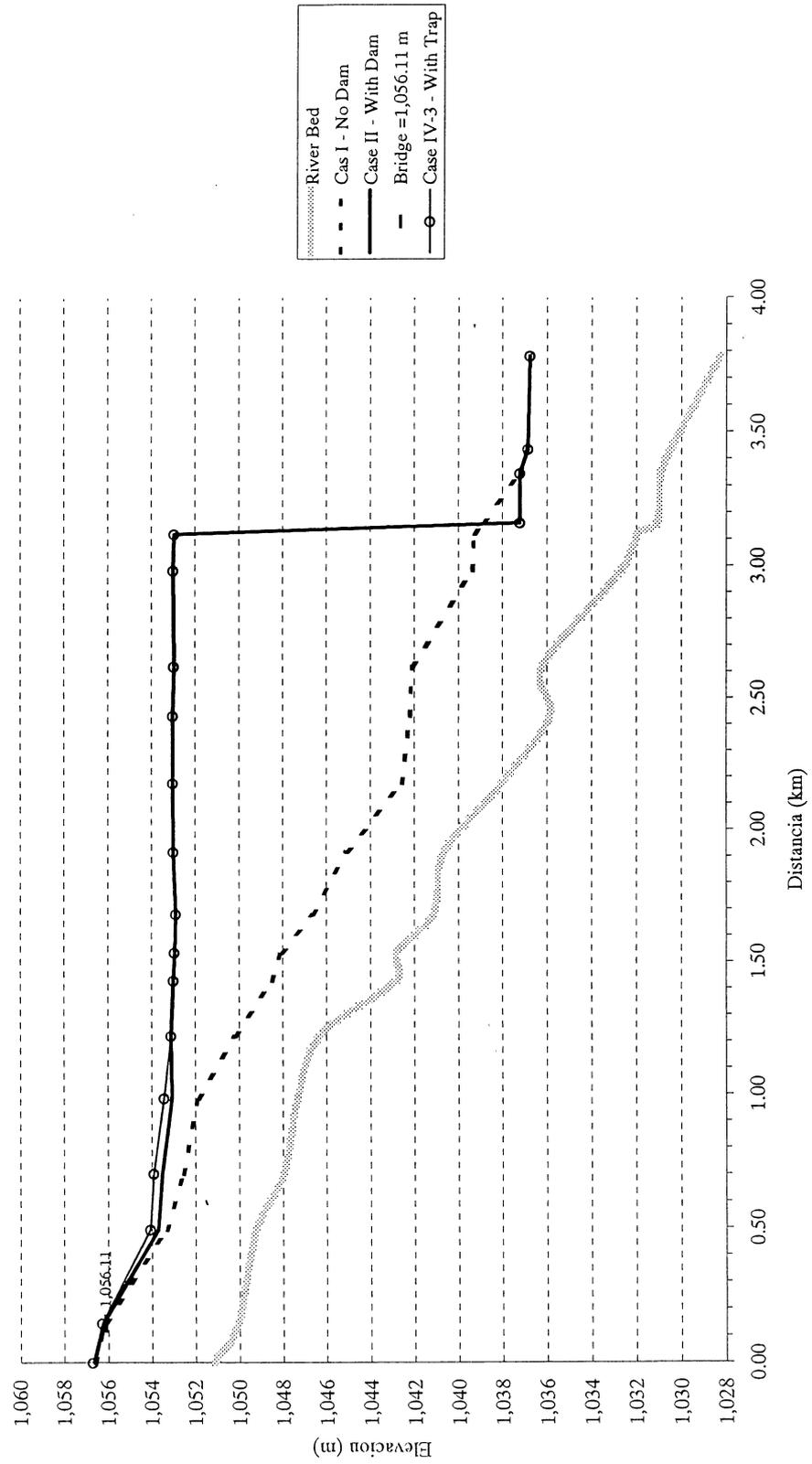


Figure H.6.1

Perfil de la Superficie del Agua durante la Inundación

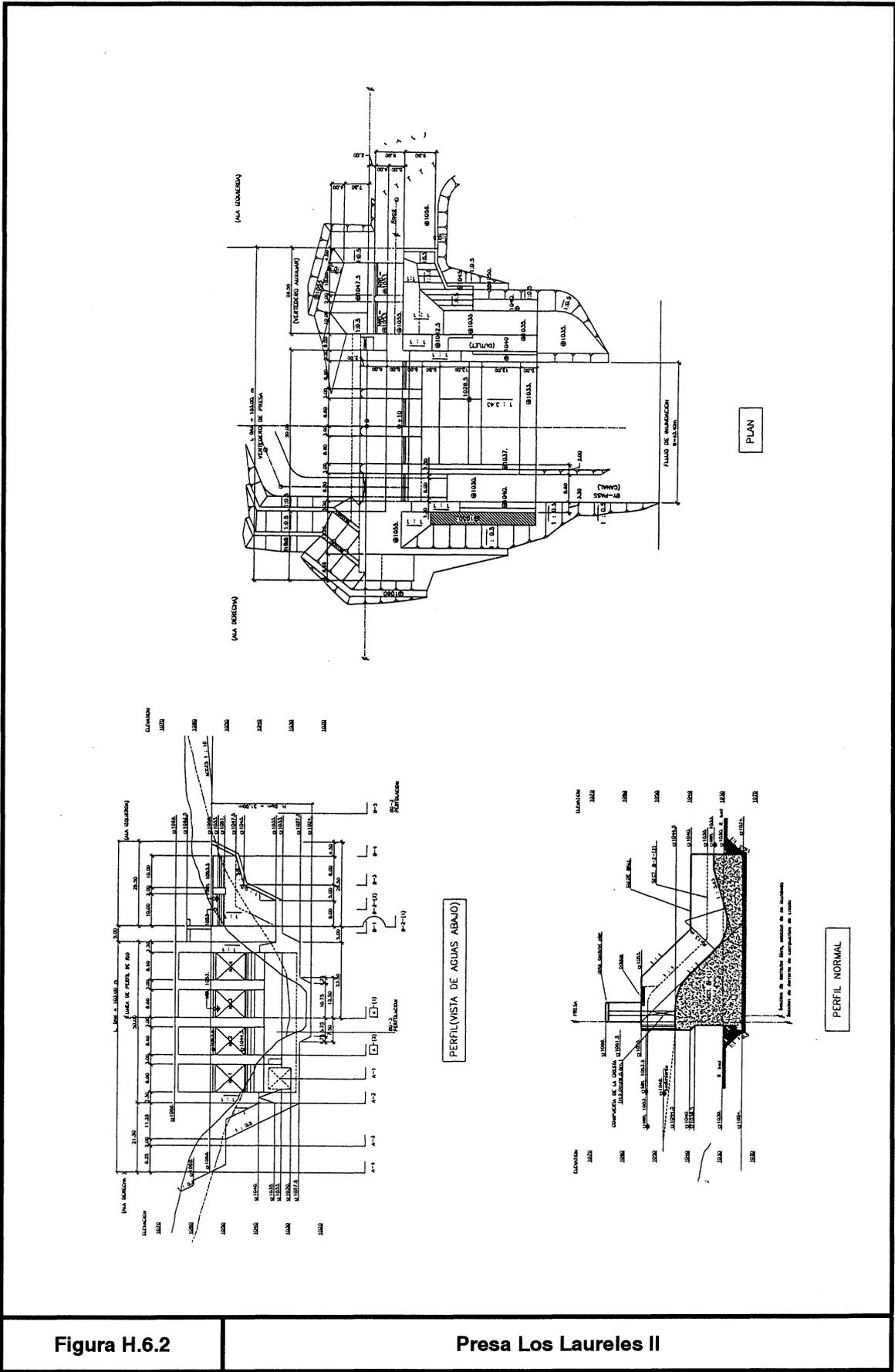


Figura H.6.2

Presas Los Laureles II

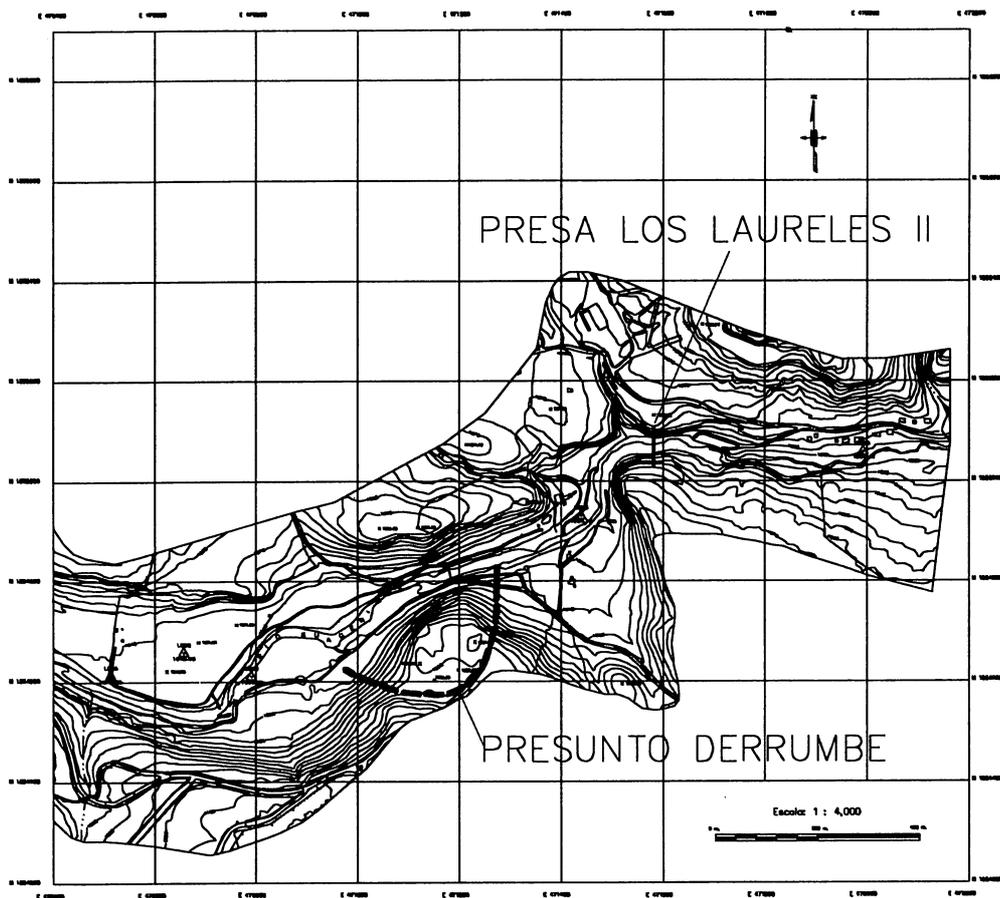


Figura H.6.4

Ubicación del Derrumbe Supuesto

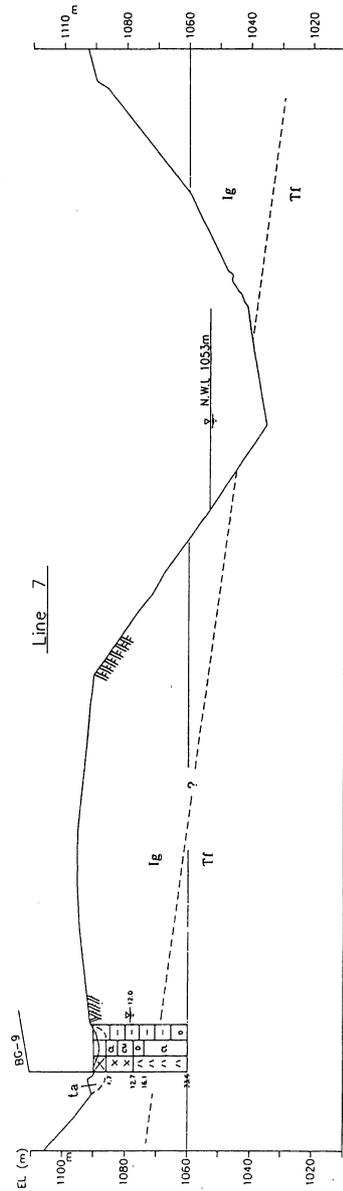
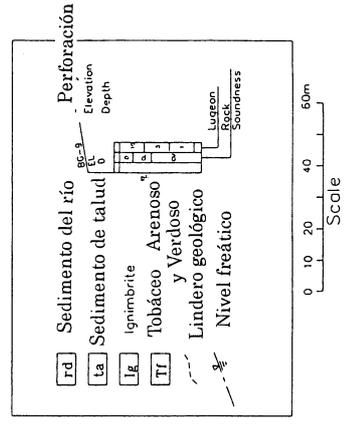
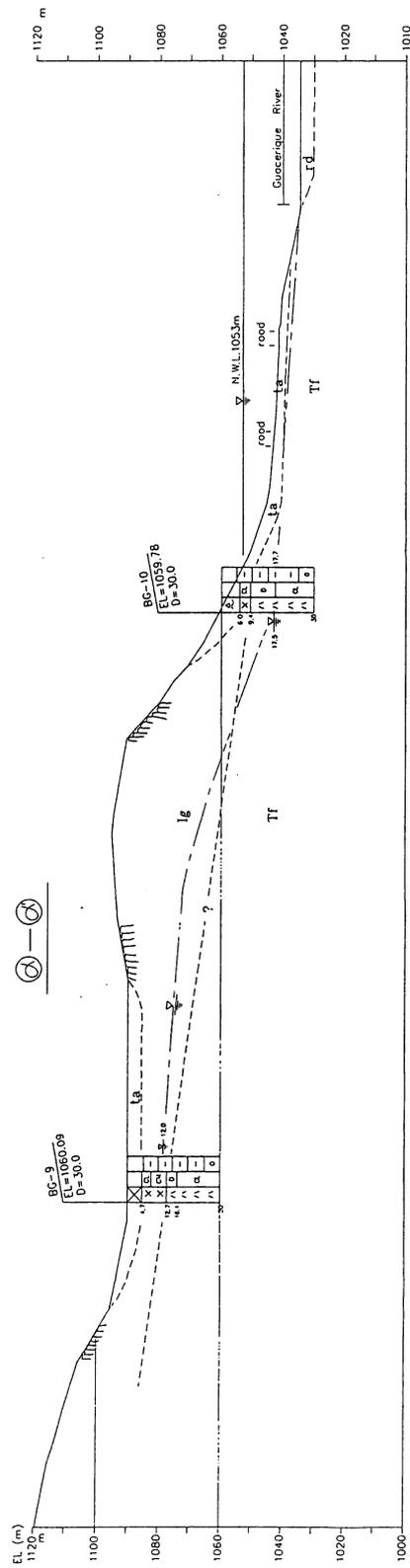


Figura H.6.5

Perfil de la Pendiente



Figura H.6.6

Area a Ser Adquirida

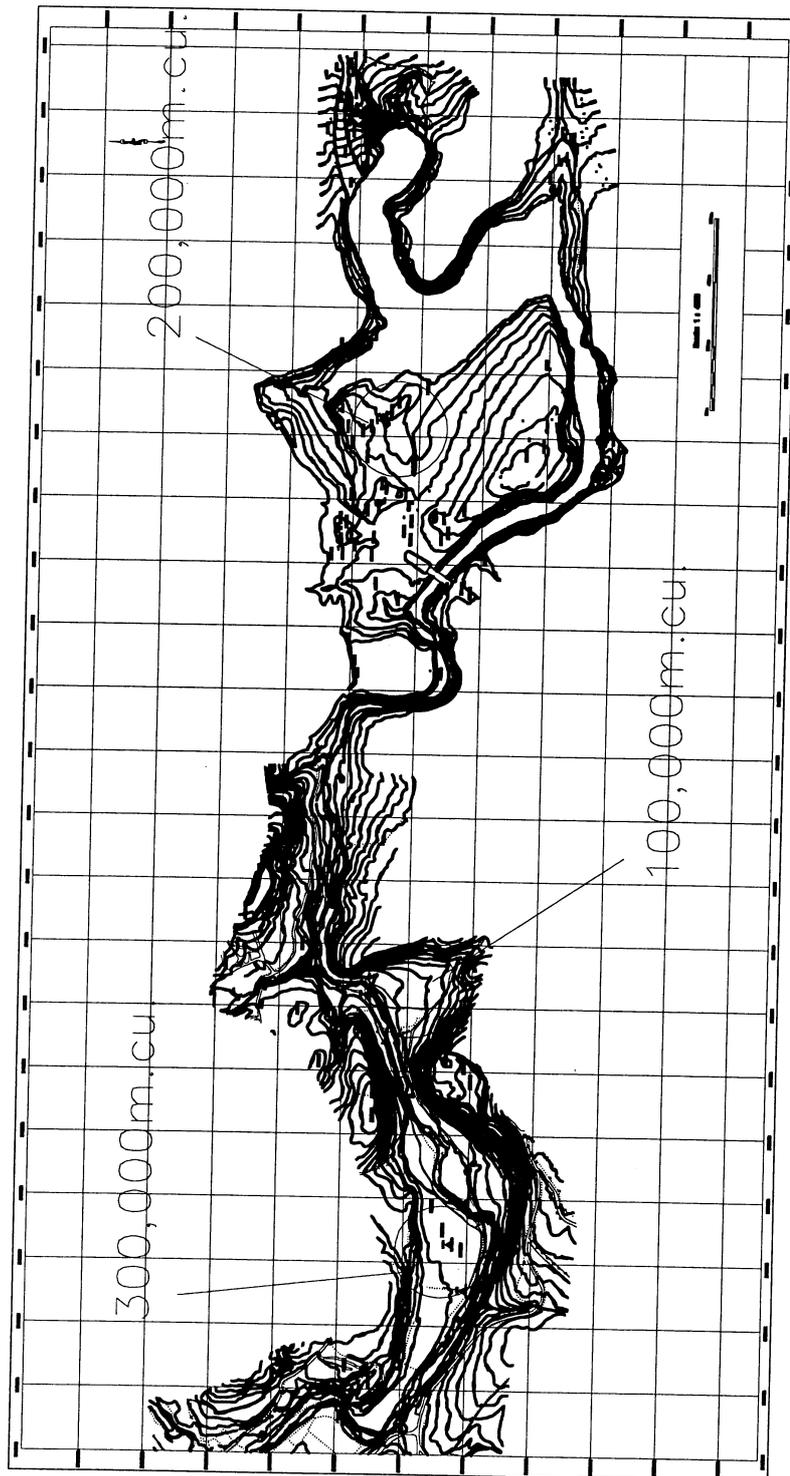


Figura H.6.7

Ubicación de la Excavación del Sedimento

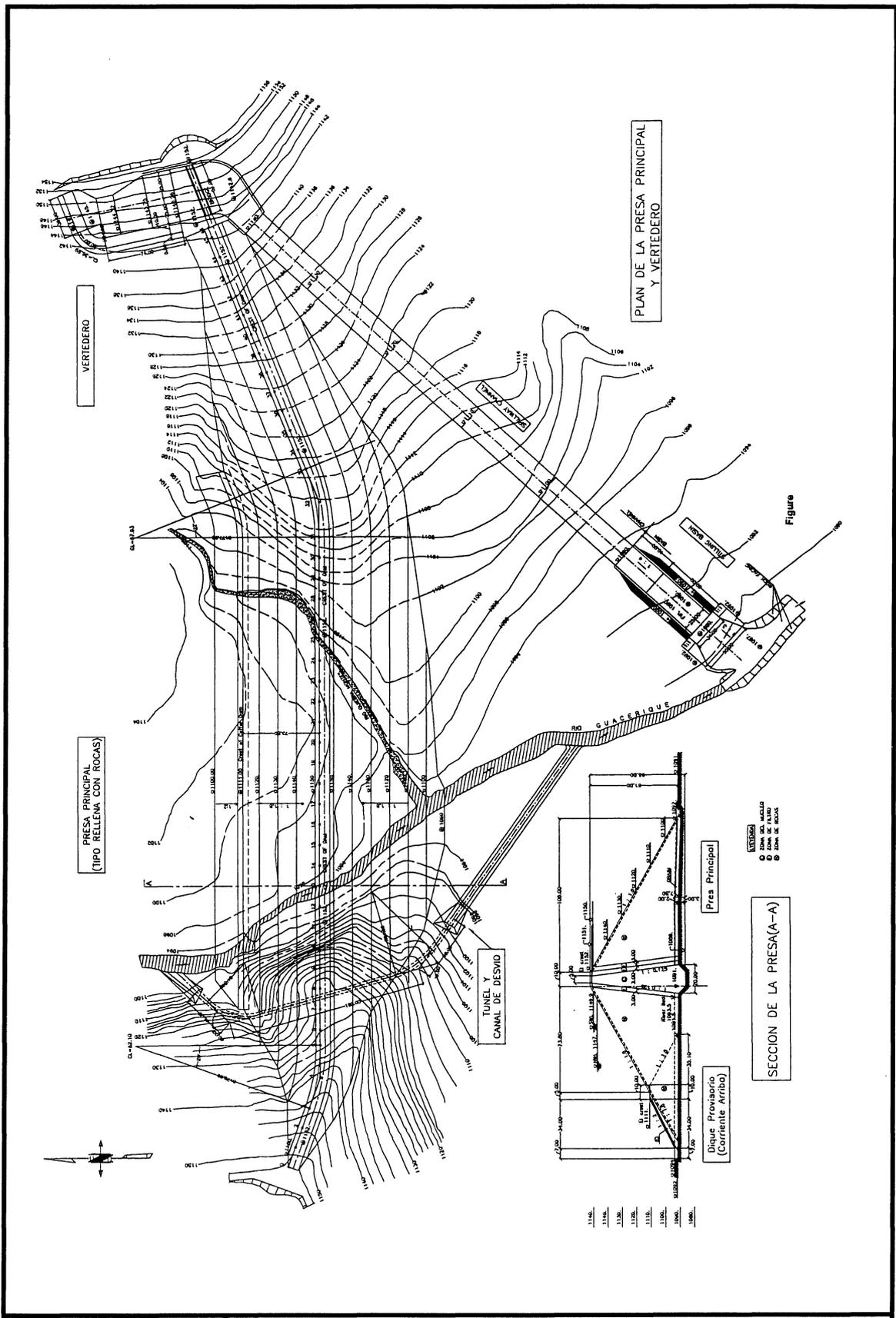


Figura H.6.8

Esquema General de la Presa Quiebra Montes (1/2)

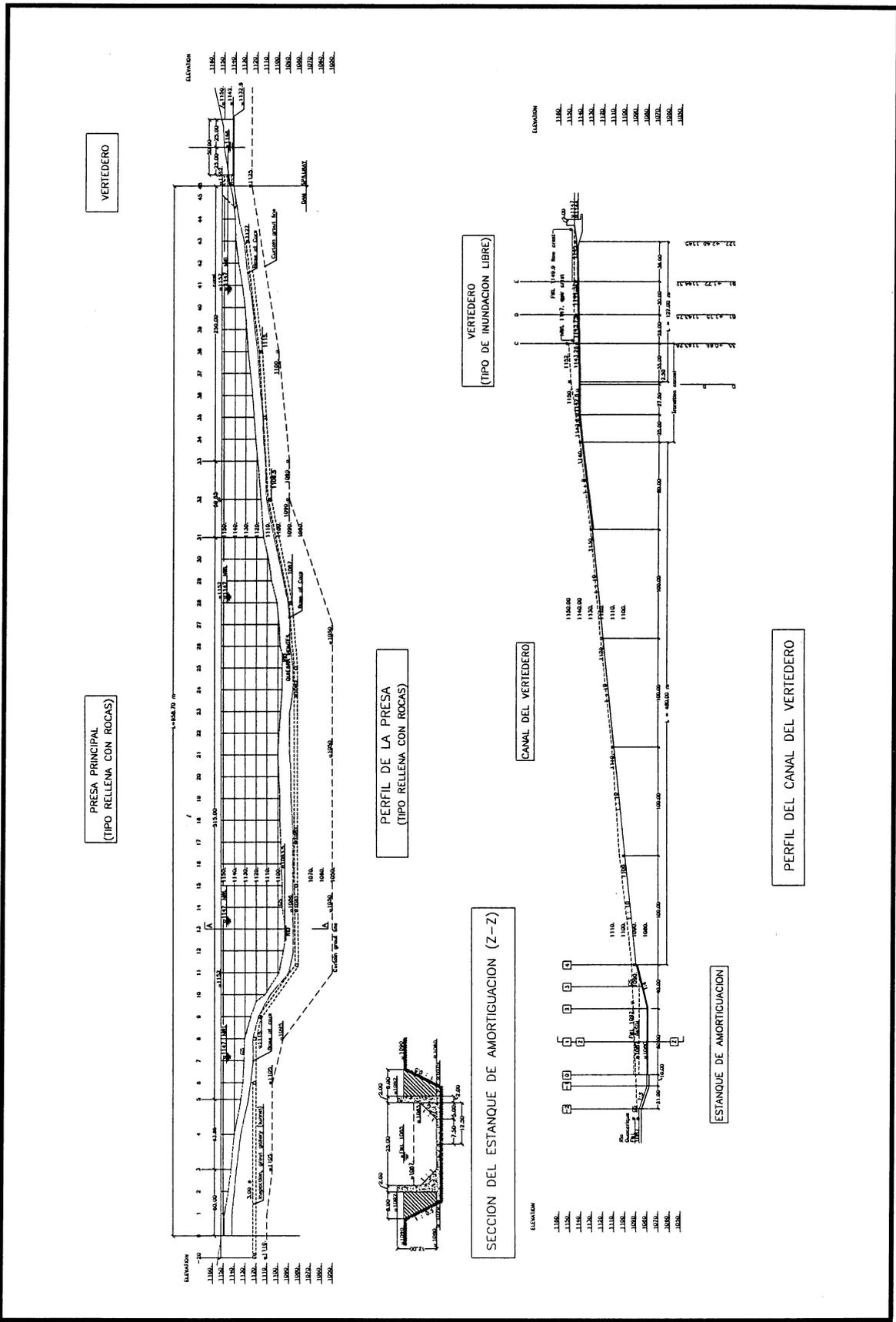


Figura H.6.9

Esquema General de la Presa Quiebra Montes (2/2)

ALMACENAJE Y AREA DEL EMBALSE QUIEBRA MONTES

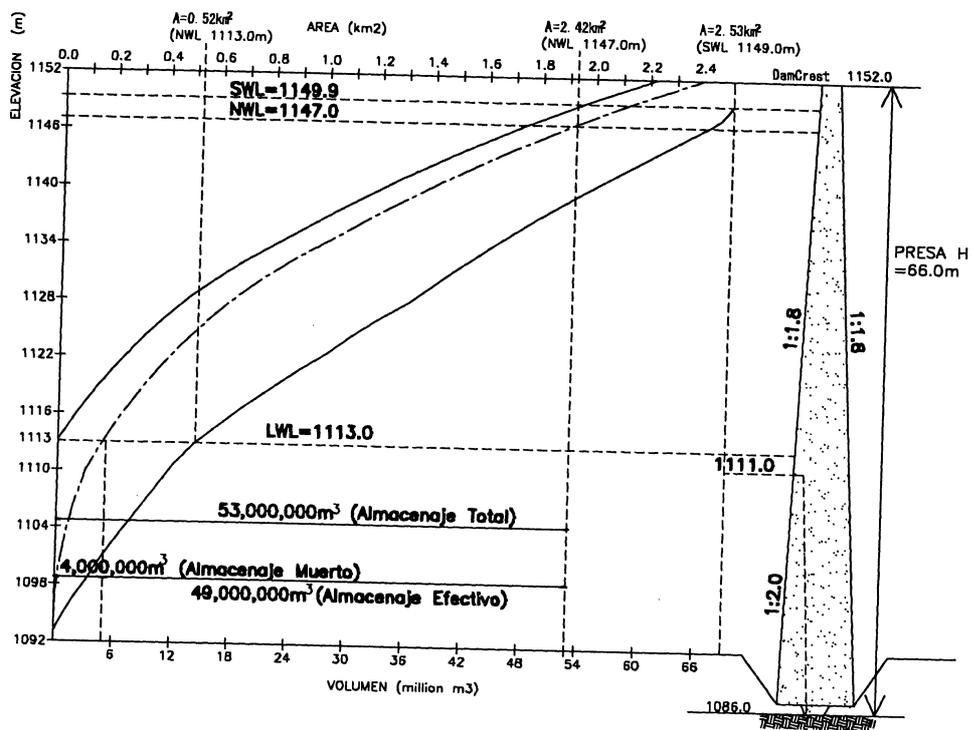


Figura H.6.10

Relación H-V del Embalse Quebra Montes

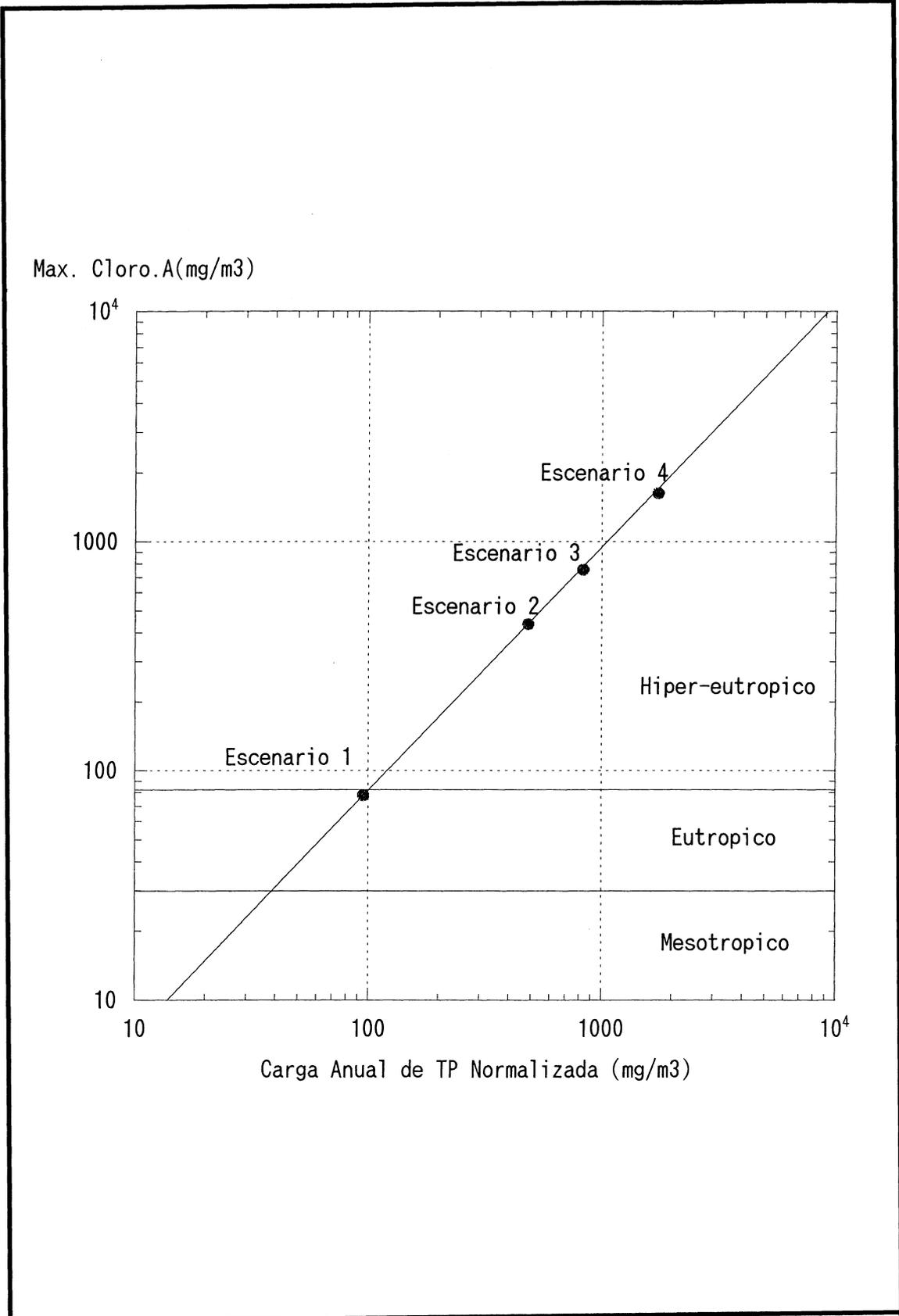


Figura H.8.1

Relación entre el Desarrollo y la Calidad del Agua

Operacion de Compuertas con los Datos de Nivel de Agua en Puente Mateo

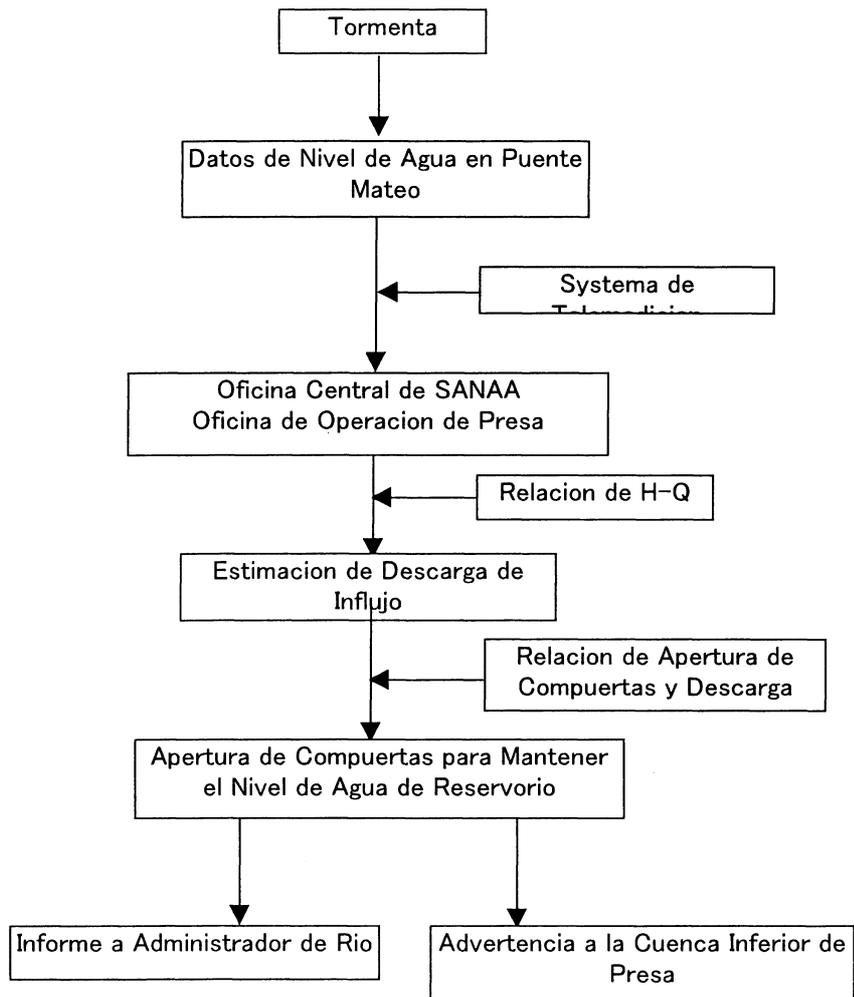
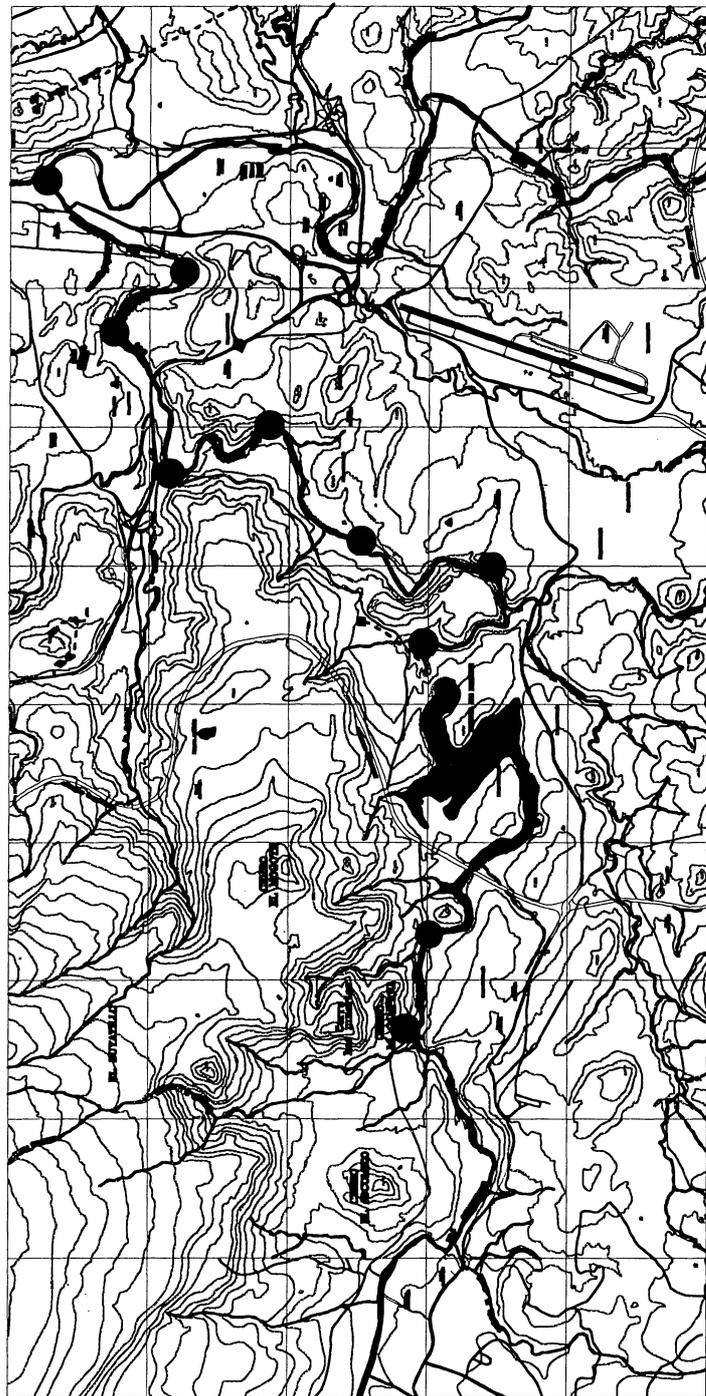


Figura H.8.2

Sistema de Pronóstico de Inundaciones



● UBICACION DE
LA SIRENA

Figura H.8.3

Sistema de Aviso

EMBALSE LOS LAURELES II
(SNL 1053.5 m., NML 1053. m., LML 1048m)

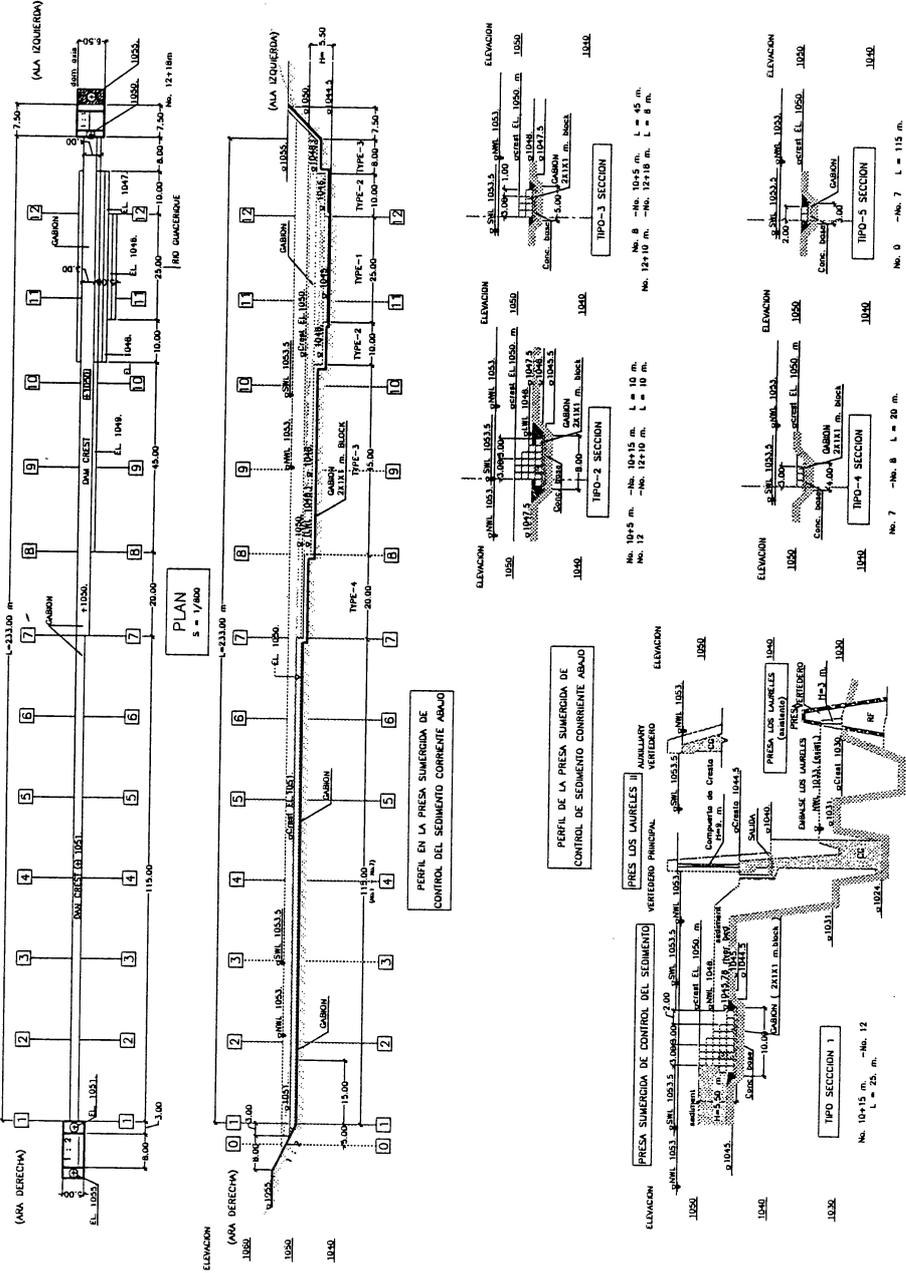


Figura H.8.4

Estructura para el Control del Sedimento



Figura H.8.5

Reubicación del Camino y de la Bomba

Cronograma de Construcción de la Represa Los Laureles II

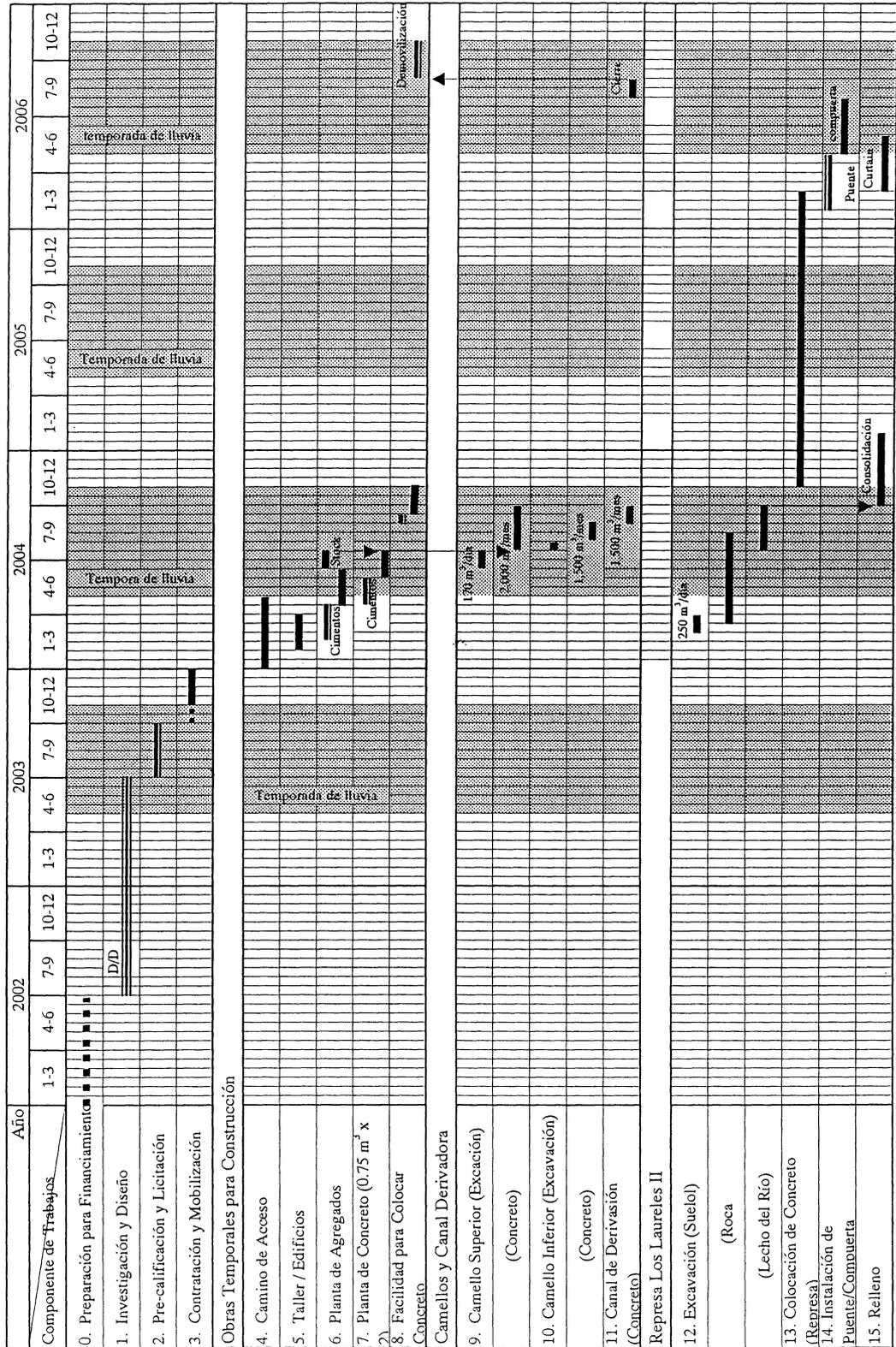


Figura H.8.6

Programa de Construcción de la Presa Los Laureles II

**Informe de Apoyo-I
Planificación de Instalaciones para el Desarrollo
de Fuentes de Agua**

(2) Afluencia estimada en el Embalse Los Laureles II

Estación de medición adoptada	:	Guacerique II (área de captación: 148 km ²)
Tiempo de observación	:	15 años (1982-1996)
Caudal promedio anual (1982 - 1999)	:	1.39 m ³ /seg
Volumen de agua promedio anual (1982 - 1999)	:	44,000,000 m ³ /año
Caudal del año más seco (1992)	:	0.79 m ³ /seg
Volumen de agua en el año más seco (1992)	:	25,000,000 m ³ /año
Caudal de suministro seguro del embalse (por análisis de simulación)	:	0.130 m ³ /seg

(3) Dimensiones de la Presa Los Laureles II (Figuras . I.1.2 a I.1.7)

1) Presa

Tipo de presa : Presa de Concreto de Gravedad con un vertedero de compuertas de cresta para el control de la descarga de inundaciones

Elevación de la cresta de la presa	:	1055.0 m
Elevación del lecho del río	:	1032.0 m
Elevación de la roca de fundación de la presa	:	1024.0 m
Altura de la presa	:	31.0 m
Longitud total de la cresta de la presa	:	103.0 m
- Longitud del ala derecha de la presa sin derrame	:	21.5 m
- Longitud del aliviadero principal	:	50.0 m
- Longitud del bloque de la presa en la salida	:	5.0 m
- Longitud del aliviadero auxiliar	:	22.0 m
- Longitud del ala izquierda de la presa sin derrame	:	4.5 m
Ancho de la cresta de la presa	:	5.0 m
Ancho del lecho del río en el derramadero del vertedero:	:	30.0 m

2) Vertedero Principal

Tipo de vertedero	:	Compuerta de cresta tipo control
Capacidad del vertedero	:	1,700 m ³ /seg
(descarga de inundación de diseño de la presa)		
Ancho del vertedero	:	50.0 m

Dimensión de las compuertas:

Tipo de compuerta	:	Compuerta rodante con guinche, por control remoto
Altura	:	9.0 m
Ancho	:	8.6 m
Cantidad	:	4-juegos
Ancho del derramadero del vertedero	:	43.4 m
Pendiente de la superficie aguas abajo	:	1 : 0.8

3) Vertedero Auxiliar

Tipo de vertedero auxiliar	:	Tipo de flujo libre
Capacidad del vertedero auxiliar	:	12.0m ³ /seg
Nivel de elevación de la cresta	:	1053.0 m
Nivel de agua de sobrecarga	:	1053.5 m
Profundidad del agua de sobrecarga	:	0.5 m
Ancho de la cresta del vertedero auxiliar	:	20.0 m
Pendiente de la superficie aguas abajo	:	1 : 0.8

Ancho del derramadero del vertedero auxiliar: 13.0 m

4) Salida

Tipo de válvula de salida : Cono fijo, diámetro = 0.8 m
 Capacidad de la válvula de salida :
 (en NAM) abierto 100% : 6.8 m³/seg
 (en NAB) abierto 100% : 4.0 m³/seg
 Longitud del bloque de la presa en la salida : 5.0 m
 Nivel de elevación del eje de la válvula : 1040.0 m
 Ancho del canal de salida aguas abajo : 13.0 m

5) Volumen de Obras

Masa de concreto para la presa : 27,000 m³
 Estructura de concreto : 15,100 m³
 Volumen de concreto total para la presa : 42,000 m³
 Excavación total de tierra y rocas : 65,000 m³

6) Oficina de Control para la Presa

Area 1 F (6m x 10m) : 60 m²

7) Puente del Vertedero

- En el vertedero principal
 Tipo de puente : Viga simple de concreto
 Luz : 8.6 m
 Ancho : 5.0 m
 Cantidad : 4 juegos

- En el vertedero auxiliar
 Tipo de puente : Viga simple de concreto
 Luz : 10.0 m
 Ancho : 5.0 m
 Cantidad : 2 juegos

1.2 ESTUDIO DEL ESQUEMA Y TIPO DE LA PRESA LOS LAURELES II

El diseño del esquema preliminar de la presa incluye las siguientes consideraciones:

- 1) El nivel de agua máximo anticipado en el embalse Los Laureles II se asumió como EL 160.0m, basándose en el mapa topográfico con escala 1/25,000, el cual estuvo disponible en la fase de diseño preliminar del esquema. Se juzgó que si el nivel del embalse fuese más elevado, aumentarían las instalaciones a ser reubicadas tales como viviendas, caminos, puentes y tierras de cultivo, haciendo más difícil la ejecución del proyecto.
- 2) Debido a que la descarga de inundación de diseño de la presa es grande y el desfiladero es angosto, es difícil un vertedero de flujo libre. Por ejemplo, aún con una profundidad de sobreflujo de 5m, el ancho requerido del vertedero excede la anchura del río existente.

El ancho requerido del vertedero para cada tipo de presa es el siguiente:

Tipo de Presa	Descarga de Diseño m ³ /seg.	Ancho del Vertedero m
Presa de concreto	1,700	109
Presa de escollera	2,040	83

(En 5.0m de profundidad de sobrecarga)

Por lo tanto, para la presa se tomó en cuenta tanto el tipo de concreto como el de escollera, asimismo, se considerará una presa con compuerta de cresta.

- 3) Debido al gran potencial de los recursos hídricos del Río Guacerique, se requirió un tipo de presa en el cual el embalse tenga el mayor volumen efectivo de almacenamiento. Fue necesario tener en cuenta el hecho que la selección del vertedero de flujo libre perderá un gran volumen del embalse, equivalente a 5 m de profundidad.

Al cerrar las compuertas de cresta aumentará el almacenamiento efectivo del embalse hasta la parte superior de las compuertas, almacenando una cantidad de agua equivalente a la profundidad del agua de sobrecarga.

- 4) En el ala izquierda en el sitio de la presa, existe una meseta la cual facilita el diseño de un vertedero separado junto con una presa de escollera. Considerando las condiciones anteriores, las siguientes cuatro alternativas se proponen para el diseño esquemático preliminar de la Presa Los Laureles II.

PLAN-1 : La presa principal es de tipo escollera en el estrecho desfiladero del Río Guacerique y un vertedero separado se diseña en la apacible colina del ala izquierda. La profundidad de rebose de diseño en el vertedero es 5.0m. (Figuras I.1.8 a I.1.9).

PLAN-2 : El sitio en donde se encuentra un desfiladero relativamente ancho fue seleccionado para la presa principal de concreto con un vertedero al centro. El ancho del vertedero es 83.0 m y la profundidad de derrame es 5.0m. (Figuras I.1.10 y I.1.11).

PLAN-3 : La presa principal de concreto se diseña en el angosto desfiladero del río y 37% (638 m³/seg) de la inundación diseño se descarga a través del vertedero de la presa principal, mientras que un vertedero separado en el ala izquierda descargará el resto 63% (1,062 m³/seg) con una profundidad de derrame 3.5m. (Figuras I.1.12 y I.1.13).

El volumen efectivo de almacenamiento es mayor en este plan que en el Plan-1 y Plan-2.

PLAN-4 : La presa principal de concreto se diseña en el estrecho desfiladero del río y la cantidad completa de inundación de diseño (1,700 m³/seg) se descarga a través del vertedero de la presa principal con compuertas de control. La instalación de las compuertas minimiza la profundidad de agua de sobrecarga e incrementa el volumen efectivo de almacenamiento en el embalse. (Figuras I.1.14 y I.1.15).

Un vertedero auxiliar del tipo flujo libre se diseña al lado del vertedero principal, con la posibilidad de descargar pequeñas crecidas con una profundidad de agua de sobrecarga de 0.5m. Este vertedero auxiliar reducirá la frecuencia de operación de las compuertas alertando al operador de compuertas cuando la operación de apertura se retarda.

La comparación de las cuatro alternativas anteriores se muestra en la tabla a continuación:

Comparación de los Tipos de Dique Alternativos para la Presa Los Laureles II

Item	Unidad	PLAN-1	PLAN-2	PLAN-3	PLAN-4
Escala del Embalse					
EL-Presa con Cresta	m	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
NAS-Nivel de Sobrecarga	m	1060.0	1060.0	1060.0	1060.0
NAM-Nivel Normal	m	1055.0	1055.0	1056.5	1059.5
Almacenamiento Bruto	cap. m ³	3,900,000	3,900,000	4,900,000	6,700,000
Almacenamiento Efectivo	cap. m ³	1,900,000	1,900,000	2,900,000	4,700,000
Profundidad del Descenso de Nivel					
Tipo de Presa Principal		Escollera	Concreto de Gravedad	Concreto de Gravedad	Concreto de Gravedad
Tipo de Vertedero	-	Independiente	Centro de la presa	Centro de la presa e independiente (2 vertederos)	Centro de la Presa
Tipo de Flujo					
	-	Flujo Libre	Flujo Libre	Flujo Libre	Control de Compuerta de Cresta
Inundación de Diseño	m ³ /seg	2,040	1,700	1,700	1,700
Altura de la Presa	m	36	37	37	37
Longitud de la Cresta	m	115	180	120	118
Volumen de la Presa	m ³				
Dimensión de compuerta					
		Escollera	Concreto de Gravedad	Concreto de Gravedad	Concreto de Gravedad
Dimensión de compuerta		NO	NO	NO	8.6m x 9.0m
Cantidad de compuertas		NO	NO	NO	4 juegos
Costo de Construcción (millones US\$)		14.5	16.8	14.2	17.4
Costo de Construcción / Volumen del Embalse (US\$/m ³)		3.63	4.22	2.99	2.60
Prioridad del esquema de la presa				BUENA	MEJOR

1.3 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL CUERPO DE LA PRESA

Se verificó la estabilidad del cuerpo de la presa contra deslizamientos basándose en el “Criterio para el Diseño para el Arco de Concreto y Presas de Gravedad” de la Oficina de Recuperación, Departamento del Interior del gobierno de los EUA, (*US Department of the Interior, Bureau of Reclamation*).

(1) Resistencia de la Roca de Fundación

De acuerdo al reconocimiento de campo y al análisis de compresión libre de la muestra de barreno proveniente de la piedra de fundación, se estima que la fuerza de corte de esta roca basal tiene un rango de 80 t/m² y 120 t/m².

Tomando el lado conservador, la resistencia de diseño de la roca de fundación se determina de la siguiente manera:

$$t_0 = 80 \text{ t/m}^2 \text{ y } f = 40^\circ$$

(2) Aceleración Sísmica de Diseño

Existe un estudio de aceleraciones esperadas en varias ciudades de Honduras. Para la aceleración sísmica de diseño, se adoptó el valor de la expectativa de 100 años de la siguiente manera:

$$k_h = 0.077 \text{ G}$$

(3) Factor de Seguridad para la Estabilidad

El factor de seguridad contra el deslizamiento se diseña de acuerdo al “Criterio para el Diseño para el Arco de Concreto y Presas de Gravedad” de la Oficina de Recuperación, Departamento del Interior del gobierno de los EUA, (*US Department of the Interior, Bureau of Reclamation*). El cual dice que los factores de seguridad para las condiciones de carga son los siguientes:

En “condición usual” $Q \geq 3$ y en “condición extrema” $Q \geq 1$.

El cálculo de estabilidad contra el deslizamiento se muestra en la *Tabla I.1.1*

Tabla I.1.1 Análisis de Estabilidad

	Fuerza Vertical	Fuerza Horizontal
	t	t
Condición Normal		
Cuerpo de la presa	1,026	
Presión hidrostática (u/s)		421
Presión hidrostática (d/s)		-41
Flotación	-355	
Presión del sedimento		288
Total	671	668
Factor de seguridad contra deslizamiento	4.55	
Condición Sísmica		
Cuerpo de la presa	1,026	
Presión hidrostática (u/s)		421
Presión hidrostática (d/s)		-41
flotación	-355	
Presión de sedimento		288
Inercia del cuerpo de la presa		79
Presión hidrodinámica		26
Total	671	773
Factor de seguridad contra deslizamiento	4.04	

1.4 ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL VERTEDERO

Se propuso como tipo de cuenca amortiguadora una cuenca amortiguadora de pendiente inversa. El nivel de agua río abajo de la cuenca fue calculado como el nivel de crecidas cuando se descarga la inundación de diseño de la presa y fue diseñada la longitud de la cuenca amortiguadora.

Pese a que la altura inferior de la compuerta de la cresta es más baja que el nivel de sedimentación de diseño en 3.5m, el sedimento será impulsado hacia abajo al abrir las compuertas y se descarga el agua de la inundación durante el invierno.

1.5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE CONTROL DEL SEDIMENTO

Se diseñó una estructura de control del sedimento en el embalse para que tenga un uso más eficiente el futuro embalse Los Laureles II. (Figuras I.1.16 y I.1.17).

Ubicación : 3.8 km aguas arriba de la Presa Los Laureles II

Río : Río Guacerique, ramal del Río Grande o Río Choluteca

Acceso : Por el camino nacional y el camino local, a 20 km del centro de la ciudad de Tegucigalpa para conectar con Mateo Lempaterique

Area de Captación: 187 km²

(1) Condición del Embalse Los Laureles II

Nivel de agua de sobrecarga (NAS) : 1053.5 m

Nivel de agua máximo normal (NAM) : 1053.0 m

EL.(altura) cresta de la presa : 1050.0 m

El. (altura) del lecho del río : 1045.78 m

Volumen de sedimento estimado : 2,000,000 m³

Volumen anual de tratamiento de sedimento : 10,000 m³/año

(2) Dimensiones de Diseño de la Presa Sumergida para Control de Sedimento

Tipo de estructura : Gavión con base de concreto

Elevación de la cresta : 1050.0 m

Elevación del lecho del río : 1045.78 m

Elevación de la base : 1044.5 m

Altura : 5.5 m

Longitud total de la cresta : 233.0 m

Longitud de la cresta EL. 1050. m : 118.0 m

Longitud de la cresta EL. 1051.0 : 115.0 m

Ancho de la cresta : 3.0 m

Ancho de la base (max.) : 9.0 m

Volumen del gavión : 1,671 m³

Cantidad de gaviones (2.0 m x 1.0 m x 1.0 m bloque): 836 piezas

Volumen de la base de concreto : 650 m³

Volumen total : 2,321 m³

2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA PRESA Y EMBALSE QUIEBRA MONTES

El plan y el diseño de la Presa y Embalse Quebra Montes se describen a continuación.

Ubicación : Se encuentra localizado a 6.0 km aguas arriba de la presa Los Laureles (embalse existente).

Historia : Este proyecto fue propuesto por BCEOM en 1989. El resultado se encuentra en la referencia. Ningún estudio posterior ha sido agregado desde entonces. En este Estudio de JICA, este proyecto se tomó como un proyecto alternativo para el plan maestro y fue revisado.

Río : El sitio de la presa fue seleccionado en la confluencia del Río Guacerique y un tributario, el Río Quebra Montes. El área total de captación es 125 m².

Acceso : El sitio tiene acceso a través de un camino nacional desde Tegucigalpa de 15 km, un camino local que cruza el Río Guacerique y 3 km de viaje de regreso a lo largo del río. Únicamente existe un puente peatonal que cruza el río y un vehículo no puede cruzar el río durante la época de crecidas.

Condición climatológica:

Estación de medición adoptada	: Quiebra Montes	
Tiempo de observación	: 8 años (1992-1999)	
Temperatura promedio anual	: 23	°C
	max. : 29	°C
	min. : 17	°C
Precipitación anual	: 1,064	mm/año
	- invierno: de mayo a octubre,	957 mm/6 meses
	- verano:: de noviembre a abril,	107 mm/6 meses
Evaporación anual	: 670	mm/año

Condición topográfica : Referirse al Informe de Apoyo A

Condición geológica : Referirse al Informe de Apoyo A

Condición hidrológica : Referirse al Informe de Apoyo F

(1) Características del Embalse Quebra Montes (Figura I.2.1)

Capacidad bruta de almacenamiento : 53,000,000 m³

Nivel de agua de sobrecarga (NAS) : 1,149.9 m

Nivel de agua máximo normal (NAM) : 1,147.0 m

Nivel de agua mínimo (NAB) : 1,113.0 m

Área de superficie del embalse (en NAS) : 2,530,000 m²

" (en NAM) : 2,420,000 m²

" (en NAB) : 520,000 m²

Profundidad del descenso de nivel : 34.0 m²

Capacidad efectiva de almacenamiento : 49,000,000 m³

Volumen del sedimento estimado : 4,000,000 m³/50 años

Sedimento promedio anual : 80,000 m³/ año

(2) Flujo de Entrada Estimado al Embalse Quiebra Montes

Estación de medición adoptada	:	Quiebra Montes (área de captación: 125 km ²)
Tiempo de observación	:	7 años (1991-1997)
Caudal promedio anual estimado	:	0.566 m ³ /seg
Volumen de agua promedio anual	:	18,000,000 m ³ /año
Caudal del año más seco (1992)	:	0.04 m ³ /seg
Volumen de agua en el año más seco (1994)	:	10,000,000 m ³ /año
Caudal de suministro seguro del embalse (por análisis de simulación)	:	1,040 m ³ /seg

(3) Dimensiones del Diseño de la Presa Quiebra Montes (Figuras I.2.2 y I.2.3)

1) Presa

Tipo de presa	:	Presa de escollera, tipo central
Elevación de la cresta de la presa	:	1,052.0 m
Elevación del lecho del río	:	1,093.5 m
Elevación de la roca fundamento de la presa	:	1,086.0 m
Altura de la presa	:	66.0 m
Longitud de la cresta de presa	:	958.7 m
Ancho de la cresta de presa	:	10.0 m
Pendiente de la superficie aguas arriba	:	1 : 1.8
Elevación de la cresta del dique provisional	:	1,111.0 m
Pendiente de la superficie del dique provisional	:	1 : 2
Pendiente de la superficie aguas abajo	:	1 : 1.8
Volumen de la presa de escollera	:	3,500,000 m ³

2) Vertedero

Ubicación	:	Colina izquierda en el sitio de la presa
Tipo de vertedero	:	Vertedero de flujo libre, canal inclinado con cuenca amortiguadora
Capacidad del vertedero (descarga de inundación de diseño revisada)	:	1,350.0 m ³ /seg
Nivel de agua de la sobrecarga de flujo libre	:	1,149.9 m
Elevación de la cresta del vertedero de flujo libre	:	1,147.0 m
Profundidad del sobreflujo libre	:	2.9 m
Longitud de la cresta en el vertedero de flujo libre	:	150.0 m

Canal abierto inclinado para el flujo de crecidas

Capacidad	:	1,350.0 m ³ /seg
Longitud	:	480.0 m
Anchura	:	25.0 m
Altura de la pared lateral	:	5.0 m
Pendiente	:	1 : 10

Estanque amortiguador

Longitud	:	120.0 m
Ancho	:	25.0 m
Altura de la pared guía	:	12.0 m

Profundidad del agua estática : 7.0 m
Nivel estático del agua : 1,087.0 m

3) Salida y Entrada

Ubicación : En la colina del ala derecha de la presa de escollera, sobre la superficie inclinada de la colina. La entrada y la válvula de conducto están conectadas con la línea de conducción instalada en el túnel de libramiento.

Tipo de válvula de salida : Válvula de cono fijo

4) Volumen de la Presa y Excavación del Enrocado

Presa principal

Margen de rocas : 2,504,500 m³
Margen central : 428,000 m³
Margen de filtro : 324,000 m³
Volumen total de la presa principal: 3,256,500 m³

Dique provisional aguas arriba

Margen de rocas : 179,500 m³
Margen central y de filtro : 39,100 m³
Galería : 24,900 m³
Volumen total : 3,500,000 m³

Excavación total de tierra y rocas : 750,000 m³
Volumen de concreto : 64,100 m³

5) Casa para el Control de la Presa

Area de 1F (6 m x 10 m) : 60 m²

6) Puente del Vertedero

La cresta del dique se usa como el camino al Valle de Quiebra Montes. El camino atraviesa el canal del vertedero por medio de un puente.

Tipo de puente : 2-vigas simples de concreto
luz : 51.0 m
ancho : 5.0 m
cantidad : 1-juego

(4) Costo de Construcción de la Presa y Bocatoma (Incluye Salida)

Costo total de construcción: US\$ 144,000,000
(para los detalles, referirse al Informe de Apoyo L)

(5) Escala de Comparación Económica

- Costo de construcción/ rendimiento de agua : US\$ 138,000 /l
(Rendimiento: 1,040 l/seg)
- Costo de construcción / capacidad efectiva de almacenamiento: US\$ 2.9 /m³
(Capacidad efectiva de almacenamiento: 49,000,000 m³)

3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA PRESA Y EMBALSE SABACUANTE

El plan y el diseño de la Presa y Embalse Sabacuante se describen a continuación.

Ubicación : Se encuentra localizada a 11 km sudeste del Centro de Tegucigalpa y en el Río Sabacuante, un tributario del Río Choluteca.

Historia : El proyecto fue estudiado por Lahmeyer-CONASH en 1978. Se planearon y compararon tres alturas diferentes de la presa. Se seleccionó una presa de 70 m de alto como la más apropiada. El informe se incluye en la referencia. No ha habido ningún estudio posterior hasta ahora. En este Estudio de JICA, el proyecto se tomó como una alternativa para el plan maestro y fue revisado.

Río : El sitio fue seleccionado a 3 km de la confluencia del Río Guacerique y un afluente, Río Sabacuante. El área de captación es 80 km².

Acceso : El sitio tiene acceso a través de un camino nacional 14 km de Tegucigalpa, 4 km de camino local y 1.2km de viaje a pie. Durante el período seco, es posible el acceso vehicular al sitio de la presa.

Condición climatológica:

Estación de medición adoptada	:	El Aguacate	
Tiempo de observación	:	18 años (1973-1990)	
Estación de medición adoptada	:	Villa Real	
Tiempo de observación	:	9 años (1991-1999)	
Temperatura promedio anual	:	23	°C
		max.: 29	°C
		min.: 17	°C
Precipitación anual	:	841	mm/año
		- invierno: de mayo a octubre,	704 mm/6 meses
		- verano: de noviembre a abril,	137 mm/6 meses
Evaporación anual	:	670	mm/año

Condición topográfica : Desfiladero en forma de V de 150 m de altura

Condición geológica : Referirse al Informe de Apoyo A.

Condición hidrológica : Referirse al Informe de Apoyo F.

(1) Características del Embalse Sabacuante (Figura I.3.1)

Capacidad bruta de almacenamiento : 36,700,000m³

Nivel de agua de sobrecarga (NAS) : 1,127.0 m

Nivel de agua normal (NAM) : 1,122.0 m

Nivel de agua bajo (NAB) : 1,084.0 m

Área de superficie del embalse (en NAS) : 1,200,000 m²

" (en NAM) : 1,050,000 m²

" (en NAB) : 250,000 m²

Profundidad del descenso de nivel : 38 m

Capacidad efectiva de almacenamiento : 24,300,000 m³

Volumen de sedimento estimado : 2,400,000 m³/ 50 años

Sedimento promedio anual : 48,000 m³/ año

(2) Flujo estimado de entrada al Embalse Sabacuante

Estación de medición adoptada	:	El Aguacate (área de captación: 80 m ²)
Tiempo de observación	:	21 años (1970-1990)
Caudal promedio anual estimado	:	0.427 m ³ /seg (área captación=80.km ²)
Volumen de agua promedio anual	:	13,000,000 m ³
Caudal del año más seco (1988)	:	0.001 m ³ /seg
Volumen de agua en el año más seco (1987)	:	2,000,000 m ³
Caudal de suministro seguro del embalse (por análisis de simulación)	:	0.250 m ³ /seg

(3) Dimensiones del Diseño de la Presa Sabacuante (Figuras I.3.2 y I.3.3)

1) Presa

Tipo de presa	:	Presa de Concreto de Gravedad
Elevación de la cresta de la presa	:	1,128.5 m
Elevación del lecho del río	:	1,057.5 m
Elevación de la roca de fundación de la presa	:	1,052.0 m
Altura de la presa	:	76.5 m
Longitud de la cresta de la presa	:	300.0 m
Ancho de la cresta de la presa	:	5.0 m
Pendiente de la superficie aguas arriba	:	Vertical (EL1128.5-1084.0 m) 1 : 0.5 (EL1084.0-1052.0 m)
Pendiente de la superficie aguas abajo	:	1 : 0.8
Volumen de la presa de concreto	:	261,700 m ³

2) Vertedero (Diseño de Sabacuante)

Ubicación	:	Centro de la presa de gravedad de concreto
Tipo de Vertedero	:	Cresta de flujo libre
Capacidad del vertedero (descarga de la inundación de diseño revisada)	:	716.0 m ³ /seg
Nivel de agua de la sobrecarga de flujo libre:	:	1,127.0 m
Elevación de la cresta de flujo libre	:	1,122.0 m
Profundidad de sobreflujo libre	:	5.0 m
Longitud de la cresta de inundación libre:	:	35.0m (17.5 m x 2)

3) Entrada y Salida

Ubicación	:	Sección No.7 (SECCION C-C) del cuerpo de la presa de concreto (conectada con conducto de tubería a la planta de tratamiento de agua)
Tipo de toma	:	Lumbrera vertical en contacto con el cuerpo de la presa.
Tipo de válvula de salida:	:	Válvula mariposa y válvula esclusa

4) Volumen de la Presa y Excavación para la Presa de Concreto de Gravedad

Volumen de concreto para la presa	:	261,700 m ³
Volumen de excavación	:	79,400 m ³

5) Puente en el Vertedero

La cresta de la presa se usa como camino que conecta el ala izquierda.

Tipo de puente : 2 vigas simples de concreto
luz : 17.5 m
ancho : 5.0 m
cantidad : 2 juegos

(4) Costo de Construcción de la Presa y Toma (Incluye Salida)

Costo total de construcción: US\$ 69,000,000

(5) Escala de Comparación Económica

- Costo de construcción/suministro seguro de agua : US\$ 276,000 /l
(Rendimiento de agua: 250 l/seg)
- Costo de construcción/capacidad de almacenamiento efectiva : US\$ 2.8 /m³
(Capacidad de almacenamiento efectiva: 24,300,000 m³)

4. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA PRESA Y EMBALSE TATUMBLA

El plan y el diseño de la Presa y Embalse Tatumbula se describen a continuación:

Ubicación : Se encuentran localizados en el Río Las Canoas, tributario del Río San José y Río Grande (Río Choluteca).

Historia : El proyecto fue planeado por Lameyor-CONASH en 1980. El resultado se muestra en la referencia. Ningún estudio posterior se ha llevado a cabo desde entonces. El proyecto fue seleccionado y revisado como una alternativa en el plan maestro.

Río : El sitio de la presa está 11km aguas arriba de la confluencia de Río Grande y un afluente, Río Las Canoas. El área de captación es 64 km².

Acceso : El sitio es accesible a través de un camino local a lo largo del Río San José a 9 km de la Colonia Kennedy girando hacia la izquierda en El Terrero Banco y a través de un nuevo camino local por 2 km hacia el río. 1km de viaje a pie hasta el sitio.

Condiciones climatológicas:

Estación de medición adoptada : El Incienso
Tiempo de observación : 21 años (1970-1990)
Temperatura promedio anual : 23 °C
max.: 29 °C
min. : 17 °C
Precipitación anual : 783 mm/año
- invierno: de mayo a octubre, 655 mm/6 meses
- verano: de noviembre a abril, 128 mm/6 meses
Evaporación anual : 670 mm/año

Condición Topográfica : La confluencia del Río Tatumbula y el Río El Terrero forma un desfiladero en forma de V y ambos contrafuertes son de rocas. El sitio para una presa de escollera es 300 m aguas abajo de la confluencia, en donde el valle tiene forma de U. Las pendientes son suaves en ambos lados y un depósito volcánico espeso sin consolidar conforma la capa superficial.

Condición geológica : El área se encuentra cubierta por piedras y cenizas volcánicas.

(1) Escala del Embalse Tatumbla (Figura I.4.1)

Capacidad bruta de almacenamiento	:	17,500,000 m ³
Nivel de agua de sobrecarga (NAS)	:	1,168.5 m
Nivel de agua normal (NAM)	:	1,164.5 m
Nivel de agua bajo (NAB)	:	1,133.5 m
Profundidad del descenso de nivel	:	31.0 m
Capacidad efectiva de almacenamiento	:	15,700,000 m ³
Volumen de sedimento estimado	:	1,800,000 m ³ /50 años
(Sedimento promedio anual)	:	36,000 m ³ /año
(Sedimento anual /km ²)	:	562 m ³ /km ²

(2) Flujo estimado de entrada al Embalse Tatumbla

Estación de medición adoptada	:	El Inciento (Area de captación = 64 km ²)
Tiempo de observación	:	16 años (1971-1986)
Caudal promedio anual (1971 – 1986)	:	0.359 m ³ /seg
Volumen de agua promedio anual (1971 – 1986)	:	11,000,000 m ³ /año
Caudal del año más seco (1984)	:	0.005 m ³ /seg
Volumen de agua en el año más seco (1985)	:	2,000,000 m ³ /año
Caudal de suministro seguro del embalse	:	0.220 m ³ /seg
(por medio de análisis de simulación)		

(3) Dimensiones del Diseño de la Presa Tatumbla

2) Presa

Tipo de presa	:	Presa de escollera, alma de impermeabilización al centro
Elevación de la cresta de presa	:	1,170.0 m
Elevación del lecho del río	:	1,098.0 m
Elevación de la base de presa de roca sólida	:	1,089.0 m
Altura de la presa	:	81.0 m
Longitud de la cresta de presa	:	385.0 m
Ancho de la cresta de presa	:	10.0 m
Pendiente de la superficie aguas arriba	:	1 : 2
Elevación del dique provisional	:	1,122.0 m
Pendiente de la superficie del dique provisional	:	1 : 2
Pendiente de la superficie aguas abajo	:	1 : 2
Volumen de la presa de escollera	:	1,764,400 m ³

2) Vertedero

Ubicación	:	ladera de la montaña en el ala derecha del sitio del dique
Tipo de Vertedero	:	Vertedero de flujo libre, canal inclinado con salto de esquí para disipar la energía.
Capacidad del vertedero	:	690.0 m ³ /seg
(descarga de inundación de diseño revisada)		
Nivel del agua de sobrecarga de flujo libre	:	1,168.5 m
Nivel de elevación de la cresta del vertedero de flujo libre:	:	1,164.5 m
Profundidad de inundación libre	:	4.0 m
Longitud de la cresta del vertedero de flujo libre	:	47.0 m

Canal abierto inclinado para flujo de crecidas

Capacidad	:	690.0 m ³ /seg
Longitud (horizontal)	:	300.0 m
(inclinado)	:	306.0 m
Anchura	:	50.0-28.0 m
Altura de pared de guía	:	5.0- 3.5 m
Pendiente	:	1 : 5
EL. del canal abierto en el punto de inicio:		1,157.0 m
EL. del canal abierto en el punto final	:	1,097.0 m

3) Entrada y Salida

Ubicación : Ladera de la montaña en el ala derecha de la presa de escollera, sobre la superficie inclinada de colina. La toma y las válvulas de conducción se conectan con las líneas de conducto instaladas del túnel de libramiento.

Tipo de toma : De tipo lumbrera inclinada instalada en la superficie de la tierra.

Tipo de válvulas : Válvulas de mariposa de 2 series, en 4 sitios en cada profundidad de agua; EL.1162, EL.1152.5, EL.1143, EL.1133.5 (NAB).

Diámetro de válvulas y conductos : DN 500 mm

Diámetro de líneas de conducción instaladas en el túnel de libramiento: DN 1,600 mm

4) Volumen y Excavación de la Presa de Escollera

(Incluye el dique provisional aguas arriba)

Margen de roca	:	1,057,100 m ³
Margen del núcleo	:	506,000 m ³
Margen de filtro y de transición	:	201,300 m ³
Volumen total de margen	:	1,764,400 m ³

Volumen total de excavación (común)	:	912,400 m ³
Volumen total de excavación (túnel)	:	5,800 m ³
Volumen total de concreto (común)	:	30,350 m ³
Volumen total de concreto (túnel)	:	3,100 m ³

5) Puente del Vertedero

La cresta de la presa se usa como camino para conectar la sección aguas arriba del Río Tatumbra con el camino nacional PCF.R.192, este camino cruza encima de la cresta del vertedero por el puente.

Tipo de puente : 4-vigas de concreto continuas
luz : 50.0 m
ancho : 5.0 m
cantidad : 1 juego

(4) Costo de Construcción para la Presa y Toma (Incluye Salida)

Costo total de construcción: US\$ 92,000,000

(5) Escala de Comparación Económica

- Costo total de construcción /rendimiento de agua : US\$ 418,000 /l.
(Rendimiento de agua: 220 l./seg)
- Costo total de construcción /capacidad de almacenamiento efectiva : US\$ 5.9 /m³
(Capacidad de almacenamiento efectiva: 15,700,000 m³)

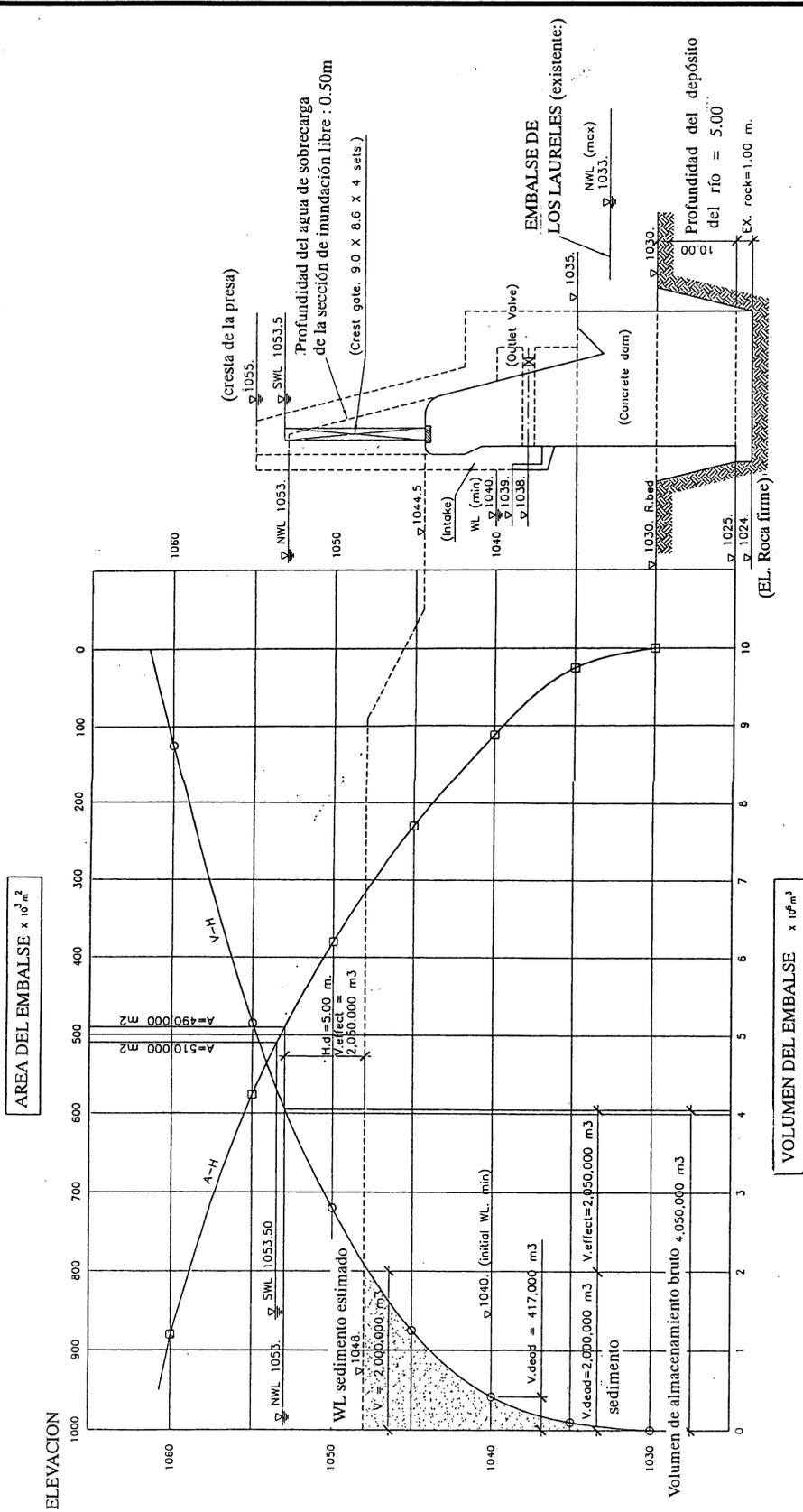


Figura I.1.1

Represa Los Laureles II Curva de Reservorio Capacidad y Area

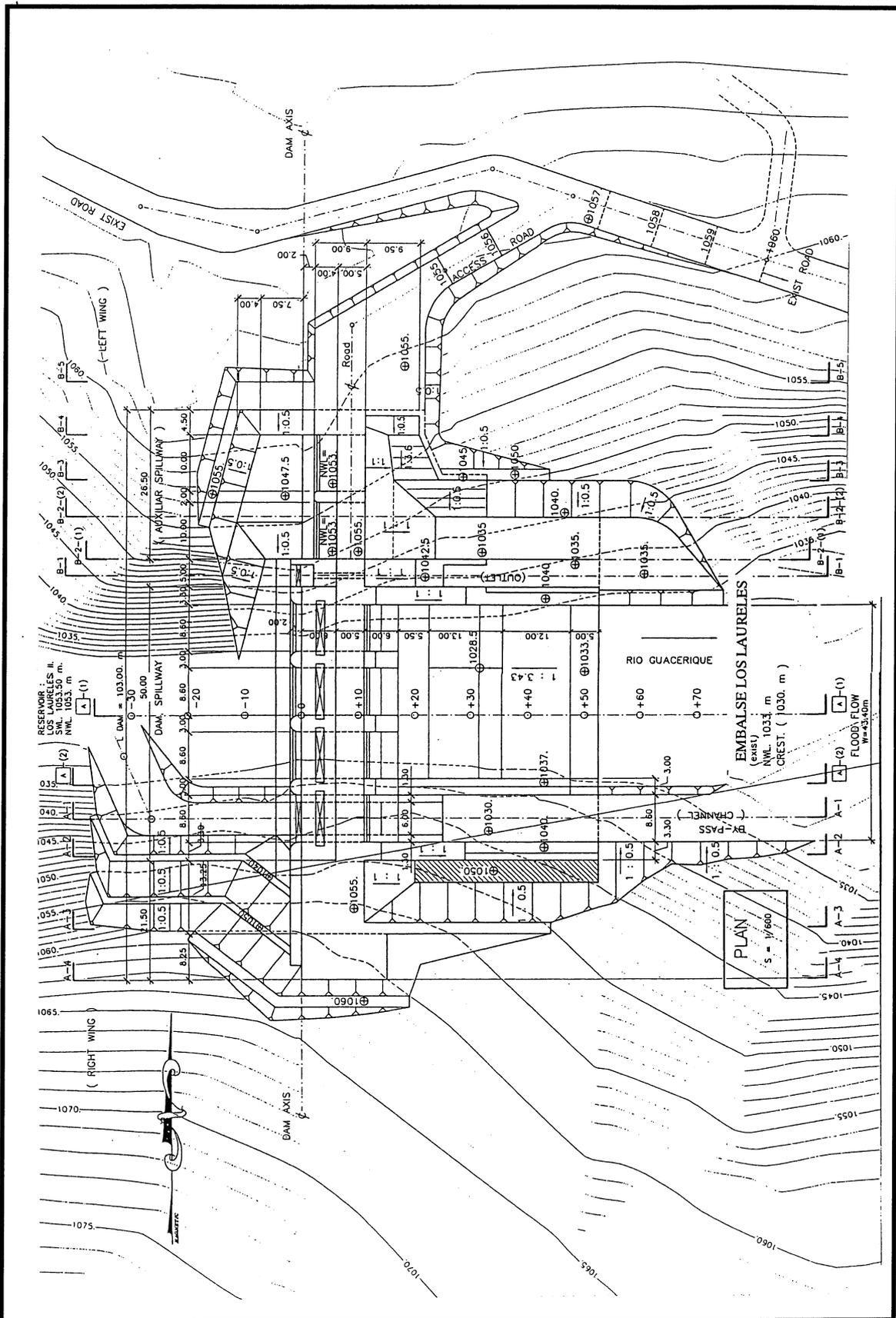


Figura I.1.2

Represa Los Laureles II Plan

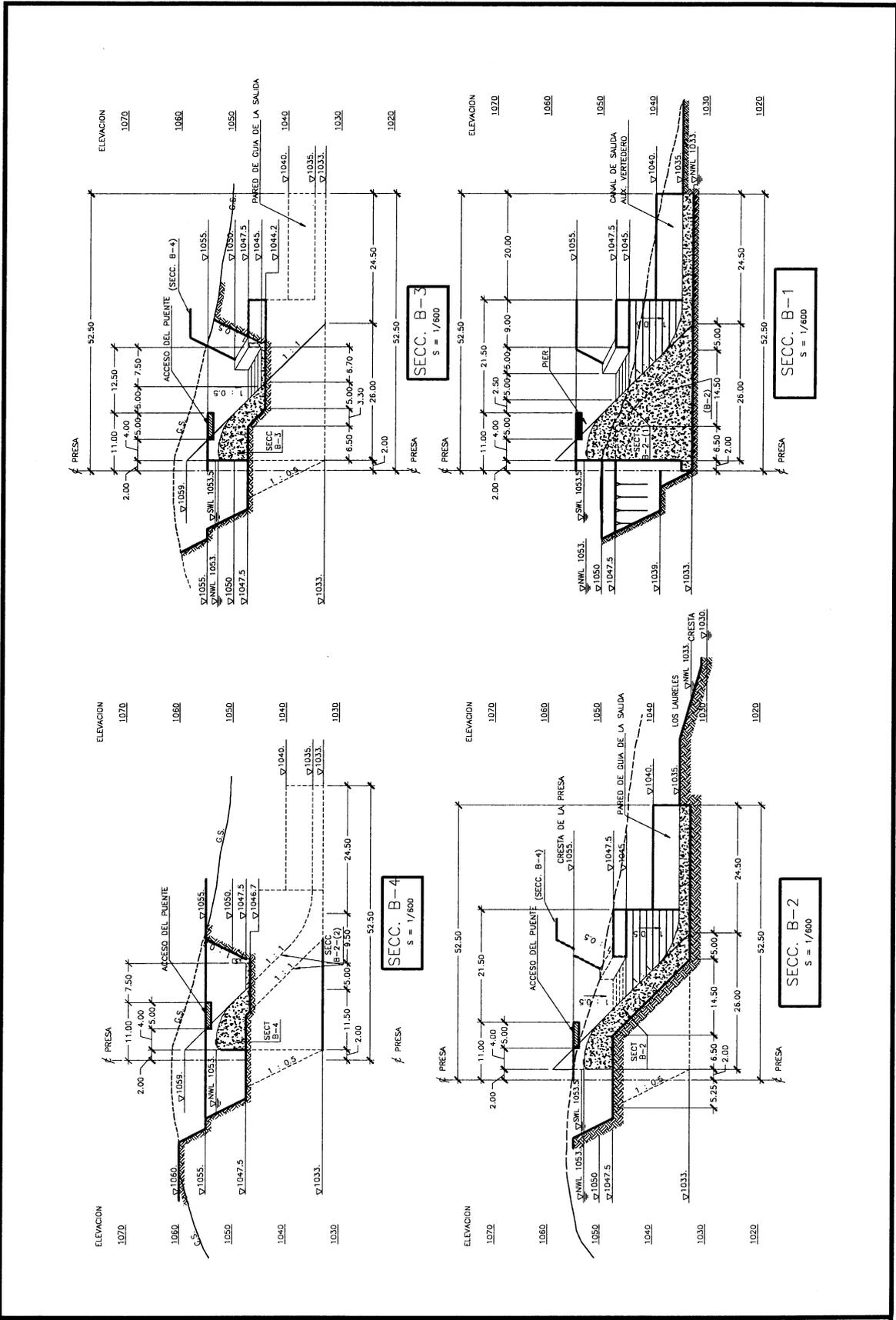


Figura I.1.5

Represa Los Laureles II Sección (1)

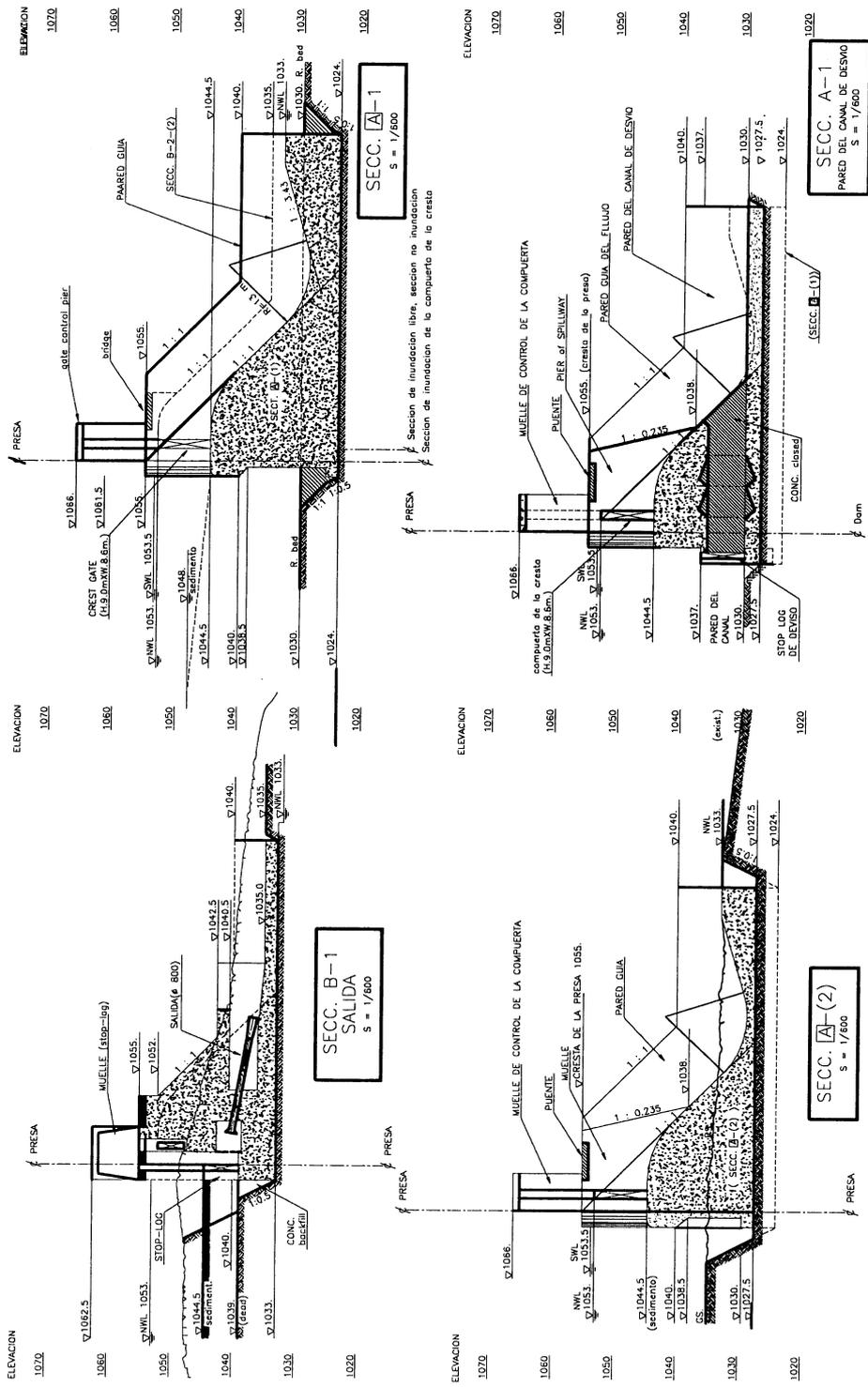


Figura I.1.6

Represa Los Laureles II Sección (2)

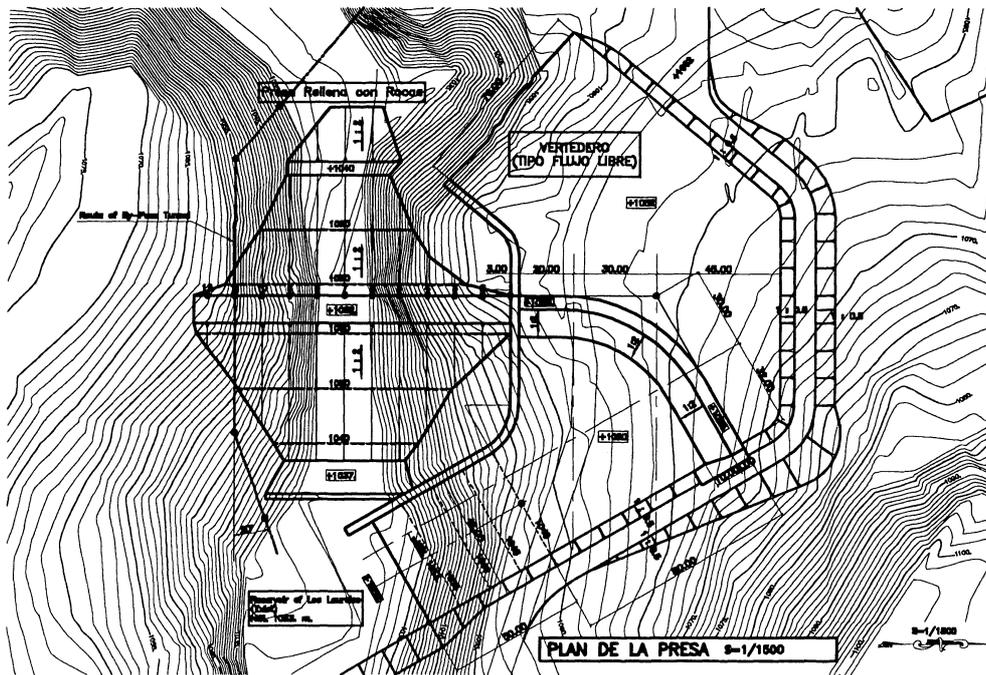
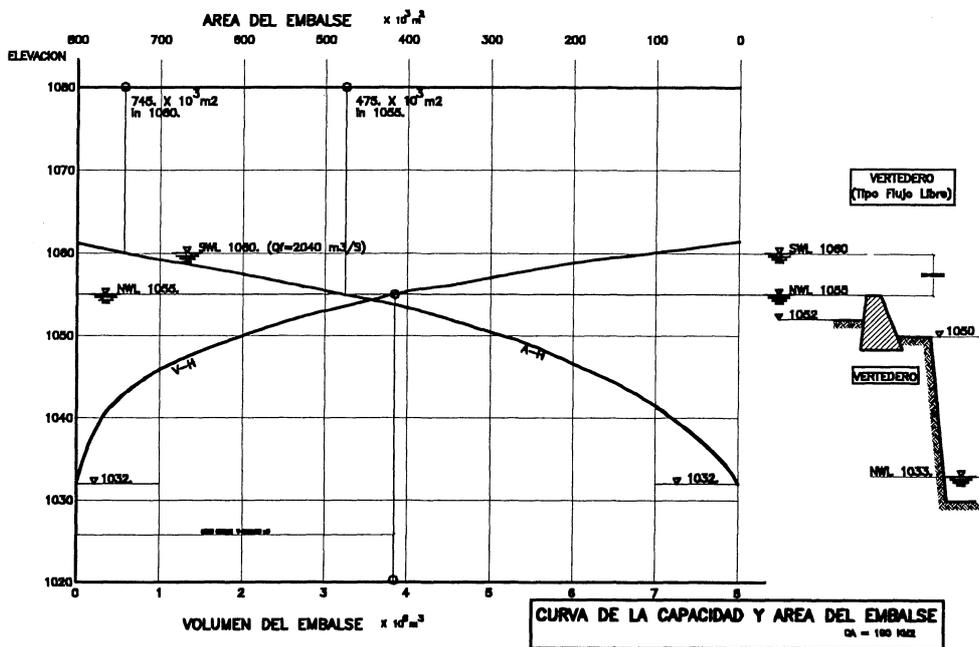


Figura I.1.8 **Represa Los Laureles II Dam (Plan-1) Reservorio y Plan**

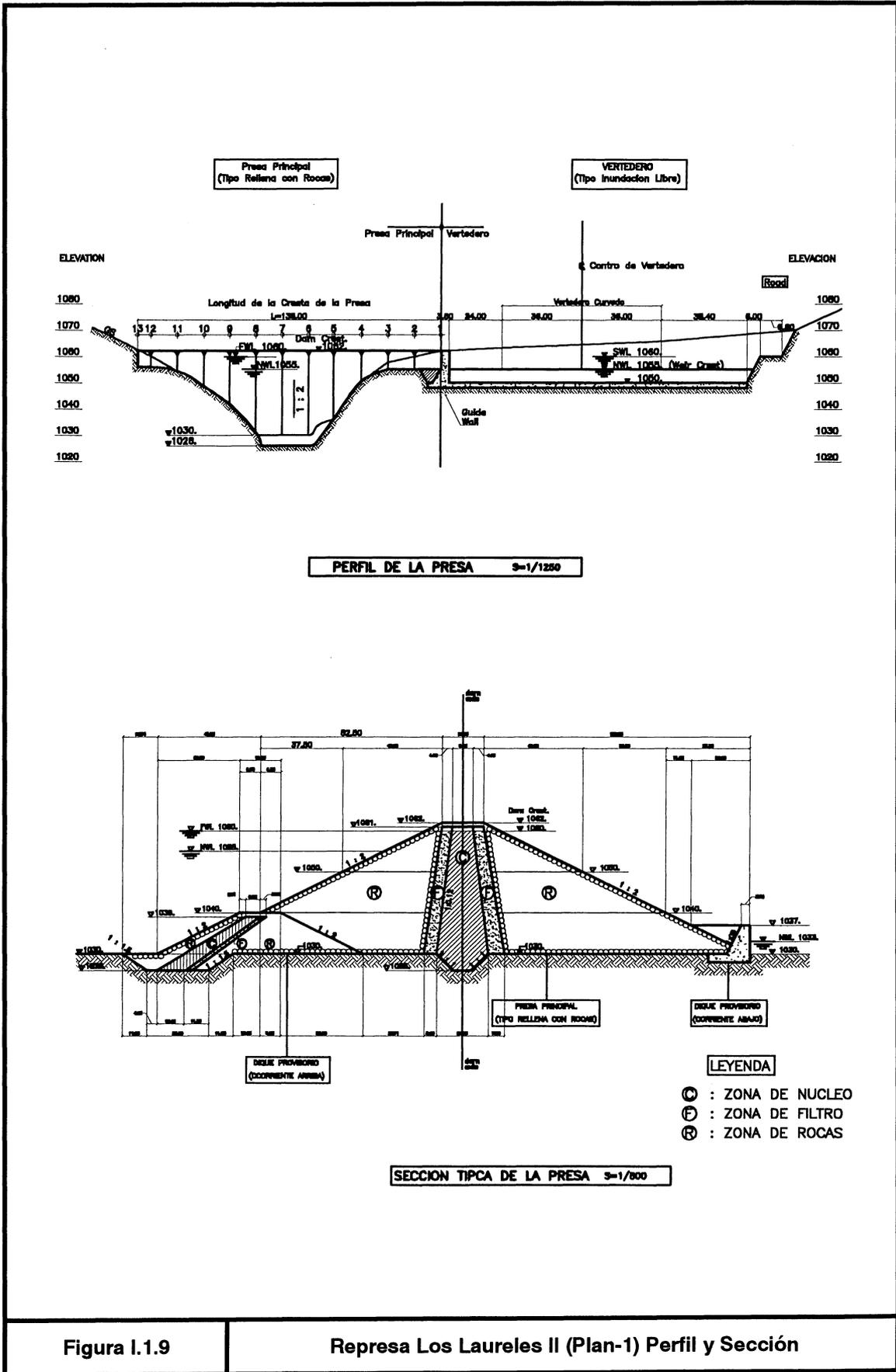
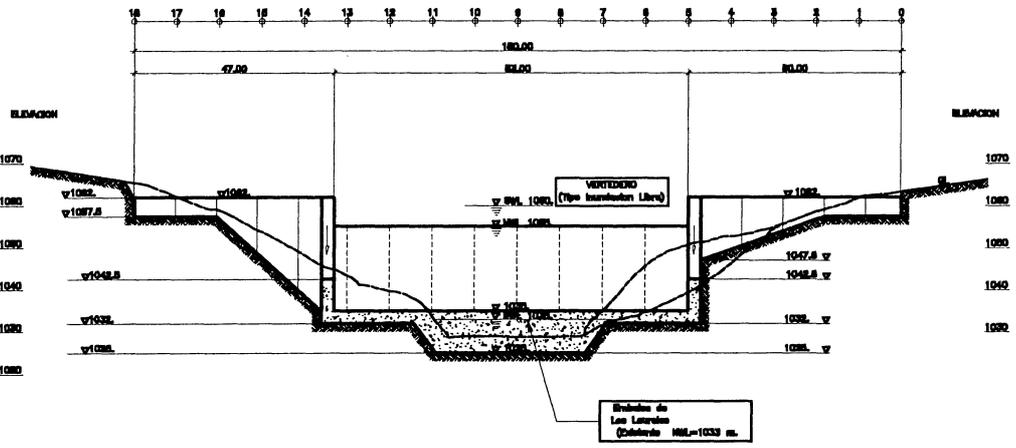
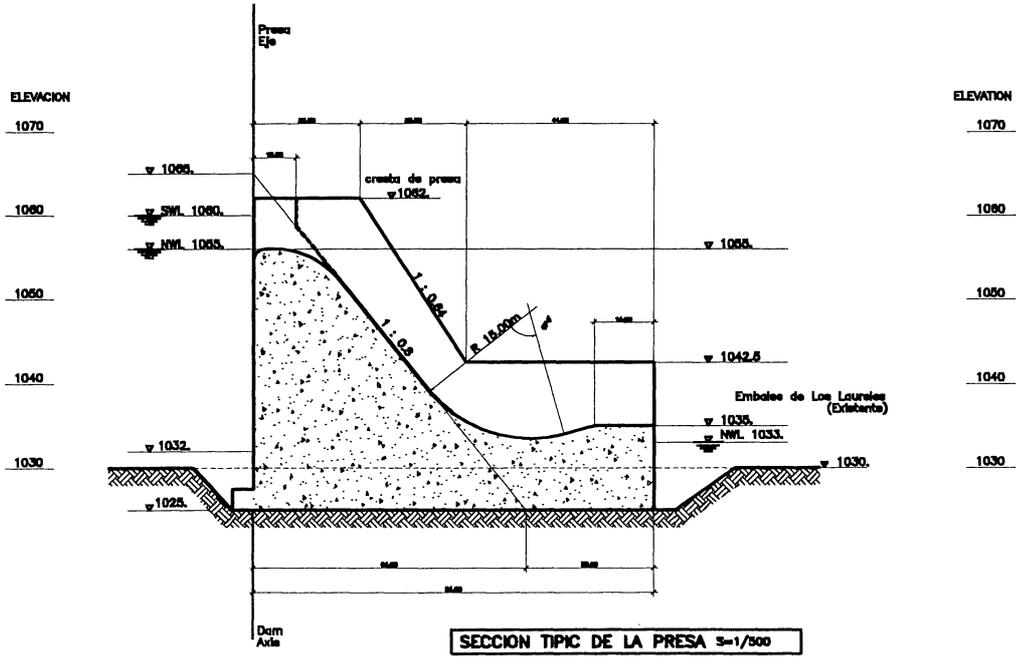


Figura I.1.9

Represa Los Laureles II (Plan-1) Perfil y Sección



PERFIL DE LA PRESA S=1/1000



SECCION TIPICA DE LA PRESA S=1/500

Figura I.1.11

Represa Los Laureles II (Plan-2) Perfil y Sección

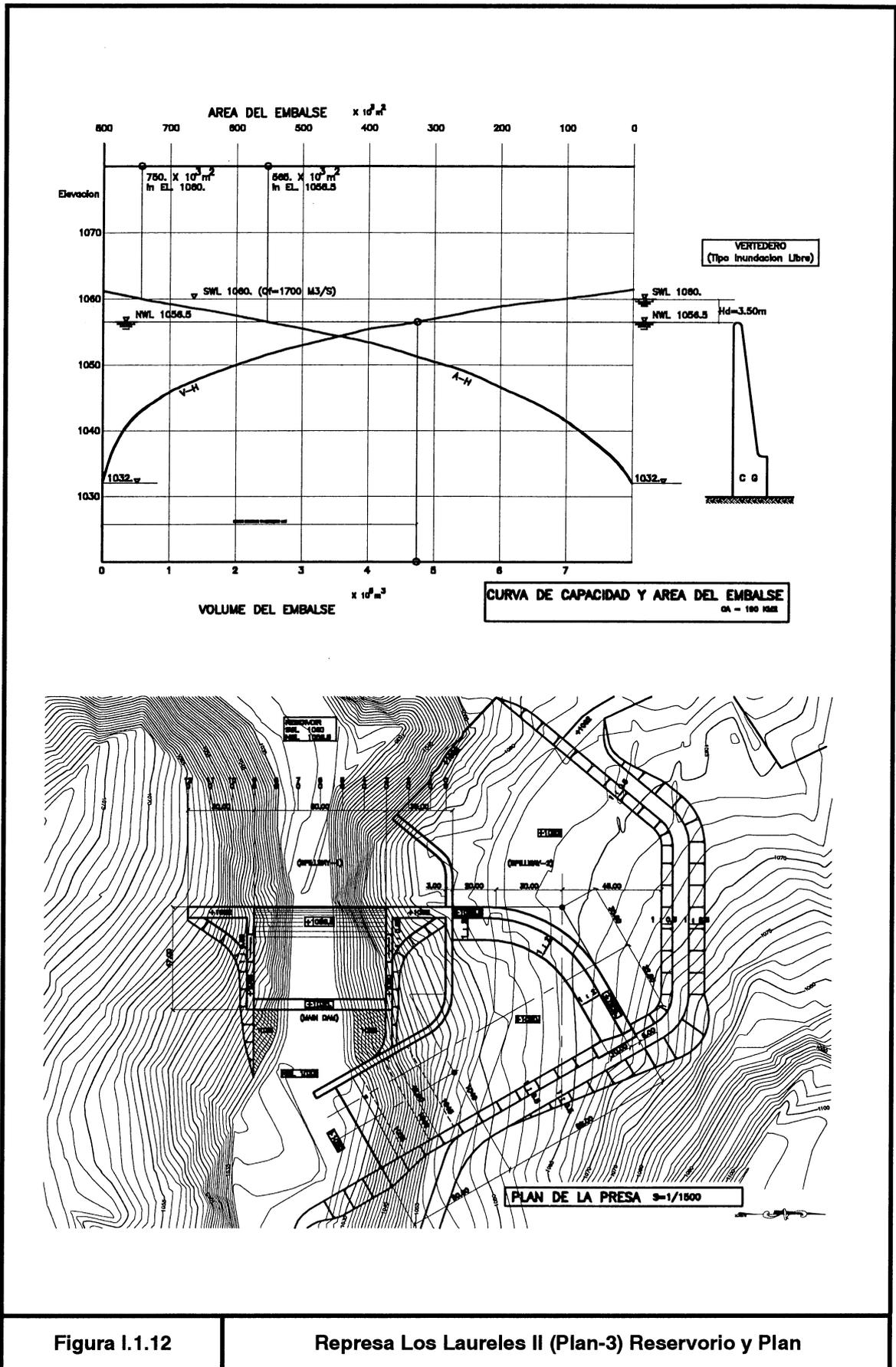
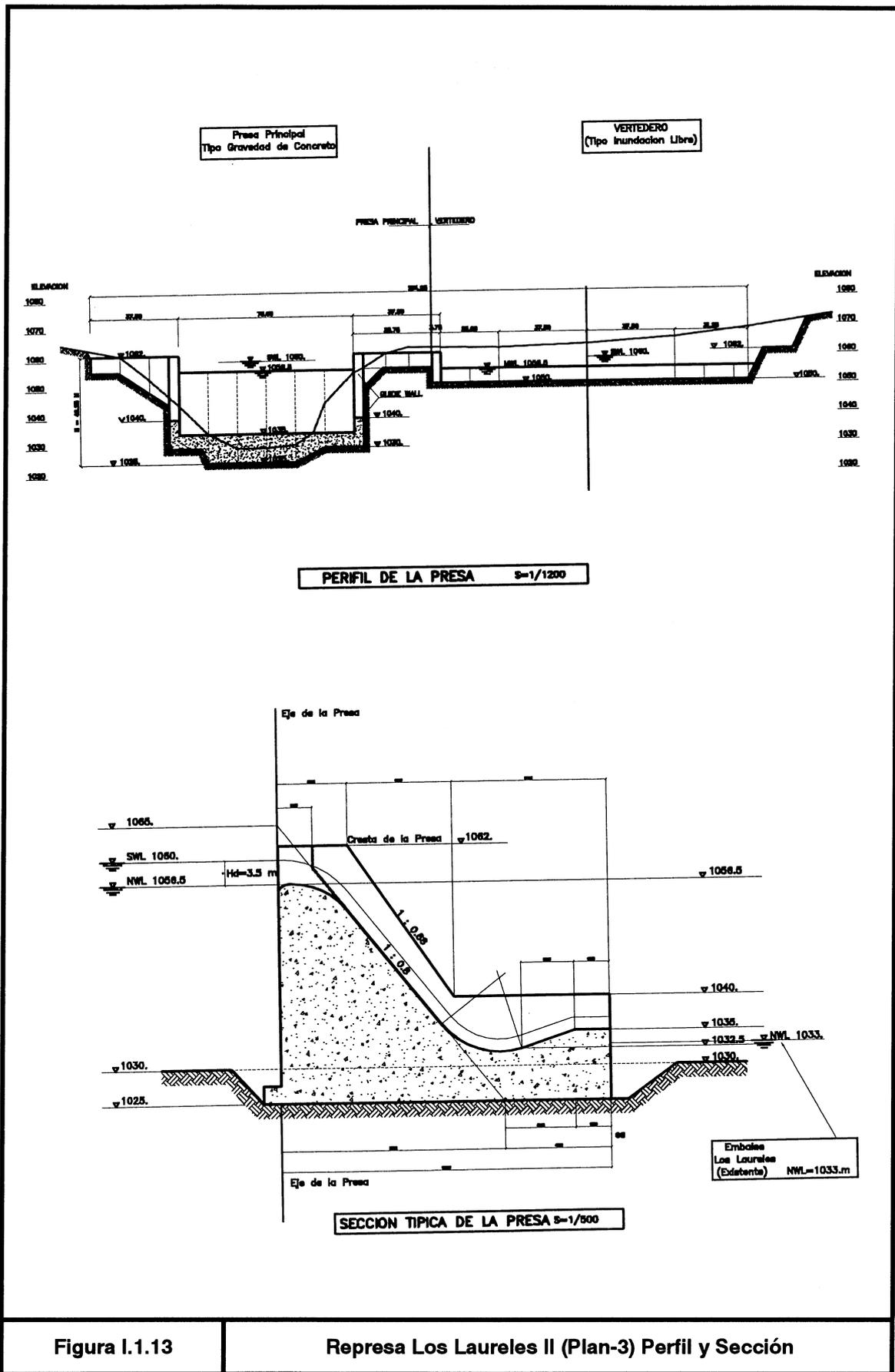


Figura I.1.12

Represa Los Laureles II (Plan-3) Reservorio y Plan



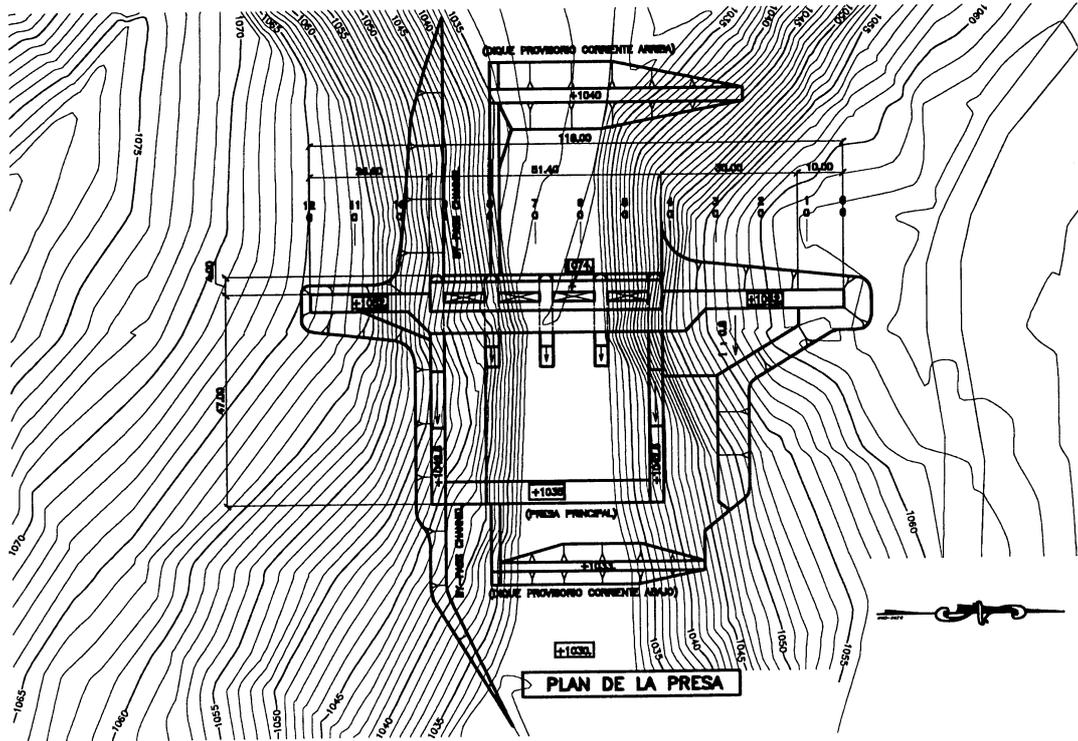
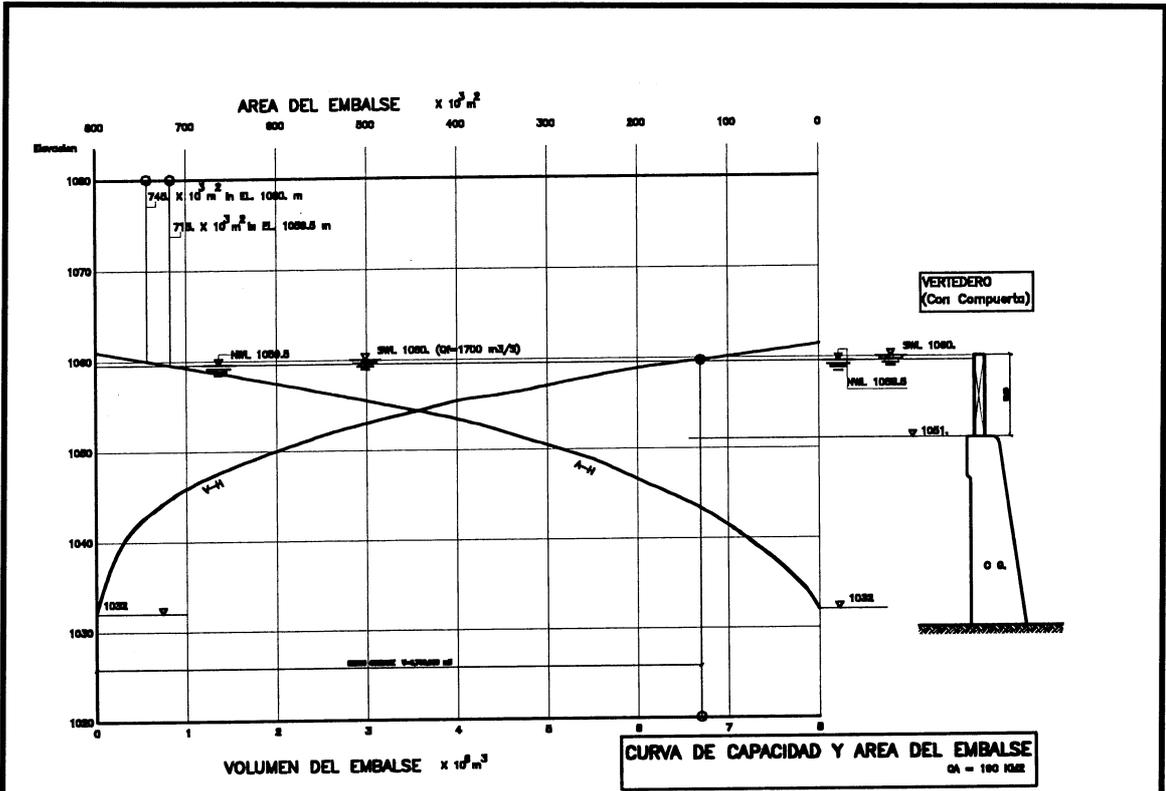


Figura I.1.14

Represa Los Laureles II (Plan-4) Reservoir and Plan

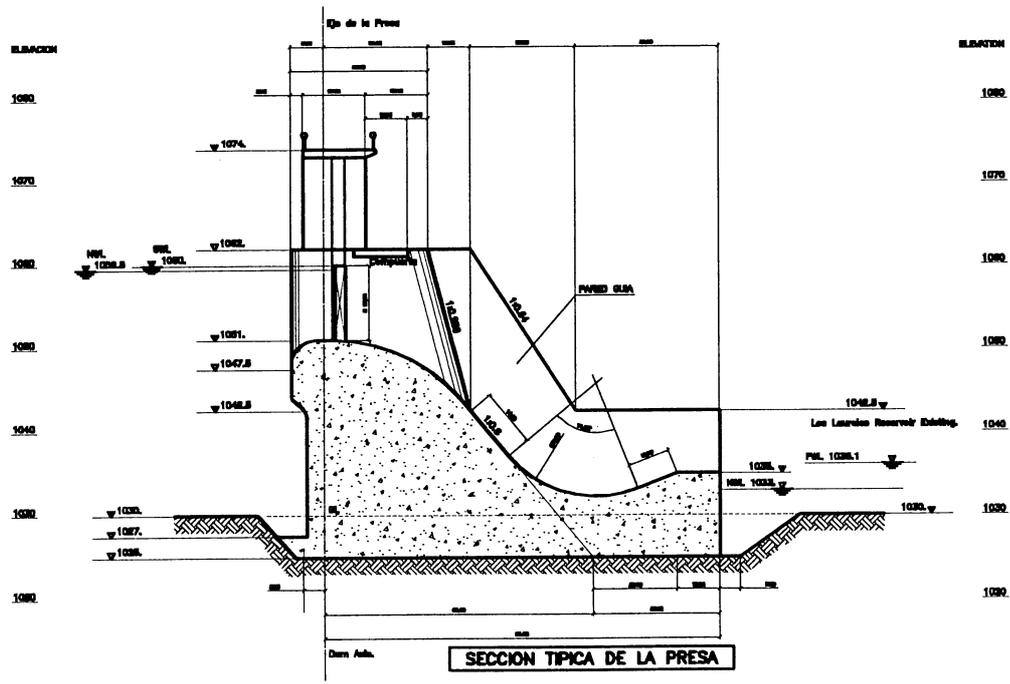
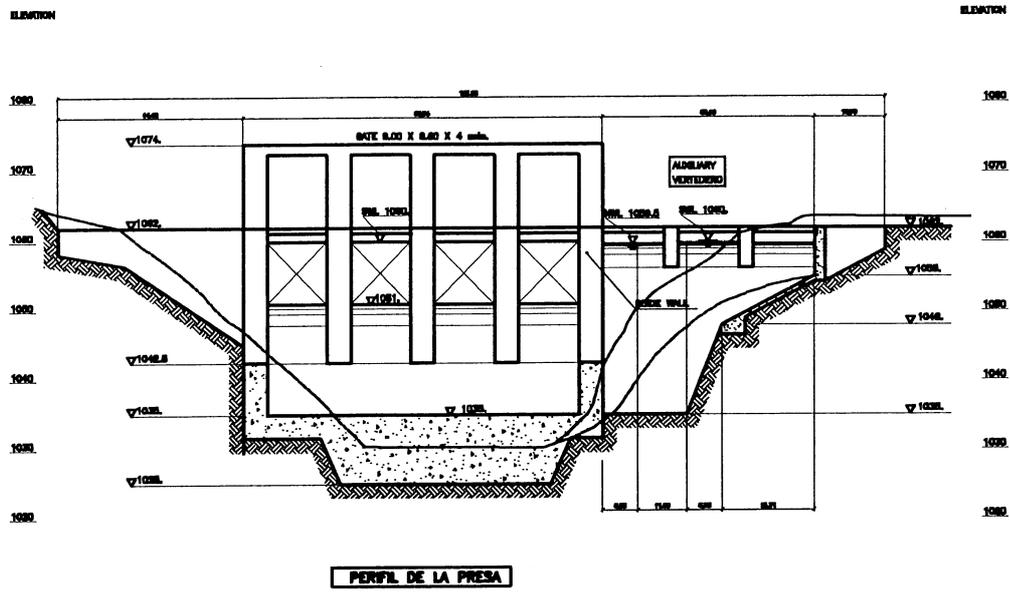


Figura I.1.15

Represa Los Laureles II (Plan-4) Perfil y Sección

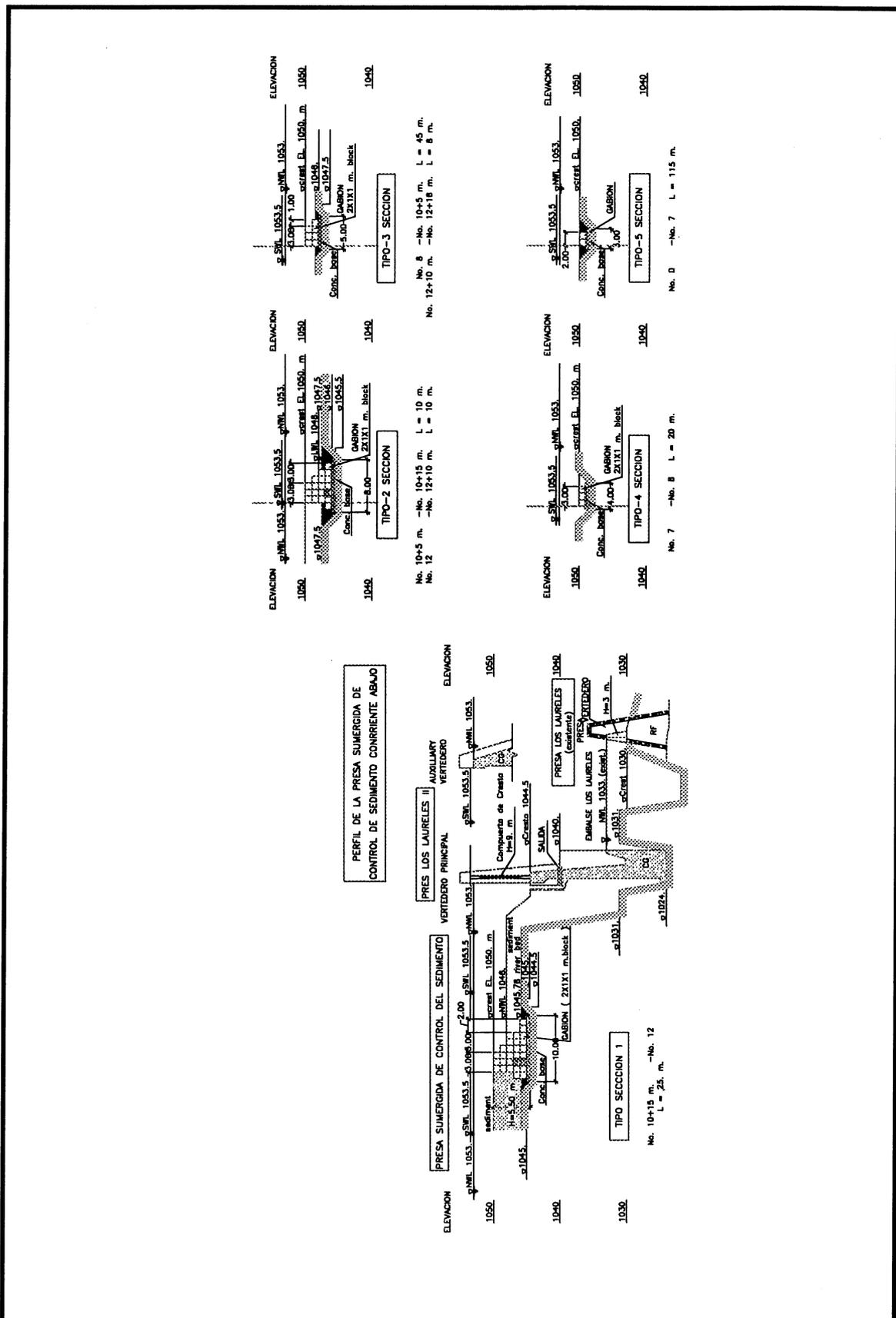


Figura I.1.17

Sección de Estructura para Control de Sedimento

ALMACENAJE Y AREA DEL EMBALSE QUIEBRA MONTES

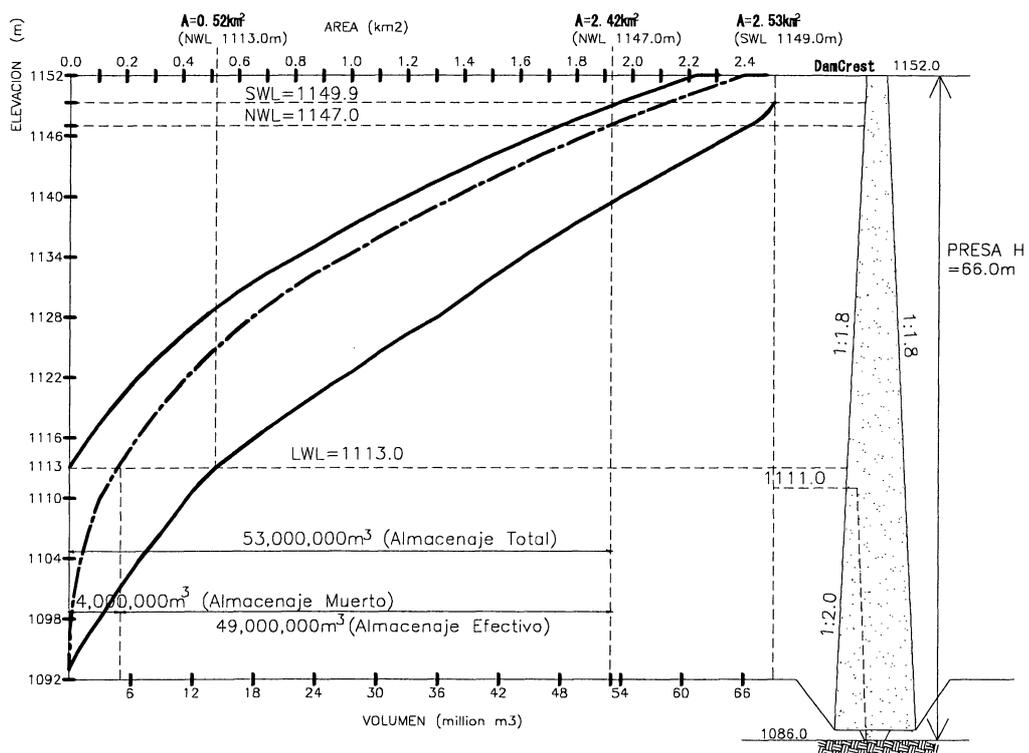


Figura I.2.1

Almacenamiento y Area de Reservorio de Quebra Montes

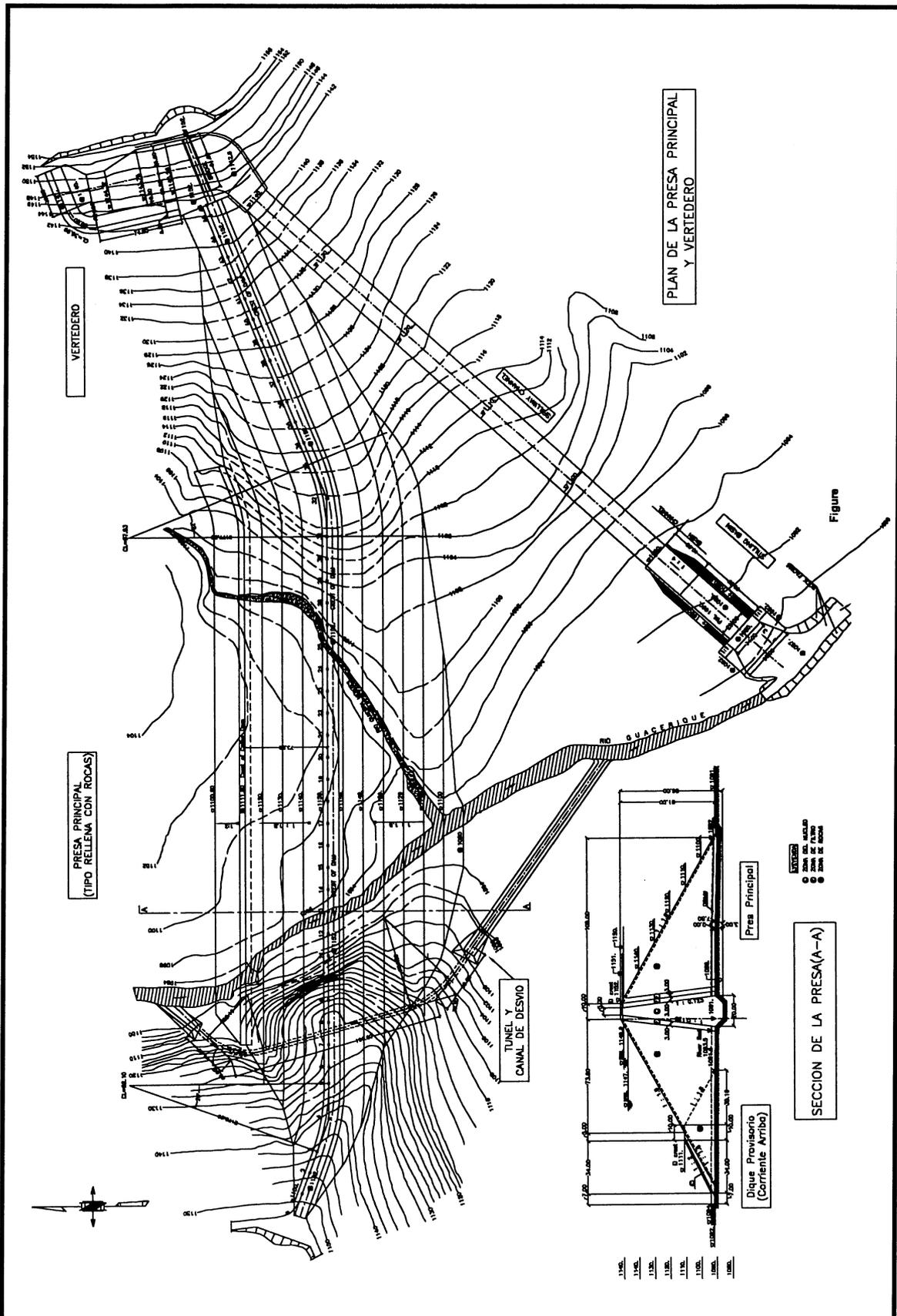


Figura I.2.2

Represa Quebra Montes Plan y Sección de Represa

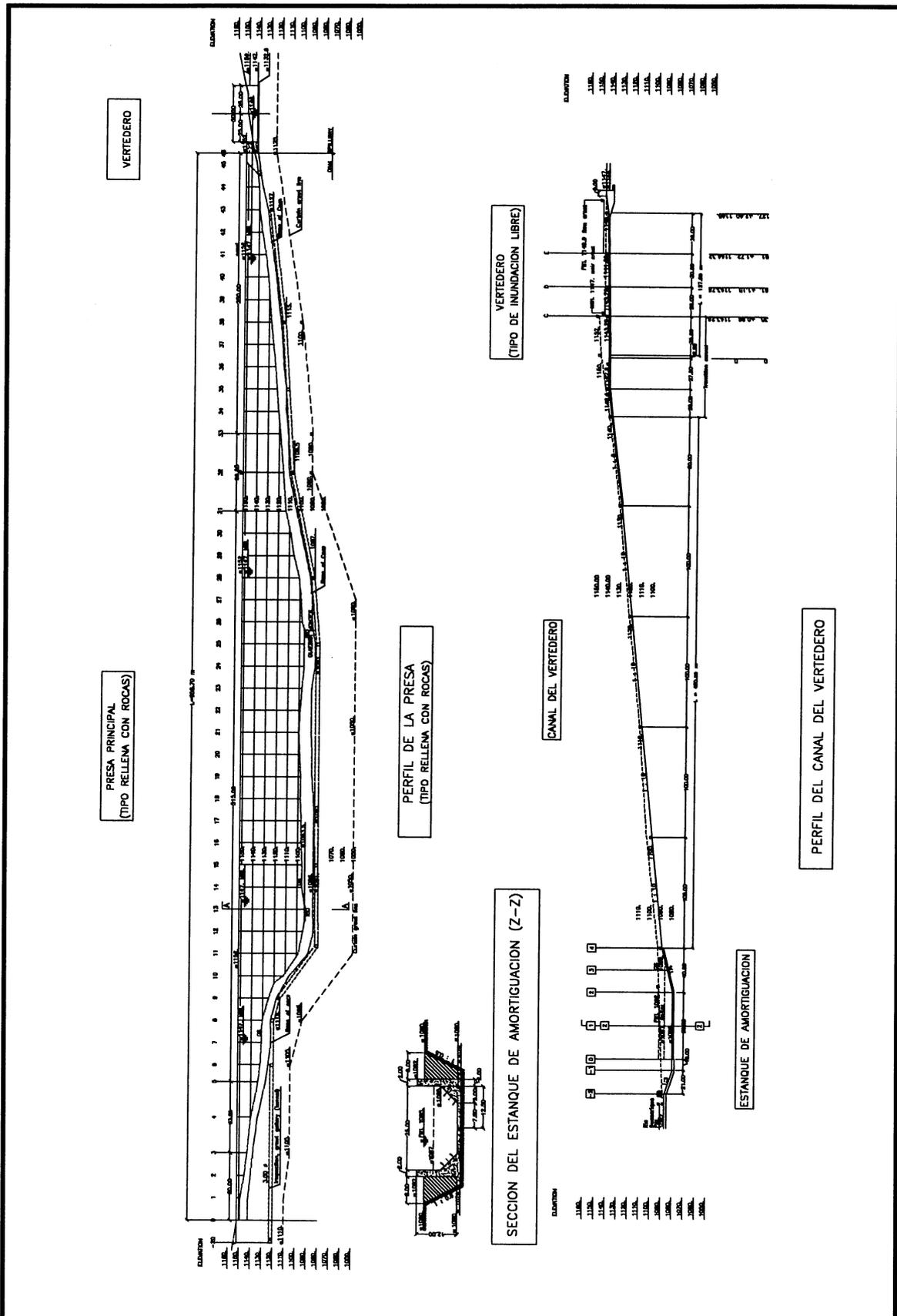
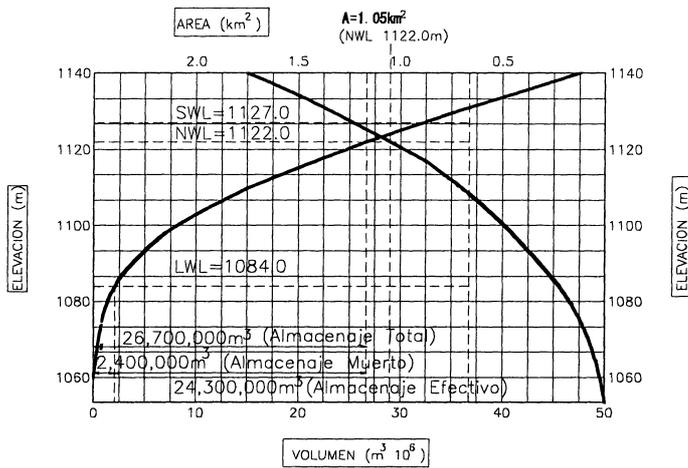


Figura I.2.3

Represa Quiebra Montes Perfil de Represa y Vertedero

ALMACENAJE Y AREA DEL EMBALSE SABAUCANTE



por LAHMEYER - CONASH

PERFIL DEL EMBALSE SABAUCANTE

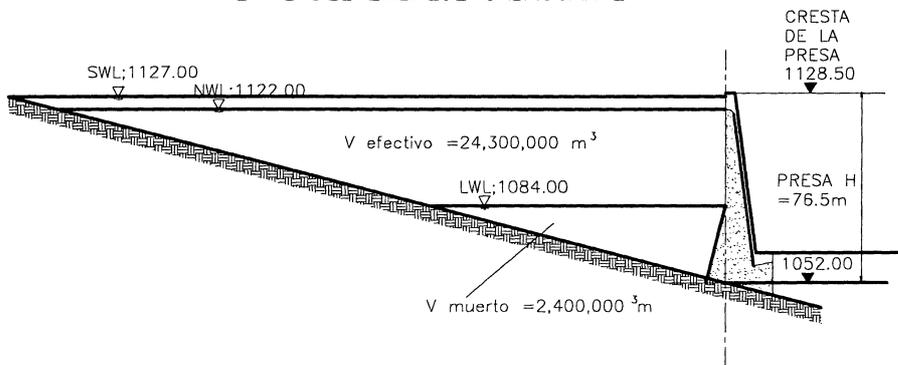


Figura I.3.1

Almacenamiento y Area de Reservoirio de Sabacuante

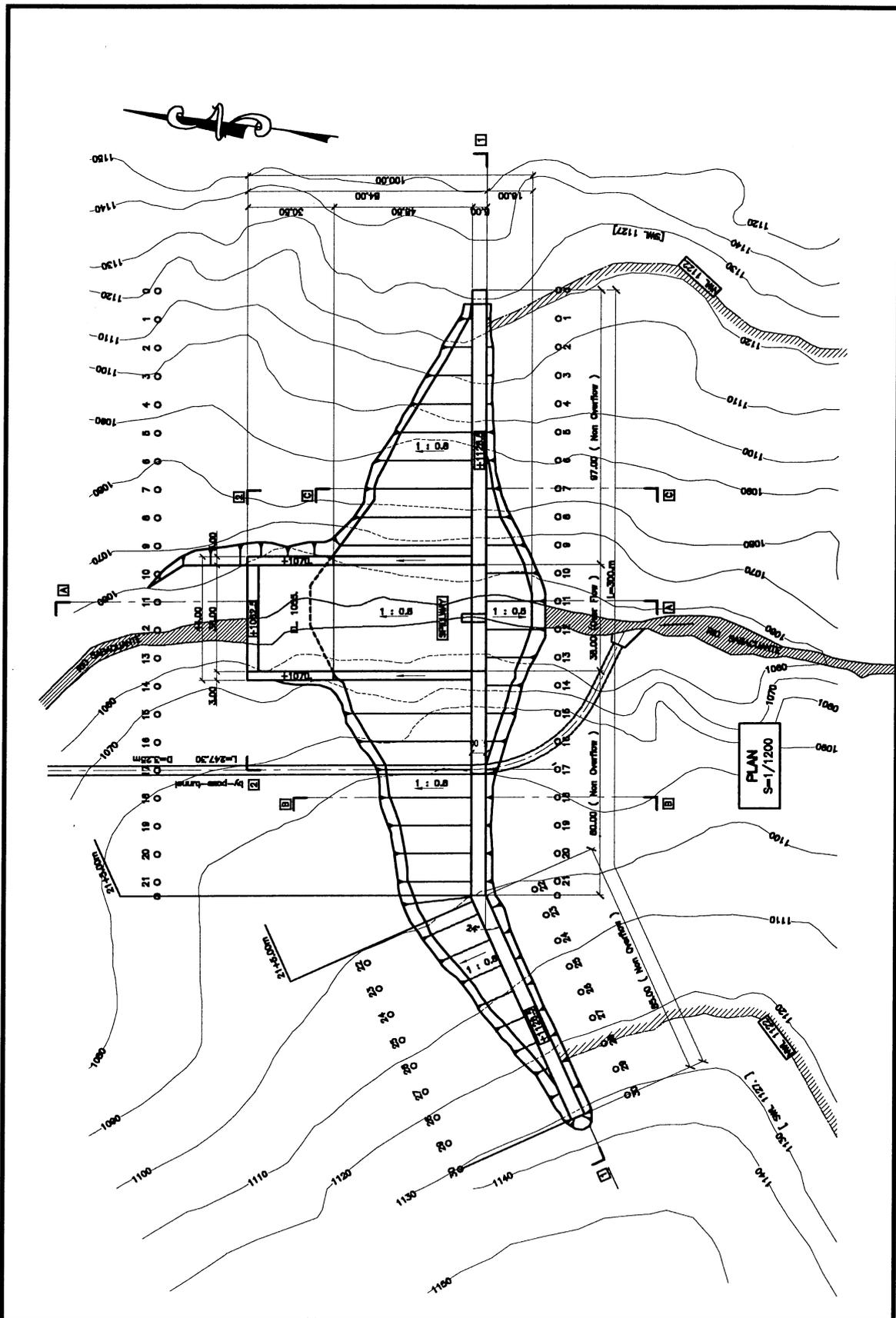
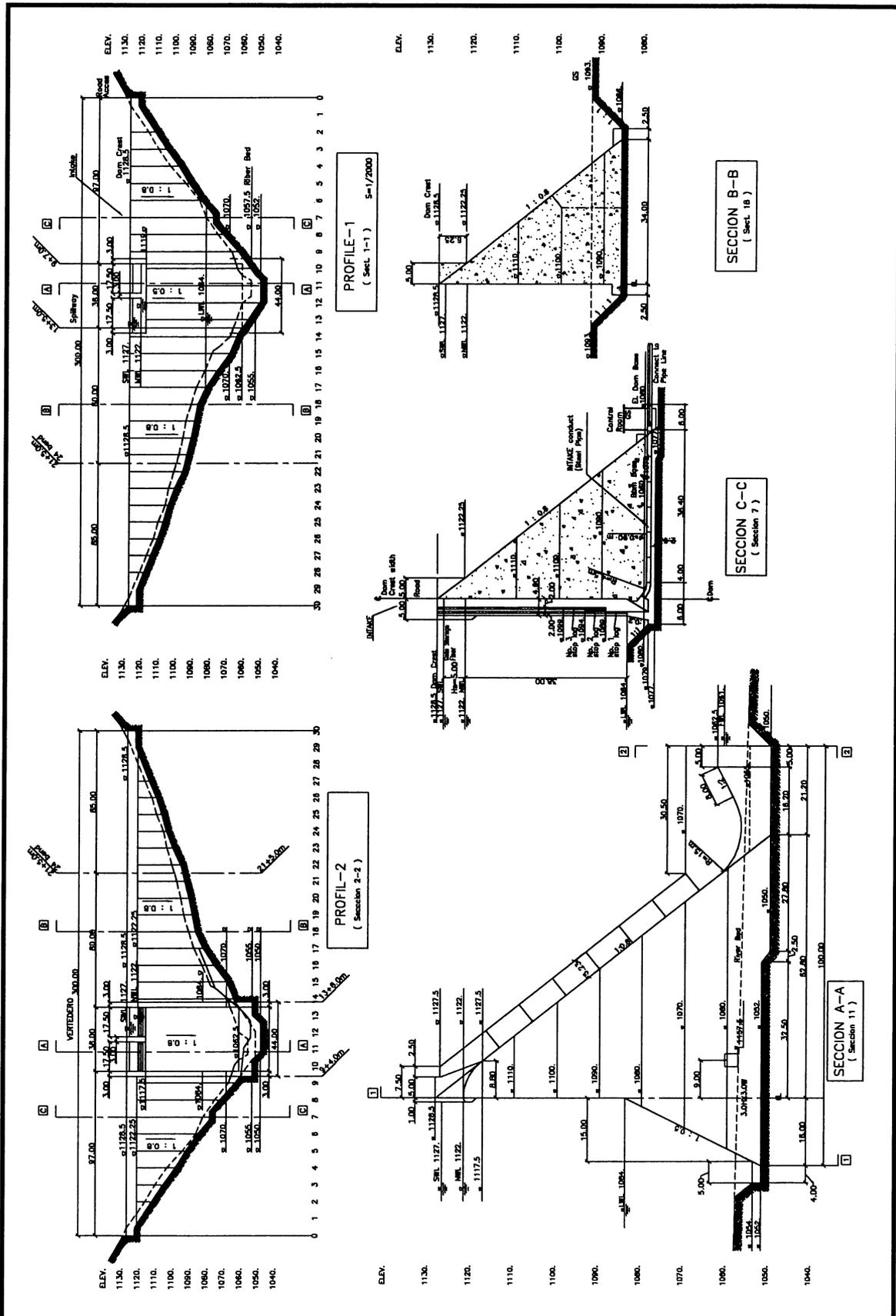
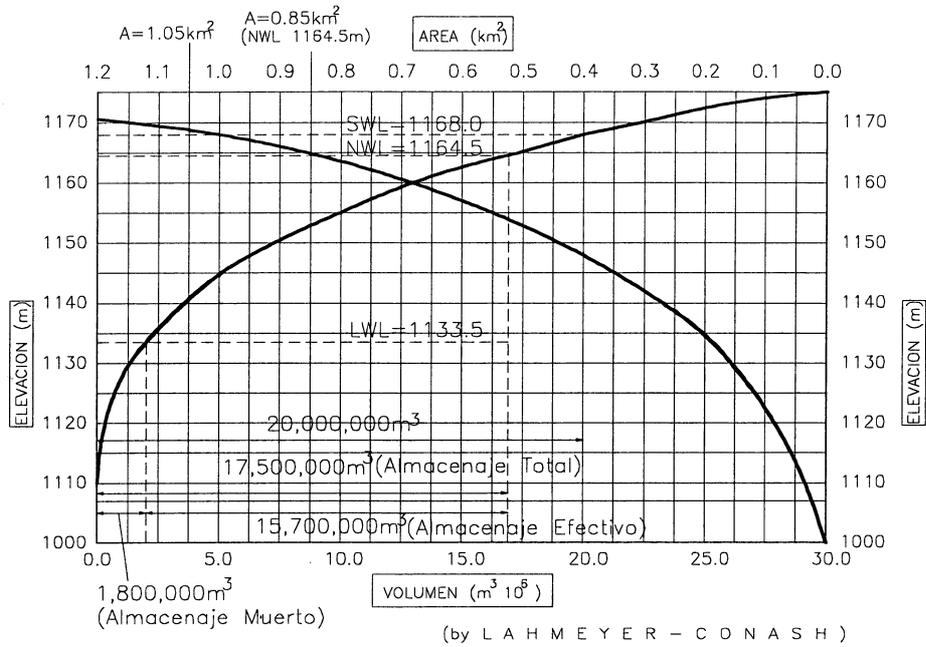


Figura I.3.2

Represa Sabacuante Plan



ALMACENAJE Y AREA DEL EMBALSE TATUMBLA



PERFIL DEL EMBALSE TATUMBLA

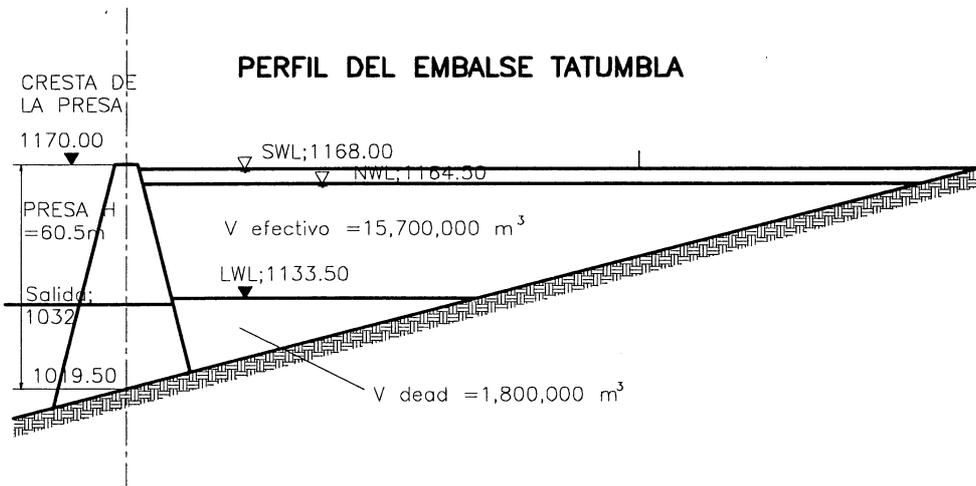


Figura I.4.1

Almacenamiento y Area de Reservorio de Tatumbla