

INFORME DE APOYO F
PLAN DE MITIGACION DE DAÑOS POR INUNDACION

APOYO-F : PLAN DE MITIGACION DE DAÑOS POR INUNDACION

INDICE

	Página
1. Introducción.....	F-1
2. Características del Río Choluteca.....	F-2
2.1 Cuenca del Río Choluteca.....	F-2
2.2 Ríos en el Area del Estudio	F-2
2.3 Levantamiento del Río	F-4
2.4 Escorrentia y Transporte de Sedimentos en el Area del Estudio.....	F-5
3. Inundación del Río durante el Huracán Mitch	F-7
3.1 Levantamiento de Marca de Agua Alta.....	F-7
3.2 Fenómeno de Inundación	F-7
3.3 Análisis de Frecuencia	F-7
4. Mitigación de Daños por Inundación (Medidas Estructurales).....	F-8
4.1 Generalidades	F-8
4.2 Estudio Alternativo de Instalaciones de Control de Inundación	F-8
4.3 Estudio Alternativo de Inundación de Diseño.....	F-9
4.4 Proyectos del Plan Maestro.....	F-12
4.5 Proyectos Prioritarios	F-16
5. Plan de Mitigación de Daños por Inundación (Medidas no estructurales)	F-20
5.1 Reglamentación del Uso del suelo y Código Estructural.....	F-20

5.2	Mapa de Amenaza de Inundación	F-20
5.3	Pronóstico y Advertencia de Inundación.....	F-21
	REFERENCIAS.....	F-81

APOYO-F : PLAN DE MITIGACION DE DAÑOS POR INUNDACION

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla F.2.1	Cuencas de Drenaje del Río CholutecaF-2
Tabla F.2.2	Condiciones de Banco y Terreno Posterior a lo Largo del Río Choluteca (1/3)F-24
Tabla F.2.2	Condiciones de Banco y Terreno Posterior a lo Largo del Río Choluteca (2/3)F-25
Tabla F.2.2	Condiciones de Banco y Terreno Posterior a lo Largo del Río Choluteca (3/3)F-26
Tabla F.2.3	Trabajos del Levantamiento del Río.....F-4
Tabla F.3.1	Condición y Daños por Inundación durante el Huracán Mitch.....F-7
Tabla F.3.2	Escorrentia en la Cuenca del Río Choluteca (en el punto A)F-8
Tabla F.4.1	Máxima Descarga en las Sub-cuencas.....F-8
Tabla F.4.2	Ancho de CanalesF-10
Tabla F.4.3	Comparación de Descarga de Inundación de Diseño de Alternativa...F-11
Tabla F.4.4	Estudio Alternativo del Puente MallolF-13
Tabla F.4.5	Estructuras Alternativas en el Lugar de Deslizamiento de Tierra de Berrinche.....F-18
Tabla F.4.6	Estructuras Planeadas en el Lugar de Deslizamiento de Tierra de Berrinche.....F-18
Tabla F.4.7	Diámetro Alternativo del eje RCF-19
Tabla F.5.1	Flujo Pico en las Sub-cuencasF-20

Tabla F.5.2	Nivel de Advertencia de Inundación Planeada	F-22
Tabla F.5.3	Area de Inundación y Lugares de Evacuación (en el Caso de Tormenta del Nivel del Huracán Mitch)	F-23

APOYO-F : PLAN DE MITIGACION DE DAÑOS POR INUNDACION

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura F.1.1	Cuenca del Río Choluteca (Area de Estudio).....F-27
Figura F.1.2	Cuenca del Río CholutecaF-28
Figura F.2.1	Perfil de los Principales Ríos.....F-29
Figura F.2.2	Puntos de Reconocimiento Transversal.....F-30
Figura F.2.3	Ancho del Actual RíoF-31
Figura F.2.4	Perfil del Actual Río F-32 - F-33
Figura F.2.5	Capacidad de Descarga de Cada Sección del Actual Río.....F-34
Figura F.2.6	Carga de SedimentosF-35
Figura F.2.7	Carga de SedimentosF-36
Figura F.3.1	Resultado del Levantamiento de Marca de Agua AltaF-37
Figura F.4.1	Represa Sabacuante F-38 - F-39
Figura F.4.2	Distribución de Inundación de DiseñoF-40
Figura F.4.3	Perfil del Río Planeado.....F-41
Figura F.4.4	Sección Planeada del Canal.....F-42
Figura F.4.5	Alineación Planeada del Río Choluteca F-43 - F-44
Figura F.4.6	Alineación Planeada del Río Choluteca en Berrinche.....F-45
Figura F.4.7	Ubicación de Instalaciones del Río Planeadas por otros Donantes.....F-46
Figura F.4.8	Ubicación de Proyectos del Plan Maestro (Medidas Estructurales) ...F-47

Figura F.4.9	Medida de Control de Inundación	F-48 - F-52
Figura F.4.10	Sección Transversal Planeada en Berrinche	F-53
Figura F.4.11	Dique Para sin Reconstrucción del Puente Mallol	F-54
Figura F.4.12	Reconstrucción planeada del Puente Mallol	F-55
Figura F.4.13	Terminal de Autobuses Planeada.....	F-56
Figura F.4.14	Ubicación de los Tubos de Suministro de Agua y de Alcantarillado.....	F-57 - F-61
Figura F.4.15	Vaciadero Planeado	F-62
Figura F.4.16	Lugar del Puente Loarque.....	F-63
Figura F.4.17	Mejora de la Salida de la Laguna del Pescado	F-64
Figura F.4.18	Ubicación de Proyectos Prioritarios (Medidas Estructurales).....	F-65
Figura F.4.19	Area de Inundación Cada 50 Años (con y sin Proyecto).....	F-66 - F-67
Figura F.4.20	Medidas de Control de Inundación (Proyectos Prioritarios)...	F-68 - F-71
Figura F.4.21	Estructuras Planeadas en el Deslizamiento de Tierra del Berrinche	F-72 - F-74
Figura F.4.22	Refuerzo de Muros de Contención Existentes.....	F-75
Figura F.4.23	Variación del Lecho del Río (Proyectos Prioritarios).....	F-76
Figura F.5.1	Mapa de Amenaza (Mapa de Areas de Inundación).....	F-77 - F-78
Figura F.5.2	Ubicación de las Estaciones de Medición Planeadas	F-79
Figura F.5.3	Sistema de Advertencia	F-80

APOYO-F

PLAN DE MITIGACION DE DAÑOS POR INUNDACION

1. INTRODUCCIÓN

Este es el Informe de Apoyo F para el plan de mitigación de daños por inundación del proyecto “El Estudio del Control de Inundación y Prevención de Deslizamientos de Tierra en el Area Metropolitana de Tegucigalpa en la República de Honduras”.

El área del estudio cubre las cuencas de los siguientes ríos:

- Cuenca del río Choluteca en Tegucigalpa,
- Cuenca del río Grande,
- Cuenca del río San José,
- Cuenca del río Guacerique y
- Cuenca del río Chiquito.

Estas cuencas de drenaje aparecen en la *Figura F.1.1*. El principal tronco del río Choluteca aparece en la *Figura F.1.2*.

El área objetivo es de 10 km x 10 km en el Area Metropolitana de Tegucigalpa. El curso de 20km del río Choluteca es la principal preocupación del plan de mitigación de daños por inundación.

En el plan de mitigación de daños por inundación, se da énfasis a los siguientes ítems en el Estudio.

- Plan de instalaciones de control de inundación (medidas estructurales)
- Preparación y publicación de un mapa de amenaza (medidas no estructurales)
- Preparación para pronóstico/advertencia y evacuación (medidas no estructurales)

De entre los componentes del Plan de mitigación de daños por inundación, se seleccionan el/los Proyecto(s) Prioritario(s) para el Estudio de Factibilidad.

Se presentan los siguientes principales contenidos del estudio y área de metodología;

- Levantamiento del río y estructura del río
Se hace un levantamiento de los cursos del río y estructuras del río tales como muros de contención, represas, diques y puentes.
- Reconocimiento del material del lecho del río
El reconocimiento del material del lecho del río se realiza en el río Choluteca y el río Chiquito para estudiar el régimen del río.
- Investigación de sedimentos
Se reconoce el volumen de sedimentos durante la inundación por el Huracán Mitch.
- Análisis de variación del lecho del río y transporte de sedimentos
Se realiza el análisis de variaciones del lecho del río para identificar el mecanismo del lecho del río que sube con el Huracán Mitch. Usando los resultados de la prueba de materiales del lecho del río y el análisis hidráulico, se hace un análisis de transporte de sedimentos.

- Reconocimiento de instalaciones de observación meteorológica
Se verifica el actual estado de las instalaciones de observación meteorológica para entender el funcionamiento del sistema de pronóstico/advertencia existente.
- Estudio de medidas para mitigación de daños de inundación
Se estudian las medidas para mitigación de daños por inundación tanto para aspectos estructurales como no estructurales. Para las medidas estructurales, se estudian las instalaciones de canalización del río. Para las medidas no estructurales, se estudia la preparación del mapa de amenaza y el sistema de advertencia de inundaciones.

2. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO CHOLUTECA

2.1 CUENCA DEL RÍO CHOLUTECA

El río Choluteca tiene un área de cuenca de 7,465 km² y una longitud del río de 320km. Tiene su origen en 3 principales afluentes, es decir, los ríos Grande, San José y Guacerique, en la parte sur de la ciudad de Tegucigalpa. El río Choluteca fluye hacia el norte y da vuelta al sur en la parte del medio e inferior y va al Golfo de Fonseca en el Océano Pacífico. Su pendiente tiene como máximo 1/35 río arriba, 1/200 en la ciudad de Tegucigalpa, 1/450 en el medio y 1/850 río abajo. Las lluvias anuales son de 1,000 mm/año río arriba y 1,450 río abajo. (Consulte la *Figura F.1.2*)

2.2 RÍOS EN EL AREA DEL ESTUDIO

El Area del Estudio es de unos 820 km² y se divide en sub-cuencas del río Choluteca, es decir, la cuenca del río Guacerique, la cuenca del río Grande, la cuenca del río San José y la cuenca del río Chiquito.

El área de drenaje total es de unos 820 km² tal como aparece en la *Figura F.1.1*, con las siguientes áreas de sub-cuencas:

Tabla F.2.1 Cuencas de Drenaje del Río Choluteca

Cuenca y Río	Area de la cuenca (km ²)	
	Sub-cuenca	Total
Grande	258.18	258.18
San José	168.50	426.68
Guacerique	244.16	670.84
Chiquito	90.42	761.26
Sapo	2.97	764.23
Choluteca en Tegucigalpa	55.42	819.65

El perfil longitudinal de principales ríos aparece en la *Figura F.2.1*.

El área objetivo para la prevención de desastres es el área urbana de Tegucigalpa tal como aparece en la *Figura F.1.1*, con un área total de 105 km². La elevación del área urbana es de entre 900 m y 1,400 m.

(1) Río Choluteca

La parte río arriba del río Choluteca en el Area de Estudio fluye de sur a norte en la ciudad de Tegucigalpa. El principal tronco del río Choluteca se denomina Grande río arriba y está unido por los afluentes, tales como los ríos San José, Guacerique y Chiquito, y las quebradas El Sapo

y El Cacao. El estado del banco y cuenca del río Choluteca aparece en la *Tabla F.2.2*. Después del Huracán Mitch, quedaron una gran cantidad de sedimentos y su volumen se estima en $1,100,000\text{m}^3$.

(2) Río Grande

Es el principal tronco río arriba del Choluteca. Su área colectora es de unos 258 km^2 y su pendiente es de 1/30-1/60. Hay una Represa Concepción operada por SANNA en el río. La represa tiene un rebalse de flujo libre con capacidad de $950\text{m}^3/\text{s}$. Durante el Huracán Mitch, se descargó una inundación con un valor pico de unos $850\text{m}^3/\text{s}$ por este rebalse. En su afluente, denominada Quebrada La Laguna, hay un lago denominado Laguna del Pescado, creado por un antiguo deslizamiento de tierra.

(3) Río San José

Fluye del sureste al río Choluteca. El área colectora del río San José es de unos 169 km^2 . Su pendiente es de 1/10-1/50. No hay represas en este río pero SANNA tiene un plan para la represa Sabacuante.

(4) Río Guacerique

Fluye de las montañas del oeste al río Choluteca en el área urbana de Tegucigalpa. Su área colectora es de unos 244 km^2 y su pendiente es de 1/30. La represa de Los Laureles de SANNA está ubicada en el río. El rebalse de la represa tiene una compuerta de goma de 3 m de alto y 68 m de largo. Durante el Huracán Mitch, la represa de goma no se encogió y el flujo de la inundación superó la represa de goma así como la represa lateral, produciéndose una descarga pico de unos $1,200\text{m}^3/\text{s}$.

(5) Río Chiquito

Fluye de las colinas del este a la ciudad de Tegucigalpa. El área colectora del río Chiquito es de unos 90 km^2 y su pendiente es de 1/10-1/50. El material del lecho del río es áspero, con un diámetro promedio de 40 mm.

(6) Quebrada El Sapo

Está ubicado en las colinas al oeste de la ciudad de Tegucigalpa. La pendiente del río es muy inclinada, de unos 1/15. Su área colectora es de unos 3 km^2 . Su vía de agua es un canal de hormigón artificial con un ancho de 5m y profundidad de 3m. Su desembocadura está en C51 de la sección del río Choluteca (El número se refiere al levantamiento del río). El canal está conectado por un tubo de desagüe con un diámetro de unos 3m, 600m de largo con una pendiente de 1/80. Durante el Huracán Mitch, la desembocadura se llenó de sedimentos del río Choluteca y se produjo una inundación cerca de la entrada del tubo de desagüe.

(7) Quebrada El Cacao

Está ubicado río abajo del Puente Chile en C39, en el área de colinas al oeste de la ciudad de Tegucigalpa. Su pendiente es de unos 1/8 y el área colectora es de unos 3 km^2 . La vía de agua se compone principalmente de paredes de hormigón artificial con grava natural y un lecho de cantos rodados. El ancho del canal es de unos 8m y la profundidad de 2m. El canal cambia su curso al norte perpendicularmente cerca del río Choluteca. La alineación de canal produce una disminución repentina de la velocidad de flujo y sedimentos depositados en el área.

(8) Quebrada El Bambú

Está ubicado en el río Chiquito 2km río arriba de la confluencia con el río Choluteca. Su área colectora es de unos 0.3 km². Se conecta al río Chiquito con un tubo de desagüe con un diámetro de 1m. La longitud del tubo de desagüe es de 400m.

(9) Laguna del Pescado

Es un lago pequeño de unos 150,000 m² ubicado en la Quebrada La Laguna (uno de los afluentes del río Grande) unos 1.3 km río arriba de la confluencia con el río Grande. La Laguna del Pescado se formó por un deslizamiento de tierra que detuvo el flujo del río. Se formó un dique natural con una altura de unos 4.5m. Durante el Huracán Mitch, el nivel del agua del lago subió unos 3.5m más. El máximo nivel del agua en ese momento fue de unos 8 m más alto que el nivel actual. El dique se rompió con la inundación. La rotura del dique y el flujo violento resultante produjeron un daño por inundación río abajo.

El área de la laguna disminuyó de 0.15km² a 0.07km² después del Huracán Mitch, encogiéndose a la mitad de su tamaño anterior. Se produjo un flujo río abajo con un volumen de más de 1.5 millones m³ en una hora. Se estima que la descarga máxima fue de 1,000 m³/s.

2.3 LEVANTAMIENTO DEL RÍO

(1) Levantamiento del Río

Se realizó el siguiente levantamiento del río para entender las características del río existente.

Los trabajos ejecutados en los ríos objeto son las siguientes:

- Reconocimiento de control horizontal y vertical: 590 puntos
- Reconocimiento transversal: 295 secciones
- Dibujos de corte transversal: 295 secciones
- Dibujos de perfiles longitudinales: 30,962 km

Los trabajos de reconocimiento transversal ejecutados en los ríos objeto son los siguientes:

Tabla F.2.3 Trabajos del Levantamiento del Río

Ríos objeto	No. de secciones	Largo de perfiles	Intervalo de sección
1) Río Choluteca	202	20,875 km	Aprox. 100 m
2) Río Guacerique	11	1,061 km	Aprox. 100 m
3) Río Chiquita	51	5,924 km	Aprox. 100 m
4) Quebrada El Sapo	31	3,102 km	Aprox. 100 m
Total:	295	30,962 km	

Los números de punto del reconocimiento transversal en el río Choluteca aparecen en la *Figura F.2.2*.

(2) Capacidad Actual del Río Choluteca en el Area del Estudio

1) Capacidad del Río

La *Figura F.2.3* muestra el ancho del río actual obtenido en el levantamiento del río mencionado arriba. Muestra que a 4.8 km y 4.9 km del punto A, el ancho del río es muy pequeño comparado con las otras partes del río. Estos dos puntos corresponden al curso del río cerca del deslizamiento de tierra Berrinche donde la masa deslizada penetra en el curso del río, reduciendo el ancho.

La *Figura F.2.4* muestra el perfil del río actual. Muestra que el río original tiene un perfil relativamente uniforme con una pendiente de 1/190 a 1/250.

La *Figura F.2.5* muestra la capacidad de descarga de cada sección del río calculada por un modelo de flujo no uniforme. La capacidad del río es comparativamente pequeña entre 3 y 10 km del punto A. La capacidad de descarga de 0-2km es de unos 2000m³/s. La capacidad de 2-5km es de 500-1500 m³/s. Pero es 200-300 m³/s en el lugar de Berrinche. La capacidad de 5-10km es de unos 500-700 m³/s, mientras que la de 10-20km es 400 m³/s.

Comparado con la *Figura F.2.3*, se ve claramente que la capacidad del río es pequeña debido al ancho angosto del canal y debido a los sedimentos en el río, excepto en Berrinche. Por lo tanto, las dos principales causas de reducción de la capacidad del canal son el canal angosto en Berrinche (en C47-C50) y los sedimentos entre C27 y C93.

2.4 ESCORRENTIA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL AREA DEL ESTUDIO

(1) Reconocimiento del Material del Lecho del Río

Un reconocimiento del material del río se realizó en intervalos de 1km en el río Choluteca y el río Chiquito, 12 lugares del río Choluteca y 3 lugares del río Chiquito. Un detalle del reconocimiento del material del lecho del río se describe en el Informe de Apoyo D. De acuerdo con el resultado del reconocimiento, los materiales del lecho de los ríos Choluteca y Chiquito son ásperos, el d_{60} es 30 mm y 40 mm respectivamente en los ríos Choluteca y Chiquito. Por lo tanto, los ríos Choluteca y Chiquito tienen capacidad de lavar los sedimentos finos de menos de 30-40 mm.

(2) Erosión en la Cuenca

1) Rendimiento de Sedimentos

De acuerdo con el reconocimiento del lugar e interpretación de los mapas topográficos y aerofotografías, caída en gran escala de pendientes de montaña no se encuentra en la cuenca superior del río Choluteca. En consecuencia los datos de 26 años de sedimentos de la represa Los Laureles de SANNA, indican depósitos de sedimentos de 3,000,000m³ en la represa. El área colectora de la represa Los Laureles es de 195km². Basado en esos datos, los rendimientos de sedimentos del río Guacerique son de unos 0.6mm/año. Las características del suelo, detalles de pendiente, intensidad de lluvias y detalles de erosión de cada cuenca se estudiaron en el Informe de Apoyo I. Se estimaron los rendimientos de sedimentos de las otras áreas colectoras. De acuerdo con el estudio, rendimiento de sedimentos en toda el área del estudio es de unos 0.4mm/años. Por lo tanto, la escorrentía de sedimentos es comparativamente pequeña en el área del estudio.

2) Plan de Control de Erosión

De acuerdo con la observación de campo y el estudio de aerofotografías, se están desarrollando viviendas en gran escala especialmente en la cuenca del río Chiquito, donde no hay plan de desarrollo de recursos de agua y no se diseñó una cuenca de conservación de recursos de agua.

Para el control de erosión en la cuenca, se planeó un programa de reforestación y estructuras de control de erosión de microescala en el Informe de Apoyo I. Se planean represas de albañil seco para retención de la sedimentación y formación de terrazas naturales con barreras vivas.

(3) Transporte de Sedimentos en el Curso del Río

1) Investigación de Sedimentos

Se realizó un reconocimiento transversal del río a intervalos de 100m en la longitud de 20km en el estudio (Informe de Apoyo A). Se preparó un mapa de la topografía del río antes del Huracán Mitch, con una escala de 1/5,000 mediante fotos aéreas en 1996. Basado en el mapa topográfico, se estimaron las secciones transversales del río en 1996. Comparando estas transversales en 1996 y 2001, se estimó el volumen de sedimentos en el río. Ese volumen estimado es de unos 1,100,000m³. La mayoría del volumen de sedimentos se depositó río abajo (C0-C21) y en Berrinche (C40-C50).

2) Análisis de Variaciones del Lecho del Río

Durante el Huracán Mitch, el deslizamiento de tierra de Berrinche detuvo el flujo del río Choluteca. El río arriba de Berrinche pasó a ser una represa. Por lo tanto, el limo, arena y grava se depositaron en el río. En los 20km, el volumen total de depósitos es de unos 1,100,000m³. A 0-2km del punto A; se depositaron 660,000m³, a 2-4km; 45,000 m³, a 4-6km; 100,000m³, a 6-8km; 140,000m³, a 8-10km; 50,000m³, a 10-12km; 5,000m³, a 12-14km; 60,000m³, a 14-16km; 17,000m³, a 16-18km; 23,000m³. A 0-10km 1,000,000m³ que es un 90% del total y a 10-20km 100,000m³ que es un 10% del total se depositaron respectivamente. El lecho del río subió 4-5m río abajo (C0-C21) y 2-3m en Berrinche (C40-C50).

3) Análisis de Transporte de Sedimentos

Antes del Huracán Mitch, el diámetro promedio del material del lecho del río era de 30mm y el lecho del río parecía ser estable. La inundación máxima anual del río Choluteca es de unos 1,000m³/s. Se estima una descarga anual de sedimentos de 10,000m³ según el análisis de transporte de sedimentos.

4) Plan de Control de Sedimentos

La carga de sedimentos río arriba en los ríos Grande, San José, Guacerique y Chiquito es relativamente pequeña. Se produce una inundación de más de 1,000m³/s menos de una vez al año. Como se han depositado sedimentos de 1,100,000m³ en el área objeto del río Choluteca, serán necesarios 100 años para transportar los materiales depositados. Las condiciones de río existentes son muy peligrosas en caso de inundación. Por lo tanto, es necesario excavar el lecho del río lo antes posible.

Se calculó la capacidad de transporte de sedimentos en el río tomando la configuración actual y planeada para el río. Se evaluó la capacidad del transporte de sedimentos con una descarga anual máxima de 1,000 m³/s y el modelo de sedimentos con diámetro de d₆₀=30 mm.

El resultado del cálculo aparece en la *Figura F.2.6*. Indica que en el río actual, la capacidad de transporte de sedimentos es baja río arriba en el área de Berrinche. Por otro lado, en el perfil de río planeado, la capacidad de transporte de sedimentos es uniforme en el río. Por lo tanto, la mejora en la capacidad del río mejora también la capacidad de transporte de sedimentos del río.

Se estudiaron las variaciones en el lecho del río utilizando el modelo de sedimentos. Se utilizó la descarga máxima anual de 100 años contra el río planeado. El resultado aparece en la *Figura F.2.7*. Muestra que la subida y bajada del lecho del río por el transporte de

sedimentos está dentro de la gama de 1 a 2 metros en 100 años. Esto significa que el perfil planeado del río se mantiene sin excavación artificial periódica.

3. INUNDACIÓN DEL RÍO DURANTE EL HURACÁN MITCH

3.1 LEVANTAMIENTO DE MARCA DE AGUA ALTA

Se levantaron las marcas de agua alta del Huracán Mitch. Se realizó el levantamiento en puntos de secciones transversales del río. El intervalo del levantamiento es cada 100 m y se levantaron las marcas de agua alta también en cada encrucijada de Comayagüela donde se inundó una gran área.

Se hizo el levantamiento mediante entrevistas con los residentes que sufrieron el Huracán Mitch. Se calcularon las alturas de las marcas de agua alta de los puntos conocidos mediante un levantamiento del río.

El resultado del levantamiento de marcas de agua alta aparece en la *Tabla F.3.1* y en la *Figura F.3.1*.

3.2 FENÓMENO DE INUNDACIÓN

La USGS realizó un reconocimiento preliminar de condiciones y daños por inundación después del Huracán Mitch en 1998. La secuencia de daños de inundación reconocida por ésta fue la siguiente:

Tabla F.3.1 Condición y Daños por Inundación durante el Huracán Mitch

Fecha	Hora	Condición y daños
Octubre 30	22:45	Se sobrellenó el rebalse de la represa Los Laureles
Octubre 30	23:00	Se produjo un colapso de la Laguna del Pescado
Octubre 30	22:00 – 24:00	Se produjo gran erosión y deslizamiento de tierra en el puente El Country
Octubre 30 - 31	23:00 – 6:00	Sobrellenado de la represa Concepción en el pico
Octubre 30	24:00	Río Chiquito en el pico
Octubre 30 - 31	24:00 – 1:00	Hubo deslizamientos de tierra en muchos lugares
Octubre 31	1:00	El flujo en el puente Chile estaba en su pico
Octubre 31	Mañana	Se produjo un deslizamiento de tierra en Berrinche

Fuente : “Reconocimiento de respuesta al Huracán en Honduras en 1998” por USGS

Se informó que se produjo un colapso del dique natural en la Laguna del Pescado durante el Huracán Mitch en octubre 30, 1998 a las 22:00-23:00.

El hidrográfico río arriba tuvo 2 picos en octubre, 30 – 31, 1998, el pico más alto fue a las 23:00 de octubre 30, mientras que río abajo hubo un solo pico a las 2:00 de octubre 31. Esto puede interpretarse como que el impacto de rotura del río sólo influyó río arriba antes de la confluencia con la cuenca del río San José.

3.3 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

El análisis de frecuencia de inundación detallado se describió en el Informe de Apoyo C. De acuerdo con el estudio, la relación de la escorrentía en el Punto A y su período de retorno aparecen en la siguiente tabla.

Tabla F.3.2 Escorrentia en la Cuenca del Río Choluteca (en el punto A)

Período de retorno (Año)	Escorrentía (m ³ /s)
5	1,508
10	1,867
25	2,328
50	2,673
Mitch (500)	3,954

4. MITIGACIÓN DE DAÑOS POR INUNDACIÓN (MEDIDAS ESTRUCTURALES)

4.1 GENERALIDADES

Para entender las características del río se realizó un levantamiento del río en profundidad. Se estudió el ancho, perfil y capacidad actual de cada sección del río en una longitud de 30km incluyendo los ríos Choluteca, Guacerique y Chiquito, y la quebrada El Sapo.

De acuerdo con el Informe de Apoyo C, el análisis de configuración del río y simulación con un modelo hidráulico permite aclarar el mecanismo de inundación de la ciudad de Tegucigalpa.

Después de entender el mecanismo de inundación se hizo un estudio alternativo para seleccionar una inundación de diseño apropiado. Se seleccionó un diseño de inundación que tuviera en cuenta las restricciones de compra de tierras y reasentamiento por causa de los trabajos de mejora del río. Se planearon los trabajos de mejora del río para diseñar una inundación en un curso de río seguro.

En el Informe de Apoyo C, se calculó la escorrentía en las sub-cuencas y el resultado se indica en la siguiente tabla.

Tabla F.4.1 Máxima Descarga en las Sub-cuencas

Cuenca	Area de dragado (km ²)		Máxima descarga (m ³ /s)				
	Cada	Acumulado	5 años	10 años	25 años	50 años	Mitch
Grande	258.18	258.18	475.03	588.08	733.27	842.00	1,245.46
San José	168.50	426.68	310.03	383.81	478.57	549.53	812.85
Guacerique	244.16	670.84	449.24	556.15	693.45	796.27	1,177.83
Chiquito	90.42	761.26	166.37	205.97	256.82	294.90	436.20
Sapo	2.97	764.23	5.47	6.77	8.45	9.70	14.35
Restante	55.42	819.65	101.97	126.23	157.40	180.74	267.34
Choluteca (Tegucigalpa)		819.65	1,508.11	1,867.02	2,327.96	2,673.14	3,954.04

4.2 ESTUDIO ALTERNATIVO DE INSTALACIONES DE CONTROL DE INUNDACIÓN

(1) Se Consideraron las Instalaciones de Control de Inundación

Para el control de inundación se tuvieron en cuenta no sólo la mejora del curso del río sino la estructura de almacenamiento de agua de inundación.

1) Lago de Retardo

De acuerdo con los resultados del levantamiento del río y de la inundación del Huracán Mitch, no hay suficiente espacio abierto en el río para almacenar la inundación en un lago

de retardo. Por lo tanto, se abandonó la idea de un lago de retardo como alternativa viable.

2) Represa

Para el almacenamiento de la inundación río arriba, se estudió la represa Sabacuante. En el estudio del Sistema de Abastecimiento de Agua del área urbana de Tegucigalpa por JICA en el 2001, se estudió la represa como represa de propósito único para el abastecimiento de agua. No se adoptó en el plan maestro de abastecimiento de agua pero en el curso del estudio se mencionó la idea de un proyecto multipropósito. Por lo tanto, dentro este Estudio se hizo un estudio preliminar del Sabacuante como represa multipropósito (Consulte la *Figura F.4.1*)

La represa Sabacuante planeada es el siguiente;

Area colectora;	80 km ²
Capacidad de almacenamiento bruto;	36,700,000 m ³
Capacidad de almacenamiento efectivo;	24,000,000 m ³
Capacidad de almacenamiento de control de inundación;	12,00,000 m ³
Capacidad de almacenamiento de abastecimiento de agua;	12,000,000 m ³
Reducción de descarga pico de inundación;	411m ³ /s a 75m ³ /s (período de retorno de 15 años)
Costo de construcción;	US\$34,500,000
Costo asignado para el control de inundación;	US\$17,250,000

El efecto de la represa es reducir la descarga pico en una cantidad de 336 m³/s. El costo de la represa para el control de inundación es mucho mayor que el incremento de costo aumentando la capacidad del río mediante excavación. La reducción del costo total mediante la reducción de la descarga pico en 336 m³/s se estima en US\$500,000.

3) Mejora de la Salida de la Laguna del Pescado

De acuerdo con la simulación hidráulica, el efecto de la rotura del dique natural en la salida de la Laguna del Pescado es importante río arriba. Se estudió el tratamiento de la salida y se encontró que el trabajo civil para prevenir la repetición de rotura de dique no es tan difícil. Por lo tanto, se planeó estabilizar la salida de la laguna para eliminar la inundación provocada por rotura del dique natural.

(2) Conclusión

Basado en el estudio de arriba, se seleccionaron la mejora del río y estabilización de la salida de la Laguna del Pescado con respecto a las instalaciones de control de inundación.

4.3 ESTUDIO ALTERNATIVO DE INUNDACIÓN DE DISEÑO

(1) Descargas de Inundación de Diseño Alternativo

Se hizo un estudio alternativo del plan de control de inundación. Se generaron cinco alternativas de inundación de diseño con diferentes valores pico y se planearon planes de mejora del río correspondientes para la descarga pico.

Se hicieron planes de mejora del río de acuerdo con los métodos de excavación del río, ampliación del ancho del canal, construcción de parapetos y de muros de contención. También

la compra de tierra necesaria se estudió y comparó para cada alternativa.

La descarga pico de la inundación durante el Huracán Mitch en el punto A (el extremo río abajo del área del estudio) es de 4,000 m³/s de acuerdo con la simulación de escorrentía. Y se sabe que el período de retorno de lluvias de dos días del Huracán Mitch es de aproximadamente 500 años.

Por otro lado, la capacidad del banco lleno del río Choluteca en el punto A es de 2,000 - 3,000 m³/s. Considerando el área levantada a lo largo del río Choluteca en el Centro y en el área de Comayagüela, es difícil ampliar el ancho del río en esa parte.

Como descarga de inundación pico se seleccionaron cinco alternativas 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 m³/s para el estudio.

Las distribuciones de inundación de diseño se prepararon para cada alternativa, basadas en la proporción de la simulación de escorrentía. La *Figura F.4.2* muestra la distribución de cada inundación de diseño.

(2) Perfil de Diseño del Río Choluteca

El perfil longitudinal del río Choluteca fue diseñado de acuerdo con el perfil de río existente. Las pendientes del lecho de río planeado son de 1/200, 1/250, 1/190 a 2.7-5.1km, 5.1-11.4km, 11.4-15.5km respectivamente. El perfil de diseño aparece en la *Figura F.4.3*.

(3) Secciones Transversales de Diseño del Río Choluteca

Las secciones transversales de diseño se planearon para aceptar cada inundación pico de diseño (1,000 – 3,000 m³/s) teniendo en cuenta el perfil de diseño ajustado arriba y las secciones transversales de diseño para cada descarga de inundación pico de diseño. El ancho de los canales para cada caso es el siguiente. (Consulte la *Figura F.4.4*)

Tabla F.4.2 Ancho de Canales

Sección	C27-C51	C51-C56	C56-C67	C67-C93
Descarga (m ³ /s)	Ancho de canal (m)			
1,000	35	36	32	24
1,500	48	49	45	32
2,000	61	63	56	39
2,500	73	76	68	47
3,000	86	89	80	54

(4) Alineación Planeada del Río Choluteca

La alineación de diseño del río Choluteca sigue la alineación existente del río, excepto el curso del río adyacente al deslizamiento de tierra de Berrinche donde el ancho del río es muy angosto y la capacidad del canal es muy pequeña. El curso del río se planeó para desplazarse a la derecha fijando la periferia izquierda del río para no afectar la gran masa del deslizamiento de tierra de Berrinche. (Consulte la *Figura F.4.5* y la *Figura F.4.6*)

(5) Selección de la Descarga de la Inundación de Diseño

Se compararon cinco alternativas en términos de período de retorno, cantidad de trabajos civiles y compra de terrenos. La *Tabla F.4.3* muestra la comparación de cada alternativa.

Considerando la importancia de la ciudad de Tegucigalpa como capital de Honduras, un período

de retorno de 1 año o de 5 años es demasiado pequeño. El período de retorno de 15 años también es comparativamente pequeño. El período de retorno de 35 años o de 80 años es el adecuado.

La cantidad excavada en el lecho del río es proporcional a la cantidad de descarga pico y el costo del proyecto es también proporcional a la descarga pico.

Como el río angosto en Berrinche es la sección de control del flujo del río, es necesario ampliar esa parte específica para que pase la descarga pico de forma segura. La ampliación del curso del río es limitada por la posición de la masa de deslizamiento de tierra de Berrinche. El río debe ampliarse en el sentido del lado oriental. Sin embargo existe un área levantada en el lado oriental del río y es necesario comprar nuevos terrenos para un nuevo curso del río. El Huracán Mitch y el deslizamiento de tierra de Berrinche provocaron grandes daños en el área. Después del Huracán Mitch, el Departamento de Planeamiento de la ciudad de Tegucigalpa preparó un reglamento indicando que la parte dañada del terreno va a comprarse como área del río. Por lo tanto, es relativamente fácil utilizar esa área para el nuevo curso del río, mientras es difícil comprar terrenos adicionales considerando estructuras existentes tales como una iglesia, una escuela y una comisaría de policía.

Este problema se discutió con AMDC, que está a cargo del planeamiento urbano y se concluyó que la alternativa 4 y 5, con descargas pico de 2,500 m³/s y 3,000 m³/s respectivamente son difíciles en el término de compra de terrenos. Por lo tanto se seleccionó la alternativa 3 con una descarga pico de 2,000 m³/s en el plan maestro de control de inundación. El correspondiente período de retorno es de 15 años.

Tabla F.4.3 Comparación de Descarga de Inundación de Diseño de Alternativa

No	Q (m ³ /s)	Período de retorno (año)	Excavación (m ³)	Compra de terrenos	Evaluación general
1	1,000	1	320,000	Listo	Malo
2	1,500	5	520,000	Listo	Malo
3	2,000	15	750,000	Listo	Bueno
4	2,500	35	920,000	Difícil	Regular
5	3,000	80	1,420,000	Difícil	Regular

(6) Instalaciones de Río Planeadas por otros Donantes

Las instalaciones planeadas en el curso del río por otros donantes son los siguientes.

1) Plan de Nuevo Puente entre el Puente Mallol y el Puente Juan Ramón Morina

Se hizo un plan para la construcción de un nuevo puente entre el puente Mallol y el puente Juan Ramón Morina con fondos del gobierno sueco. El puente planeado es de 5 arco con una longitud de 150 m y una pendiente de 5.5 %. El puente une entre el área urbana de Comayagüela, que está tres manzanas río arriba del puente Mallol y la Calle Coheles. Las vigas de PC en el fondo del puente están más arriba que el nivel de agua alta de diseño. Las bases de estribo y pilas están por debajo de la elevación del lecho de río planeada. Por lo tanto, este proyecto no tiene efectos adversos contra el plan de mejora del río del Estudio. (Consulte la *Figura F.4.7*)

2) Plan de Nueva Terminal de Autobuses

AMDC tiene un plan para construir una nueva terminal de autobuses. La terminal de

autobuses se planea en el lado izquierdo del curso de río existente del río Choluteca entre el puente Mallol y el puente Carias. La elevación de la terminal de autobuses es de 918 m, que es menor que el nivel de agua de diseño en ese punto que es de 920 m. El ancho de la terminal de autobuses es de 40 m.

La terminal de autobuses interfiere con la alineación de río propuesta y provoca un nivel de agua más alto de 0.3 m en el puente Mallol en el caso de la descarga de diseño de 2,000 m³/s. (Consulte la *Figura F.4.7*)

3) “Rehabilitación del Río Choluteca, Carretera y Proyecto de Eje Urbano”

El estudio para el proyecto de “Rehabilitación del río Choluteca, carretera y proyecto de eje urbano” se hizo con fondos del gobierno canadiense. Sin embargo no hay un plan de fondos para su ejecución.

4.4 PROYECTOS DEL PLAN MAESTRO

(1) Generalidades

El principal plan de mejora del río Choluteca se compone de los siguientes ítems;

Excavación del lecho del río	L= 7 km, V=800,000 m ³	(C27 - C93)
Ancho del río	L= 200m	(C48 - C50)
Construcción del muro de retención	L= 8km	(C32 - C78, C93 - C99, C150)
Construcción del dique	L= 4km	(C57 - C78, C93 - C99)
Reconstrucción del puente	1 puente	(puente Mallol)

(Consulte la *Figura F.4.8*)

(2) Excavación del Lecho del Río

Se planeó la excavación para obtener la sección transversal de río requerida y perfil de río requerido. Sin embargo, la sección río abajo entre los números de secciones transversales C0 y C27 (unos 3 km) fue eliminada de esta operación, porque no hay casas ni tierra agrícola a proteger en el área.

De esta forma, se planea la excavación del lecho del río entre los números de secciones transversales C27 y C93. La longitud total del río para la operación es de unos 7 km y el volumen de excavación total es de 750,000 m³, entre los cuales 40,000 m³ son excavación en roca.

El material excavado, se planeó llevarlo río abajo para llenar el río Choluteca. En ese lugar, el río tiene un valle ancho y la pila de tierra no producirá efectos adversos en la inundación río arriba. (Consulte la *Figura F.4.9*)

(3) Ampliación del Ancho del Río en Berrinche

El único lugar donde es necesario ampliar el ancho del río es cerca del deslizamiento de tierra de Berrinche. El ancho necesario para la inundación de diseño es de 60 metros. El ancho del canal existente es de sólo 20m. Por lo tanto es necesario ampliar 40 metros adicionales.

Es necesario proteger el lado izquierdo del río contra el deslizamiento de tierra de Berrinche. En este proyecto de plan maestro, se planearon estructuras para evitar la desestabilización del banco izquierdo del río Choluteca durante la operación de excavación de canal. La sección transversal planeada en Berrinche aparece en la *Figura F.4.10*.

El lado derecho del río, se planea protegerlo con una pared vertical con anclajes de tierra para reducir la cantidad de terrenos comprados.

Según el Informe de Apoyo G, hay pequeños deslizamientos de tierra en el banco izquierdo del río Choluteca. Como estos deslizamientos de tierra pueden producirse repetidamente, es necesario tomar medidas en el banco para estabilizar el lecho del río y evitar la erosión de las áreas de colinas de Berrinche. Las medidas se describen en 4.5 de este Apoyo F.

(4) Muro de Contención

El muro de contención a lo largo del río es necesario para estabilizar el banco contra erosión y deslizamiento donde hay edificios cerca del río. Se planea la estructura del muro de contención de mortero y piedra ya que es lo más común en Tegucigalpa. La altura de la estructura es de unos 8m. La longitud total de la estructura a lo largo del río es de 8 km. Las ubicaciones de los muros de contención aparecen en las Figuras F.4.9.

(5) Dique

De acuerdo con la simulación hidráulica, hay algunas áreas a lo largo del río donde la elevación del terreno es baja y es necesario proteger el área con la construcción de diques. La estructura de dique propuesta es de paredes de parapeto de hormigón (1-2m de alto) a lo largo del río en una longitud de 4 km. Las ubicaciones de dique aparecen en las Figuras F.4.9.

(6) Estudio Alternativo del Puente Mallol y Area de Comayagüela

Hay puentes Chile, Carias, Soberanía, Mallol, Molina, Padilla, José, Brisas, San José, Satélite, Loarque y Germania en el área de estudio del río Choluteca.

En estos puentes, el área de flujo en el puente Mallol no es suficiente contra inundaciones de 15 años (descarga planeada de 2,000 m³/seg). El puente Mallol obstaculiza el flujo de la inundación debido a su estructura voluminosa. Se planeó la reconstrucción del puente Mallol para que el flujo de la inundación sea más fluida. Para los otros puentes, las capacidades de descarga son suficientes.

Se realizaron los siguientes tres estudios alternativos.

- Reconstrucción del puente
- Construcción del dique
- Pronóstico/advertencia/evacuación(medidas no estructurales)

En las tres alternativas se consideraron los efectos contra inundación, paisaje y economía.

Tabla F.4.4 Estudio Alternativo del Puente Mallol

Alternativa	Contra inundación	Paisaje	Economía	Evaluación
Reconstrucción del puente Mallol	O	O	X	O
Construcción de dique	O	X	X	X
Pronóstico/advertencia/evacuación	X	O	O	X

O : adecuado
X: inadecuado

El nuevo puente planeado es de tipo arco y tiene 4 pilas como el puente Carias. El actual área

de flujo del puente Mallol es de sólo unos 300m², y el área de flujo planeado es de 480 m².

Si no se hace la reconstrucción de este puente, es necesario en su lugar un dique de 2 m de alto y 1 km de largo río arriba. (Consulte la *Figura F.4.11*)

Esta idea se discutió en la reunión con la contraparte y en el Comité Directorio del Estudio y de las tres alternativas se seleccionó la reconstrucción del puente Mallol como parte del Plan Maestro. Como hay distintas opiniones sobre el tipo del nuevo puente, estudios y discusiones adicionales deben hacerse en la etapa del estudio de factibilidad de la estructura en el futuro.

Se concluyó que son necesarios estudios alternativos adicionales después de tener en cuenta la opinión del Instituto Hondureño de Antropología e Historia.

El puente existente y el nuevo puente propuesto aparecen en la *Figura F.4.12*.

(7) Terminal de Autobuses

AMDC planea la terminal de autobuses en el lado izquierdo del río Choluteca entre los puentes Mallol y Carlias. El impacto de este terminal se investigó en el Informe de Apoyo C.

La dimensión de la terminal de autobuses es la siguiente:

altura superior de la terminal	=	EL 918 m
Ancho de la terminal del banco izquierdo	=	40 m

La terminal de autobuses hace que el nivel del agua suba ligeramente río arriba. El aumento máximo del nivel del agua es de unos 0.3 – 0.4 m. (Consulte la *Figura F.4.13*)

(8) Retirado de los Tubos del Abastecimiento de Agua y de Alcantarillado

Los tubos de abastecimiento de agua cruzan el río, tal como aparece en la *Figura F.4.14*. La elevación de estos tubos es mayor que la elevación planeada del lecho del río. Por lo tanto, es necesario retirar estos tubos (total 1,200m) para el lecho de río planeado. Los tubos de alcantarillado están instalados a lo largo del río Choluteca. Hay tubos de alcantarillado en el área de excavación del Plan Maestro. Pero algunos tubos no se están utilizando. No es segura la elevación de estos tubos. Por lo tanto, se tiene planeado el retirado de los tubos de alcantarillado de unos 1,100m (20 % de la longitud total de los tubos de alcantarillado en la sección C27-C93) en el proyecto del Plan Maestro.

(9) Condición del Banco Derecho de C60-C65

La condición del banco derecho de C60-C65 tiene una pendiente fuerte y la condición geológica puede hacer frente a las inundaciones. Hay una capa de roca en la parte de excavación planeada. Por lo tanto, no es necesario el muro de contención en el banco derecho entre C60-C65.

(10) Profundidad de la Base de los Puentes

Hay puentes Chile, Carias, Soberanía, Mallol, Molina, Padilla, José y Brisas en la sección de mejora del río. En estos puentes, las profundidades de base de los nuevos puentes Chile y Molina son más profundas que el lecho de río planeado. SOPTRAVI reconoció las profundidades de base de los puentes Carias, Soberanía y Mallol. Las bases de estos puentes están en la roca y son más profundas que el lecho del río planeado. Las profundidades de base de otros puentes no incluidos en los proyectos prioritarios pero incluidos en el Plan Maestro no se han definido todavía.

(11) Vaciadero

El volumen de excavación del río es de unos 700,000m³. El vaciadero planeado está en C0-C15, de unos 200,000m². La pared de gaviones de 3m de altura rodea el banco. La capacidad del vaciadero es de 1,000,000m³. Hay muchas granjas de pollos a lo largo del río. Esas granjas de pollos están en lugares altos. Pero en el caso de inundaciones del nivel del Huracán Mitch, algunas granjas de pollos se inundan. Por lo tanto es necesario un parapeto (largo de 300m) alrededor de las granjas de pollos. También es necesario un muro de contención (largo de 400m) alrededor de las granjas de pollos. Se crea un camino de acceso en el río. (Consulte la *Figura F.4.15*)

(12) Puente Loarque

El área de flujo en el puente Loarque es resistente contra una inundación de 15 años (descarga planeada de 630m³/s). La mínima elevación de la viga del puente es mayor que el nivel de agua alta planeada. Pero la condición del flujo no es buena. Por lo tanto es necesario un muro de encauzamiento de 20m para suavizar el flujo río arriba del puente. (Consulte la *Figura F.4.16*)

(13) Plan de Mejora de Afluentes del Río

1) Quebrada El Sapo

La quebrada El Sapo es un pequeño afluente que fluye al río Choluteca en el banco izquierdo de C50. El área colectora es de unos 3 km². La capacidad de descarga de la parte de desagüe es de 15m³/s, el período de retorno es de unos 50 años y su capacidad es suficiente para descargar la inundación de diseño.

Por lo tanto, la excavación del río Choluteca y la exposición completa de la salida recuperará la capacidad de flujo de la quebrada El Sapo y resolverá los problema de inundación a lo largo del río. Sin embargo, es necesario evitar la obstrucción de la entrada del desagüe con basura y es necesario educar la gente y crear la conciencia de la gente a lo largo del río para mantener el curso del río.

2) Quebrada El Cacao

Se propuso una mejora de la alineación del río para reducir la inundación y daños por arrastre de escombros de la quebrada El Cacao. La fuente de escombros en el río es una gran masa de deslizamiento de tierra y no es posible detener estos deslizamientos. Por lo tanto, se propusieron medidas no estructurales (reasantamientos).

3) Laguna del Pescado

La geología alrededor de la salida de la laguna se compone de lava de ignimbritas y toba volcánica. Aunque la roca en el banco derecho parece una formación de roca básica, es un gran pedazo de roca que se deslizó gradualmente desde arriba de la pendiente durante un largo período de varias decenas de miles de años. Probablemente, la gran roca parece ser estable en el corto plazo. Sin embargo, la gran cantidad de cantos rodados acumulados alrededores de la roca sugiere un deterioro en el largo plazo.

En el banco izquierdo, la lava de ignimbritas se distribuye a lo largo del relieve y depósitos de cantos rodados en el lado de río abajo. El material de cantos rodados parece incluir el material del banco derecho además del material de cantos rodados del banco izquierdo. Esta observación sugiere que la salida ha estado expuesta a frecuentes bloqueos por caída del banco derecho.

Se planea mejorar la salida de la Laguna del Pescado para evitar deslizamientos de tierra adicionales y evitar que se llene la salida y una rotura del dique natural. La mejora de la salida aparece en la *Figura F.4.17*. Se necesita investigación periódica de la deformación del talud en el banco derecho.

4) Quebrada El Bambú

Está ubicado en la cuenca del río Chiquito. Su área colectora es de unos 0.3 km². Se conecta al río Chiquito por un desagüe con un diámetro de unos 1m. La longitud del tubo de desagüe es de 400m. La capacidad de descarga de la parte de desagüe es de 1.5m³/s, que es una inundación de unos 50 años.

Por lo tanto, la excavación del río Chiquito y la exposición completa de la salida recuperará la capacidad de flujo de la quebrada El Bambú. Sin embargo, es necesario evitar la obstrucción de la entrada del desagüe con basura y es necesario educar a la gente y crear la conciencia de los pobladores en la costa del río para preservar el curso del río.

4.5 PROYECTOS PRIORITARIOS

(1) Generalidades

La selección de proyectos prioritarios se hizo basada en criterios prefijados (importancia, urgencia, consecuencias inmediatas y economía) y en la discusión entre los miembros del equipo de contraparte y del Comité Directorio del Estudio del lado hondureño.

Como resultado, se seleccionó una parte de las medidas estructurales de control de inundación y una parte de las medidas no estructurales como proyectos prioritarios. La *Figura F.4.18* muestra el mapa de ubicación de proyectos prioritarios (medidas estructurales) propuestos.

(2) Medidas Estructurales de Control de Inundación

En términos de prevención de daños por inundación, las principales causas del problema es un cuello de botella del canal principal en el lugar de Berrinche y una gran cantidad de sedimentos producidos por el cuello de botella. Por lo tanto, la ampliación del río Choluteca adyacente al deslizamiento de tierra de Berrinche es el proyecto más importante. El siguiente proyecto importante es la eliminación de una gran cantidad de sedimentos depositados durante el Huracán Mitch con la construcción combinada de un muro de contención y dique. La reconstrucción del puente Mallol es menos importante en términos del efecto de la descarga del río. La mejora de la Laguna del Pescado también es importante considerando el gran impacto a la inundación río abajo.

El área a lo largo del río Choluteca inundada por la escala del Huracán Mitch se estudió en el caso con y sin proyecto de mejora del río. La *Figura F.4.19* muestra el área de inundación. Se considera que el proyecto de mejora del río entre C27 y C93 permitirá salvar una amplia zona de casas y construcciones con gran densidad de población. Por lo tanto, la mejora del río Choluteca, incluyendo la excavación del lecho del río entre C27 y C93 y la construcción de un muro de contención y dique entre C40 y C60, se eligió como proyecto prioritario. Gaviones zapata serán colocados temporalmente contra la erosión de banco en una parte de la construcción de muro de contención en el Plan Maestro, excluyendo la parte entre C40 y C60.

La eliminación de sedimentos en el río Choluteca afecta la capacidad de la quebrada El Sapo que provoca inundación en el área casi todas las estaciones de lluvias.

La reconstrucción del puente Mallol se excluye de los proyectos prioritarios porque es menos

importante y probablemente demorará mucho tiempo lograr la aprobación de los temas ambientales.

Por lo tanto, se seleccionaron los siguientes proyectos prioritarios para el Estudio de Factibilidad;

Mejora del río Choluteca

Ampliación del río en Berrinche	L=200 m
Una parte de la excavación del lecho del río	V=C27 - C93 800,000 m ³
Una parte de la construcción del muro de contención	L=C40 - C60
Una parte de la construcción del dique	L=C40 - C60

Otros proyectos

Mejora de la salida de la Laguna del Pescado

El mapa de ubicación del plan de mejoras del río Choluteca aparece en las Figuras F.4.20.

(3) Medidas no Estructurales

Las medidas no estructurales se componen de la administración de cuencas, reglamentación del uso del suelo, aplicación de código estructural, advertencia/evacuación, educación de la gente y establecimiento del sistema de administración de desastres. (Informe de Apoyo P y Q)

Las medidas no estructurales con consecuencias inmediatas son el pronóstico, advertencia y evacuación. La reglamentación del uso del suelo, aplicación de código estructural y administración de cuencas no da rápida solución a los problemas de inundación. Deben considerarse como soluciones de largo plazo. La advertencia/evacuación es uno de los proyectos más importantes ya que ayudan al mayor número de casas en peligro. También es un proyecto que da rápida solución a los problemas.

La reglamentación del uso del suelo, aplicación de código estructural y administración de cuencas es una solución de largo plazo de los problemas, aunque es un componente importante de las soluciones.

La educación es una parte urgente de la solución a iniciar lo antes posible. El sistema de administración de desastres es esencial para empezar y mantener todo el plan de prevención de desastres.

Por lo tanto, los siguientes proyectos se seleccionaron como proyectos prioritarios en las medidas no estructurales.

- Pronóstico/advertencia/evacuación
- Educación de la gente
- Establecimiento del sistema de administración de desastres

(4) Estudio Alternativo de la Ampliación del Río cerca del Deslizamiento de Tierra de Berrinche

De acuerdo con el Informe de Apoyo G, hay un deslizamiento de tierra de pequeña escala a lo largo del banco izquierdo del río Choluteca. Como estos deslizamientos de tierra pueden ocurrir repetidamente, es necesario tomar medidas en el banco para estabilizar el lecho del río y evitar la erosión de las áreas de colinas de Berrinche.

El lugar del deslizamiento de tierra de Berrinche está en el lado izquierdo de C45-C50 en el cursos de mejora del río. Este lugar está en la punta del deslizamiento de tierra de gran escala y un muro de contención común (tipo albañil de piedra) no puede resistir la fuerza del deslizamiento de tierra. Se necesitan las estructuras especiales para contra la fuerza del deslizamiento de tierra. Esta sección se divide en tres partes basándose en la geología del área de deslizamiento de tierra. Estas secciones son C45-C47, C47-C49 y C49-C50. Las estructuras alternativas contra deslizamiento de tierra en las tres secciones son las siguientes.

Tabla F.4.5 Estructuras Alternativas en el Lugar de Deslizamiento de Tierra de Berrinche

Sección	Geología	Tipo de estructuras			
		Eje de hormigón reforzado	Pila de acero	Relleno de contrapeso	Anclaje de tierra
C45-C47 (150m)	Depósito de lecho de río, capa Chiquito y suelo deslizante	×	×	O	×
C47-C49 (250m)	Suelo y escombros deslizantes	O	×	×	×
C49-C50 (100m)	Suelo y grava deslizante	O	×	×	×

O : adecuado
 × : inadecuado

(Consulte la *Figura F. 4.21*)

Las pilas de acero(500mm, 18 m de largo/pieza)se han introducido 8 m en la capa de roca. Estos trabajos son muy difíciles y caros. El relleno de contrapeso es la solución más económica pero no se utiliza en C47-C50, por la falta de carga admisible de la base de la pared de retención para el relleno de contrapeso en ese lugar. No es posible utilizar el método de anclaje a tierra debido a que no puede asegurarse el intervalo de anclaje de 1.5 m al sitio de deslizamiento de Berrinche. Se determina el plano de deslizamiento y la profundidad de deslizamiento para estudiar las contramedidas contra deslizamiento basado en los datos del reconocimiento geológico de JICA. (Consulte el Informe de Apoyo G). La profundidad de un deslizamiento de pequeña escala es de unos 25m en C45-C47. El factor de seguridad del deslizamiento es de 1.0 en el caso sin relleno de contrapeso y más de 1,2 en el caso con relleno de contrapeso.

Las estructuras planeadas contra deslizamientos de tierra en tres secciones son las siguiente.

Tabla F.4.6 Estructuras Planeadas en el Lugar de Deslizamiento de Tierra de Berrinche

Sección	Tipo de trabajo y especificación	Cantidad	Ubicación
C45-C47 (150m)	Relleno de contrapeso con el dique de drenaje superficial	40,000 relleno de atrás	0-80m colina del muro de contención planeado
C47-C49 (250m)	Eje RC 4.0 m (16 m largo/pieza) (6 m en la roca) 32mm x 225 pzas de barras rc	36 pzas.	20-30m colina del muro de contención planeado
	Tubo de drenaje para bajada de aguas subterráneas 100mm (50 m largo/pieza/cada 7.5m)	36 pzas.	
C49-C50 (100m)	Eje RC 4.0 m (16 m largo/pieza) (6 m en la roca) 32mm x 225 pzas de barras rc	16 pzas.	20-30m colina del muro de contención planeado
	Tubo de drenaje para bajada de aguas subterráneas 100mm (50 m largo/pieza/cada 7.5m)	15 pzas.	

Se selecciona un eje RC con diámetro de 4.0m de los cinco diámetros de 2.5m, 3.0m, 3.5m, 4.0m y 4.5m, porque el eje con diámetro de 4.0m es común, económico y más fácil de construir que otros diámetros. Se determina la longitud del pilote RC suponiendo que el pilote es de tipo voladizo. Es necesario una longitud de 16m de los cuales 6 m deben estar clavados en la capa de roca. (Consulte la *Tabla F.4.7*)

Tabla F.4.7 Diámetro Alternativo del eje RC

Diámetro (m)	Costo	Construcción	Evaluación
2.5	×		×
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			

: muy bueno, : bueno, : regular, × : malo

Se planea el muro de contención común para evitar la erosión del banco izquierdo del río Choluteca y para estabilizar el lecho del río. El muro de contención es de tipo albañil de piedra, con una altura de 8m, ancho de la base de 5m y ancho de corona de 0.5m.

Se encuentra un sitio de ampliación del ancho del río a lo largo del banco derecho cuya longitud es de 120m. Esta elevación de banco es de 13m más alto que la elevación planeada del lecho del río. La escuela, iglesia y estación de policía están adyacentes al banco planeado. Los tipos de mampostería de piedra y pared de hormigón de voladizo destruyen las bases de esos edificios públicos bajo construcción. Sólo es posible la pared de hormigón con anclaje de tierra. Es necesario un monitoreo periódico de deformación de la pared debido a su estructura especial.

(5) Salida de la Laguna del Pescado

Se planean las siguientes contramedidas para evitar la reducción del ancho de la salida de la Laguna del Pescado.

Colocación del colchón de gaviones con un ancho de 15m, largo de 60m, y espesor de 0.5m en la salida.

Colocación de una pared de gaviones con un ancho de 2m, altura de 3m y largo de 60m, en los lados de las pendientes izquierda y derecha.

Corte de pendiente en peligro de colapso en el lado de la pendiente derecha.

(6) Refuerzo del Muro de Contención de No. 52-56

Se planea la terminal de autobuses en el lado izquierdo entre los puentes Carias y Mallol en el curso del río Choluteca. Ese plan provoca un desplazamiento a la derecha del curso del río. La profundidad de la base del muro de contención existente en el lado derecho es 3m más corto que la elevación del lecho del río planeada. Por lo tanto es necesaria una estructura de refuerzo del muro de contención. Se planea una estructura de refuerzo a 5m delante del muro de contención existente. Esa estructura es una pared de hormigón de refuerzo. La altura de la pared es de 3m, el ancho del fondo del cuerpo es de 4.2m y el ancho de la corona es de 1.2m. (Consulte la *Figura F.4.22*)

(7) La Profundidad de la Pila de los Puentes Carias, Soberanía y Mallol

SOPTRAVI hizo un reconocimiento de la profundidad de la pila de los puentes Carias, Soberanía y Mallol con una máquina perforadora. El resultado es que las pilas de los puentes

Carias, Soberanía y Malloj están clavados en la roca, que tiene una elevación de 912.3m, 907.1m y 910.9m respectivamente. La capa de roca está bajo la elevación del lecho del río planeada. Por lo tanto no es necesario el refuerzo de las pilas. Es necesario un cierto tratamiento superficial de las pilas existentes.

(8) Retirado de los Tubos de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado

Los tubos de abastecimiento de agua cruzan el río, tal como en la *Figura F.4.14*. En el proyecto prioritario es necesario retirar un total de 500m de tubos de abastecimiento de agua. Acerca de los tubos de alcantarillado, se planea retirar unos 500m (20 % del largo total de los tubos de alcantarillado en la sección C40-C65) en el proyecto prioritario.

(9) Variación del Lecho del Río

El proyecto prioritario provocará variaciones en el lecho del río. Por lo tanto, se estudió la variación en el lecho del río utilizando el modelo. Se utilizó una máxima descarga anual de 1,000m³/s contra el río planeado. El resultado aparece en la *Figura F.4.23*. Muestra que la subida del lecho del río por transporte de sedimentos está dentro de la gama de 1 metro y cae dentro de la gama de 3 a 4 metros en 100 años. Significa que se mantiene el perfil del río planeado sin excavación artificial periódica.

5. PLAN DE MITIGACIÓN DE DAÑOS POR INUNDACIÓN (MEDIDAS NO ESTRUCTURALES)

5.1 REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL SUELO Y CÓDIGO ESTRUCTURAL

(1) Reglamentación del Uso del Suelo

El Departamento de Planeamiento de la ciudad de Tegucigalpa está planeando crear una zona de preservación del río Choluteca donde un área grande fue devastada por el Huracán Mitch y todavía está desierta. El Equipo de Estudio incorpora en su plan y propone una reglamentación del uso del suelo a lo largo del río como una de las medidas no estructurales para mitigación de daños por inundación. (Informe de Apoyo J)

(2) Código Estructural

COPECO trabaja en la revisión del código estructural teniendo en cuenta los daños del Huracán Mitch. El Equipo de Estudio incorpora en su discusión, dando la anticipación del área de inundación y las profundidades de inundación a lo largo del río. (Informe de Apoyo J)

5.2 MAPA DE AMENAZA DE INUNDACIÓN

De acuerdo con el Informe de Apoyo C, el flujo pico en cada sub-cuenca puede resumirse en la *Tabla F.5.1*.

Tabla F.5.1 Flujo Pico en las Sub-cuencas

Sub-cuenca/Ubicación	Flujo pico en las sub-cuencas (m ³ /s)				
	5 años	10 años	25 años	50 años	Mitch
Río arriba del Choluteca (Grande)	473.90	584.70	727.39	834.30	1,459.83
Después de recibir al San José	825.71	1,010.73	1,249.55	1,428.75	2,092.00
Después de recibir al Guacerique	1,318.27	1,603.87	1,971.80	2,261.69	3,337.57
Río abajo del Choluteca	1,505.80	1,823.82	2,231.51	2,601.52	3,878.28

El mapa de amenaza en el río Choluteca aparece en la *Figura F.5.1*. Estos mapas de amenaza

son para el caso de inundación de 5 años, de 10 años, de 25 años y de 50 años en el caso sin proyecto.

Este mapa de amenaza muestra la situación sin proyecto. Este mapa debe utilizarse para educar y enseñar a la gente para que sean conscientes del peligro de inundación.

Para el método de publicación del mapa de peligro, se propone lo siguiente;

- Preparar un simple folleto con una versión simplificada del mapa de amenaza para su distribución a todas las comunidades de la ciudad.
- Preparar un mapa de amenaza de escala completa (1/10,000) y distribuir a los líderes de la comunidad en las áreas peligrosas.
- Preparar un mapa de amenaza de escala completa y ponerlo a disposición para consulta por parte de todos los interesados en las oficinas municipales.
- Preparar una versión digital del mapa de amenaza y publicarla en el sitio oficial de Internet del gobierno de Honduras. El sitio de Internet de COPECO será el sitio más adecuado.

5.3 PRONÓSTICO Y ADVERTENCIA DE INUNDACIÓN

(1) Sistema de Advertencia Actual

Hay cuatro cuencas en el área general del río Choluteca. Estas pendientes de río son fuertes y estos ríos fluyen a la ciudad de Tegucigalpa aproximadamente al mismo tiempo. La inundación llega en poco tiempo después de la lluvia. Por lo tanto, el sistema de advertencia de inundación en la ciudad de Tegucigalpa no funciona bien a menos que la comunicación de la información se haga rápidamente.

Las organizaciones que actúan en la advertencia de inundación actual, incluyen COPECO, CODEM, SERNA y SMN (la Agencia Meteorológica).

SERNA tiene tres estaciones de observación de lluvia y nivel de agua automática (la represa Concepción río arriba, la represa Los Laureles y al norte de la ciudad de Tegucigalpa) en el área objeto del Estudio. La información de las tres estaciones se transmite a SMN directamente al aeropuerto y por satélite a través de la USGS de recursos de agua del Caribe en Puerto Rico a casi el tiempo real y se comunican con COPECO y SERNA de ahí. COPECO se comunica con CODEM por teléfono y facsímil.

COPECO es la organización a cargo de la protección nacional contra desastres y recibe información de SERNA y SMN, etc. Funciona las 24 horas del día pero las instalaciones y el personal son insuficientes y no está en condiciones de tener buenos equipos para la advertencia de inundación. Además, no hay un plan especial para la advertencia de inundación de la ciudad de Tegucigalpa.

Por otro lado, CODEM es la organización encargada de la protección contra desastres de la ciudad de Tegucigalpa y realiza servicios de oferta para la advertencia de desastres (tales como inundación y deslizamientos de tierra). Actualmente hay poco presupuesto y pocas instalaciones para dar la advertencia. Además, como la información viene de COPECO, hay una pérdida de tiempo y un problema de comunicaciones en una emergencia.

(2) Problemas y Limitaciones en las Estaciones de Medición de Lluvias y Agua

De acuerdo con el Informe de Apoyo C, hay algunos problemas y limitaciones en las estaciones de medición de lluvias y agua para el uso de estos datos para el pronóstico y advertencia de

inundación.

Actualmente hay sólo 3 estaciones telemétricas en Mateo del río Guacerique, en Concepción del río Grande y al norte de la ciudad de Tegucigalpa. Los datos de lluvias y nivel del agua se registran continuamente y se transmiten automáticamente a SERNA. Pero fueron instalados en 1999 y la gama de datos registrados es muy corta.

Parece que la estación telemétrica en Concepción tiene un problema de obstrucción de sedimentos en su sensor y es necesaria una limpieza frecuente.

Muchas organizaciones como SERNA, SANNA y SMN están a cargo de las estaciones. Esto puede provocar confusión en la administración de datos.

(3) Recomendaciones

1) Estaciones de Observación

Las estaciones telemétricas existentes en Mateo, Concepción y Sagastume están en la cuenca del río Guacerique, la cuenca del río Grande y al norte de Tegucigalpa respectivamente. Sólo tres estaciones no son suficientes para cubrir toda la cuenca para el establecimiento de un sistema de advertencia de inundación en el área objetivo.

Se propone que:

Se establezca una nueva estación telemétrica en Chimbo en la cuenca del río Chiquito.

Se establezca una nueva estación telemétrica en el lugar Aldea El Tablon en la cuenca del río San José.

Se establezca una nueva estación telemétrica en Berrinche en la cuenca del río Choluteca.

(Consulte la *Figura F.5.2*)

2) Nivel de Advertencia de Inundación

Se propone que:

Se establezca un sistema de advertencia de inundación en la cuenca utilizando tres estaciones existentes y tres nuevas estaciones telemétricas.

Todos los datos se transmiten a CODEM y COPECO para el análisis y determinación de la alerta de inundación.

Puede seleccionarse la advertencia de inundación entre los siguientes 2 niveles:

Tabla F.5.2 Nivel de Advertencia de Inundación Planeada

Nivel de advertencia	Dato a usar para la advertencia	Condición y preparativos
1	Lluvia y nivel de agua	Se hace el preparativo para tomar medidas contra inundación tales como anuncios al público, etc.
2	Lluvia y nivel de agua	Se toman medidas contra inundación de escala total para evacuación, rescate de emergencias, etc.

Debido a la falta de información sobre lluvias y nivel de agua en el río Choluteca, se utilizó la relación entre lluvias y nivel de agua del Huracán Mitch como referencia para determinar el nivel de alerta. COPECO está estableciendo una metodología más precisa en los valores límites de alerta.

Nivel de advertencia 1

Las lluvias para el nivel de alerta 1 son de 80 mm de lluvias acumuladas.

(La descarga en estas lluvias corresponde a 1,200 m³/s durante el Huracán Mitch.)

Nivel de alerta 2

Las lluvias para el nivel de alerta 2 son de 120 mm de lluvias acumuladas.

(La descarga en estas lluvias corresponde a 2,000 m³/s después de que las lluvias acumuladas llegaran a 120 mm durante el Huracán Mitch.)

(El tiempo disponible antes de la descarga llega a la capacidad del río en unas 2-3 horas.)

3) Sistema de Advertencia de Inundación

Se propone el siguiente sistema de alerta de inundación;

- Se instalan tres estaciones de medición de nivel de agua y de lluvia automática en los ríos San José, Chiquito y Choluteca. Las tres estaciones existentes y tres nuevas envían los datos a CODEM y COPECO.
- CODEM determina la alerta.
- CODEM envía la advertencia de atención u orden de evacuación a Después De La Cortina, Colonia El Loarque, Colonia El Prado, Guacerique, Colonia Comayagüel, Colonia Los Laureles, Colonia Primavera.

(Consulte la *Figura F.5.3*)

4) Organización

CODEM es la organización encargada de la protección contra desastres de la ciudad de Tegucigalpa y realiza servicios de oferta para la advertencia de desastres (tales como inundación y deslizamientos de tierra). Por lo tanto, se propone que CODEM reciba la información de lluvias y nivel de agua de inundación de las estaciones existentes al mismo tiempo que SERNA o COPECO y envíe una alerta a la gente.

5) Lugar de Evacuación

Lugares de evaluación propuestos aparecen en la *Tabla F.5.3*.

**Tabla F.5.3 Area de Inundación y Lugares de Evacuación
(en el Caso de Tormenta del Nivel del Huracán Mitch)**

Area de inundación	Lugar de evacuación
Barrio El Chile	Tierras altas de Colonia El Porvenir
Barrio Abajo	Barrio Abajo, tierras altas de Barrio Los Dolores, Barrio Buenos Aires
Barrio El Centavo	Tierras altas de Barrio El Centavo
Barrio La Bolsa	Tierras altas de Barrio La Bolsa
Colonia El Prado	Colonia Humuya
Colonia Maradiaga	Barrio La Granja
Campo de Balompié	Tierras altas de Colonia Las Brisas
Colonia San José De La Vega	Tierras altas de Colonia San José De La Vega
Colonia Jardines De Loarque	Tierras altas de Colonia Jardines De Loarque
Colonia Satélite	Tierras altas de Colonia Satélite

Tabla F.2.2 Condiciones de Banco y Terreno Posterior a lo Largo del Río Choluteca (1/3)

No. de Sección	Lado Izquierdo			Lado Derecho		
	Muro de Contención	Erosión de Banco	Terreno Posterior	Muro de Contención	Erosión de Banco	Terreno Posterior
0	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
1	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
2	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
3	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
4	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
5	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
6	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
7	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
8	No hay		Area de Inundación	No hay		Fábrica
9	No hay		Area de Inundación	No hay		Pendiente
10	No hay		Area de Inundación	No hay		Area de Inundación
11	No hay		Area de Inundación	No hay		Area de Inundación
12	No hay		Pendiente	No hay		Area de Inundación
13	No hay		Pendiente	No hay		Area de Inundación
14	No hay		Pendiente	No hay		Area de Inundación
15	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
16	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
17	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
18	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
19	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
20	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
21	No hay		Precipicio	No hay		Area de Inundación
22	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
23	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
24	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
25	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
26	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
27	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
28	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
29	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
30	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
31	No hay		Precipicio	No hay		Precipicio
32	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
33	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
34	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
35	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
36	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
37	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
38	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
39	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
40	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
41	No hay		Area de Inundación	No hay	Erosión	Pendiente
42	No hay		Area de Inundación	No hay	Erosión	Pendiente
43	No hay		Area de Inundación	No hay	Erosión	Area de Inundación
44	No hay		Area de Inundación	No hay	Erosión	Area de Inundación
45	Hay		Precipicio	Hay		Pendiente
46	Hay		Precipicio	Hay		Pendiente
47	No hay		Precipicio	Hay		Pendiente
48	No hay		Precipicio	Hay		Pendiente
49	No hay		Precipicio	Hay		Pendiente
50	No hay		Precipicio	Hay		Pendiente
51	No hay		Area comercial	Hay		Area comercial
52	Hay		Area comercial	Hay		Area comercial
53	Hay		Area comercial	Hay		Area comercial
54	Hay		Area comercial	Hay		Area comercial
55	Hay		Area comercial	Hay		Area comercial
56	Hay		Area comercial	Hay		Area comercial
57	Hay		Area comercial	Hay		Area comercial
58	No hay		Area comercial	Hay		Cancha
59	No hay		Area comercial	Hay		Cancha
60	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
61	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
62	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
63	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
64	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
65	Hay		Area comercial	Hay		Precipicio
66	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
67	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
68	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
69	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
70	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
71	No hay		Area comercial	No hay		Precipicio
72	Hay		Area comercial	Hay		Area residencial

Tabla F.2.2 Condiciones de Banco y Terreno Posterior a lo Largo del Río Choluteca (2/3)

No. de Sección	Lado Izquierdo			Lado Derecho		
	Muro de Contención	Erosión de Banco	Terreno Posterior	Muro de Contención	Erosión de Banco	Terreno Posterior
73	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
74	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
75	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
76	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
77	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
78	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
79	No hay		Area comercial	Hay		Area residencial
80	No hay		Espacio abierto	Hay		Area residencial
81	No hay		Espacio abierto	Hay		Area residencial
82	No hay		Espacio abierto	No hay		Camino
83	No hay		Espacio abierto	No hay		Camino
84	No hay		Espacio abierto	No hay		Camino
85	No hay		Espacio abierto	No hay		Camino
86	No hay		Espacio abierto	No hay		Camino
87	No hay		Precipicio	No hay		Camino
88	No hay		Pendiente	No hay		Camino
89	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
90	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
91	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
92	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
93	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
94	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
95	No hay		Espacio abierto	No hay		Precipicio
96	No hay		Espacio abierto	No hay		Area residencial
97	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
98	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
99	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
100	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
101	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
102	No hay		Precipicio	No hay		Camino
103	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
104	No hay		Camino	No hay		Area residencial
105	No hay		Precipicio, Area residencial	No hay		Area residencial
106	No hay		Precipicio, Area residencial	No hay		Area residencial
107	No hay		Precipicio, Area residencial	No hay		Precipicio
108	No hay		Precipicio, Area residencial	No hay		Pendiente
109	No hay		Precipicio, Area residencial	No hay		Pendiente
110	No hay		Precipicio, Area residencial	No hay		Pendiente
111	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
112	No hay		Area Comercial	No hay		Precipicio
113	No hay		Area Comercial	No hay		Precipicio
114	No hay		Area Comercial	No hay		Espacio abierto
115	No hay		Espacio abierto	No hay		Espacio abierto
116	No hay		Espacio abierto	No hay		Precipicio
117	No hay		Fábrica	No hay		Area residencial
118	No hay		Fábrica	No hay		Area residencial
119	No hay		Fábrica	No hay		Area residencial
120	No hay		Camino	No hay		Camino
121	No hay		Pendiente	No hay		Area residencial
122	No hay		Pendiente	No hay		Area residencial
123	No hay		Pendiente	No hay		Area residencial
124	No hay		Pendiente	No hay		Area residencial
125	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
126	No hay		Precipicio	No hay		Precipicio
127	No hay		Precipicio	No hay		Precipicio
128	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
129	No hay		Camino	No hay		Camino
130	No hay		Camino	No hay		Camino
131	No hay		Camino	No hay		Camino
132	No hay		Camino	No hay		Camino
133	No hay		Camino	No hay		Camino
134	No hay		Camino	No hay		Camino
135	No hay		Camino	No hay		Camino
136	No hay		Camino	No hay		Camino
137	No hay		Precipicio	No hay		Camino
138	No hay		Precipicio	No hay		Precipicio
139	No hay		Precipicio	No hay		Precipicio
140	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
141	No hay		Area residencial	No hay		Pendiente
142	No hay		Area residencial	No hay		Precipicio
143	Hay		Area residencial	No hay		Precipicio
144	Hay		Area residencial	No hay		Precipicio
145	Hay		Area residencial	No hay		Precipicio

Tabla F.2.2 Condiciones de Banco y Terreno Posterior a lo Largo del Río Choluteca (3/3)

No. de Sección	Lado Izquierdo			Lado Derecho		
	Muro de Contención	Erosión de Banco	Terreno Posterior	Muro de Contención	Erosión de Banco	Terreno Posterior
146	Hay		Area residencial	No hay		Precipicio
147	Hay		Area residencial	No hay		Precipicio
148	Hay		Area residencial	No hay		Area residencial
149	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
150	No hay	Erosión	Area residencial	No hay	Erosión	Area residencial
151	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
152	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
153	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
154	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
155	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
156	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
157	No hay		Area residencial	No hay		Area residencial
158	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
159	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
160	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
161	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
162	No hay		Fábrica	No hay		Area residencial
163	No hay		Fábrica	No hay		Area residencial
164	No hay		Fábrica	No hay		Pendiente
165	No hay		Camino	No hay		Pendiente
166	No hay		Camino	No hay		Pendiente
167	No hay		Camino	No hay		Pendiente
168	No hay		Camino	No hay		Pendiente
169	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
170	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
171	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
172	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
173	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
174	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
175	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
176	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
177	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
178	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
179	No hay		Pendiente	No hay		Pendiente
180	No hay		Pendiente	No hay		Camino
181	No hay		Pendiente	No hay		Camino
182	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
183	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
184	No hay		Precipicio	No hay		Area residencial
185	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
186	No hay		Precipicio	No hay		Pendiente
187	No hay		Pendiente	No hay		Precipicio
188	No hay		Pendiente	No hay		Camino
189	No hay		Precipicio	No hay		Camino
190	No hay		Precipicio	No hay		Camino
191	No hay		Camino	No hay		Camino
192	No hay		Pendiente	No hay		Camino
193	No hay		Pendiente	No hay		Camino
194	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
195	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
196	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
197	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
198	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
199	No hay		Area de Inundación	No hay		Precipicio
200	No hay		Area de Inundación	No hay		Pendiente

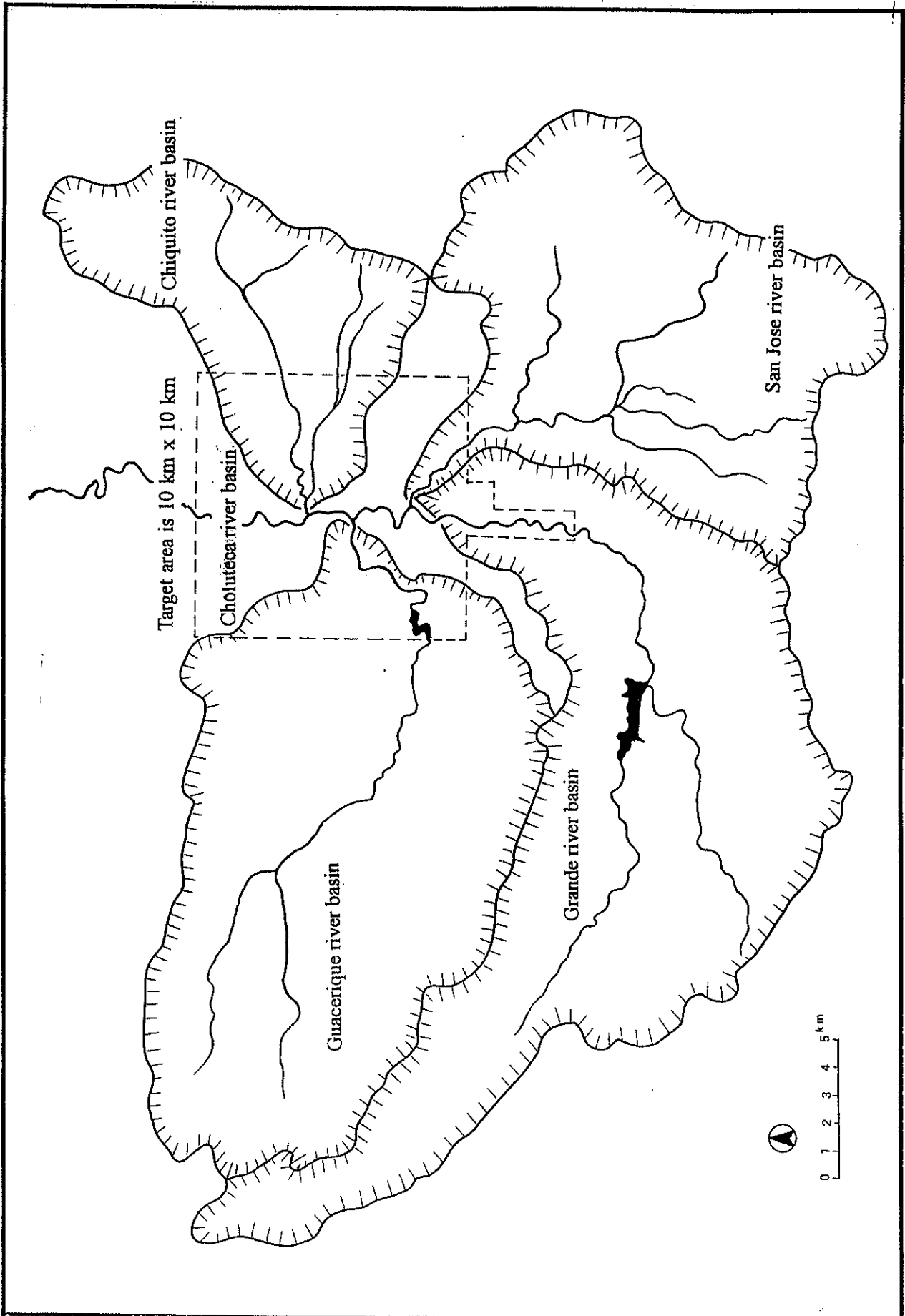


Figura F.1.1

Cuenca del Río Choluteca (Area de Estudio)

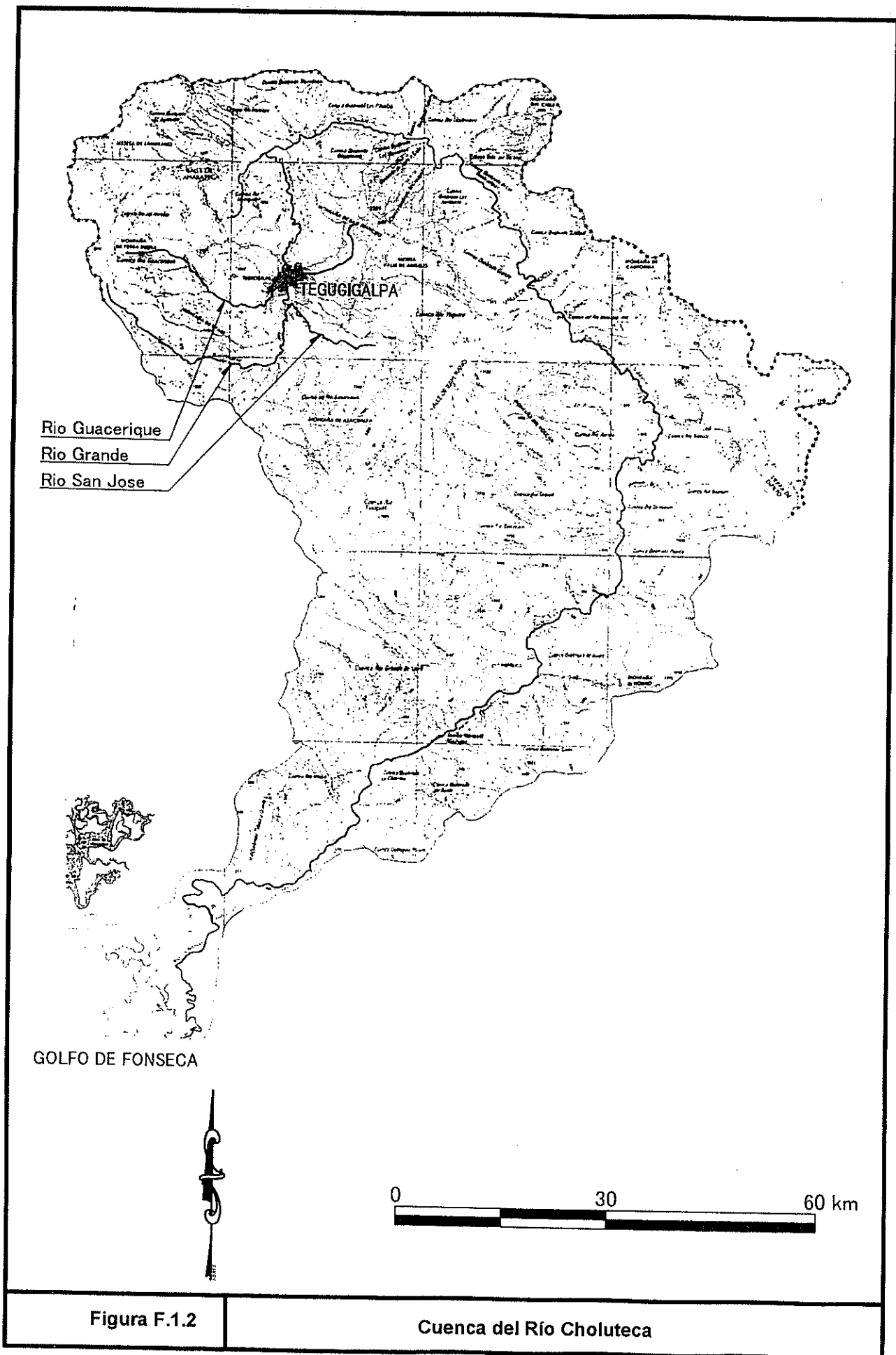
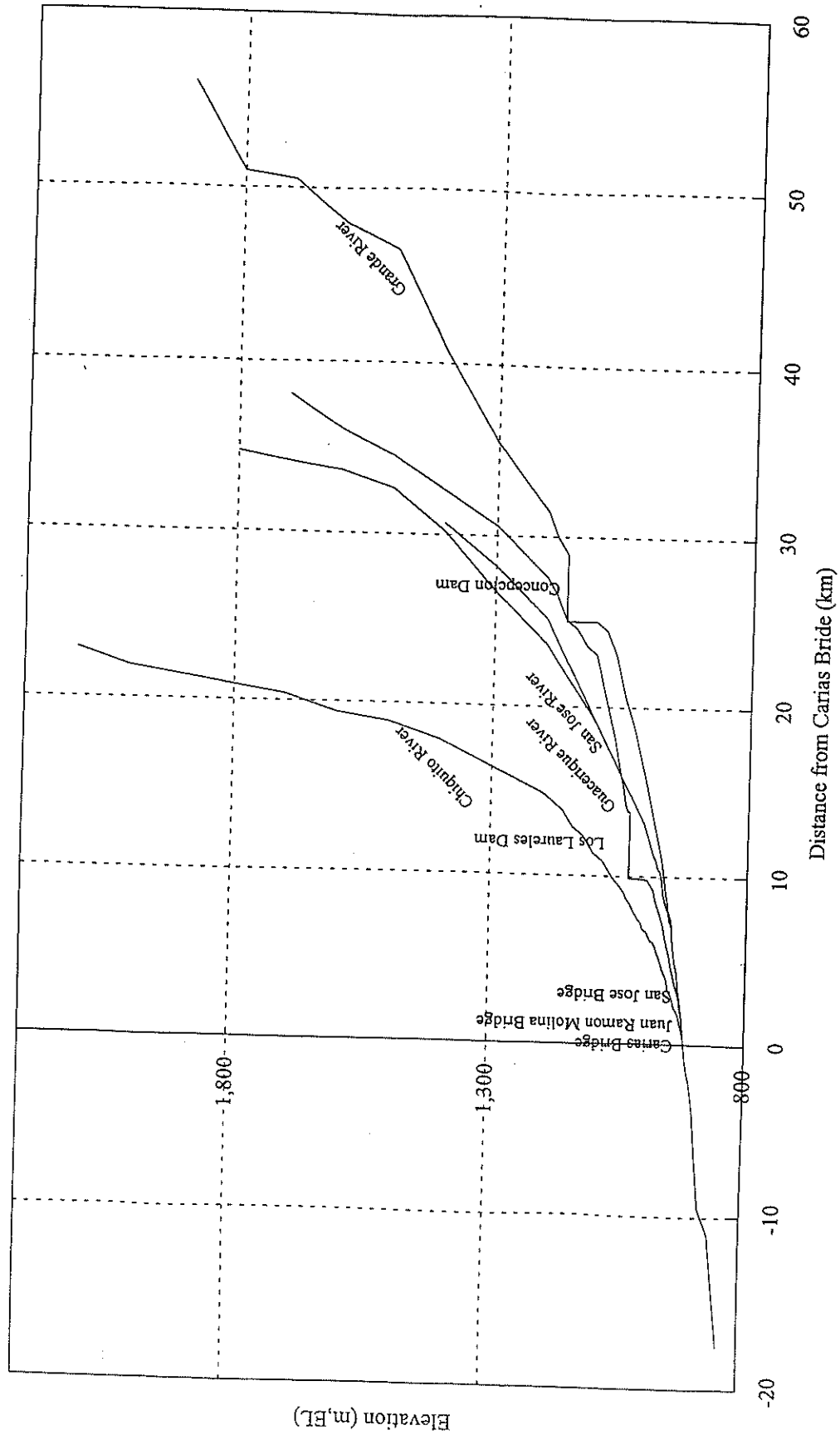


Figura F.1.2

Cuenca del Río Choluteca



Profile of Major Rivers

Figura F.2.1

Perfil de los Principales Ríos

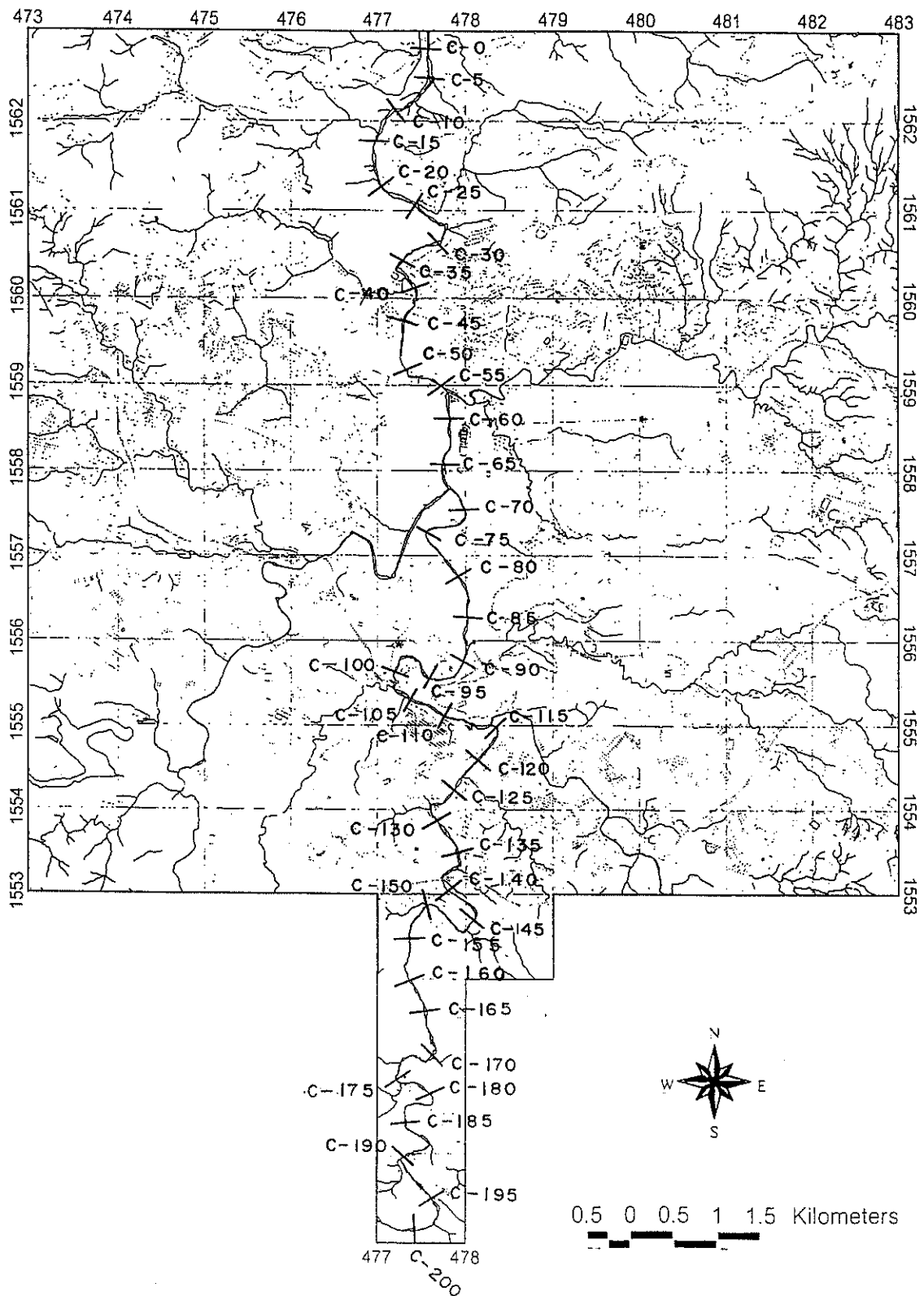


Figura F.2.2

Puntos de Reconocimiento Transversal

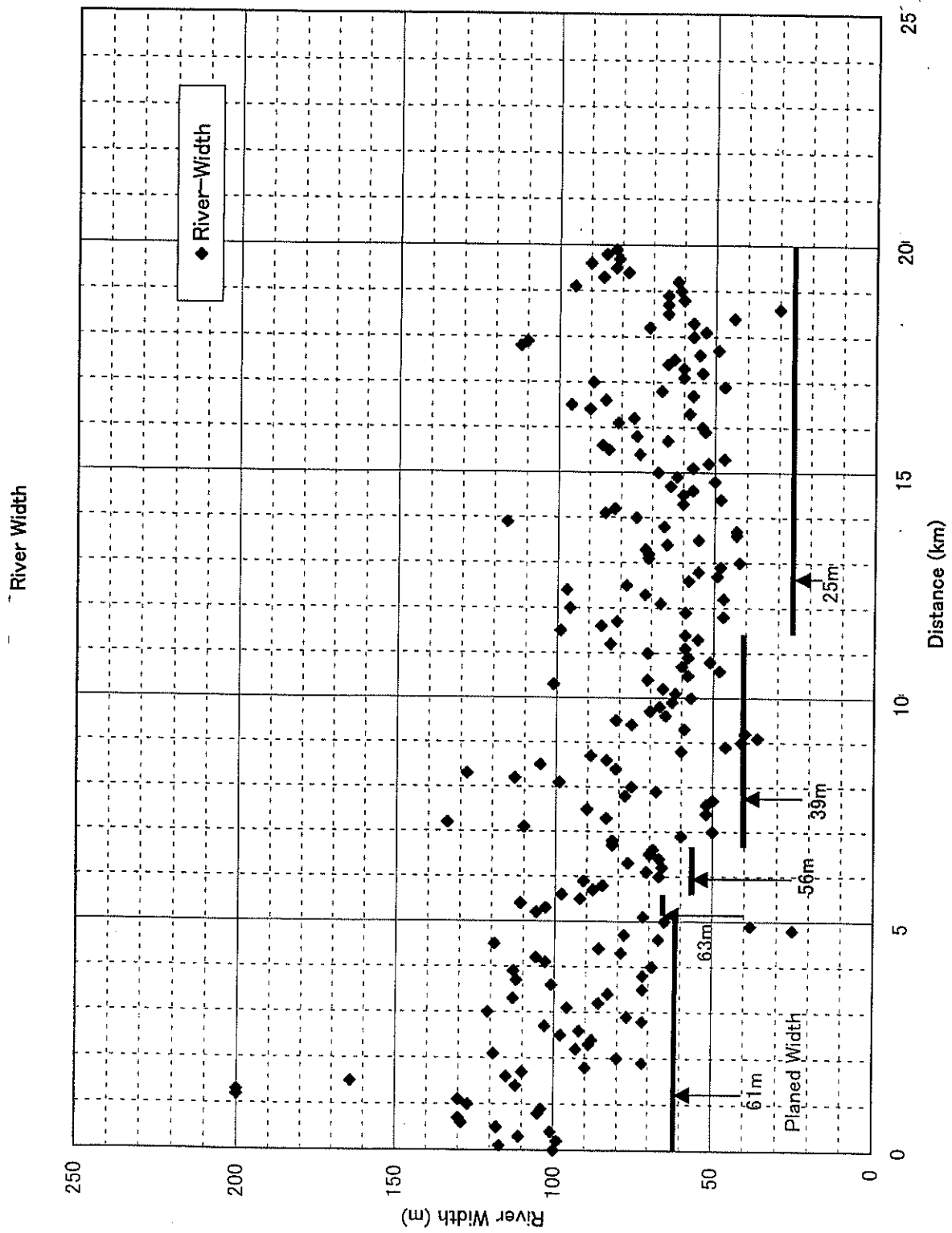


Figura F.2.3

Ancho del Actual Río

Choluteca River Profile

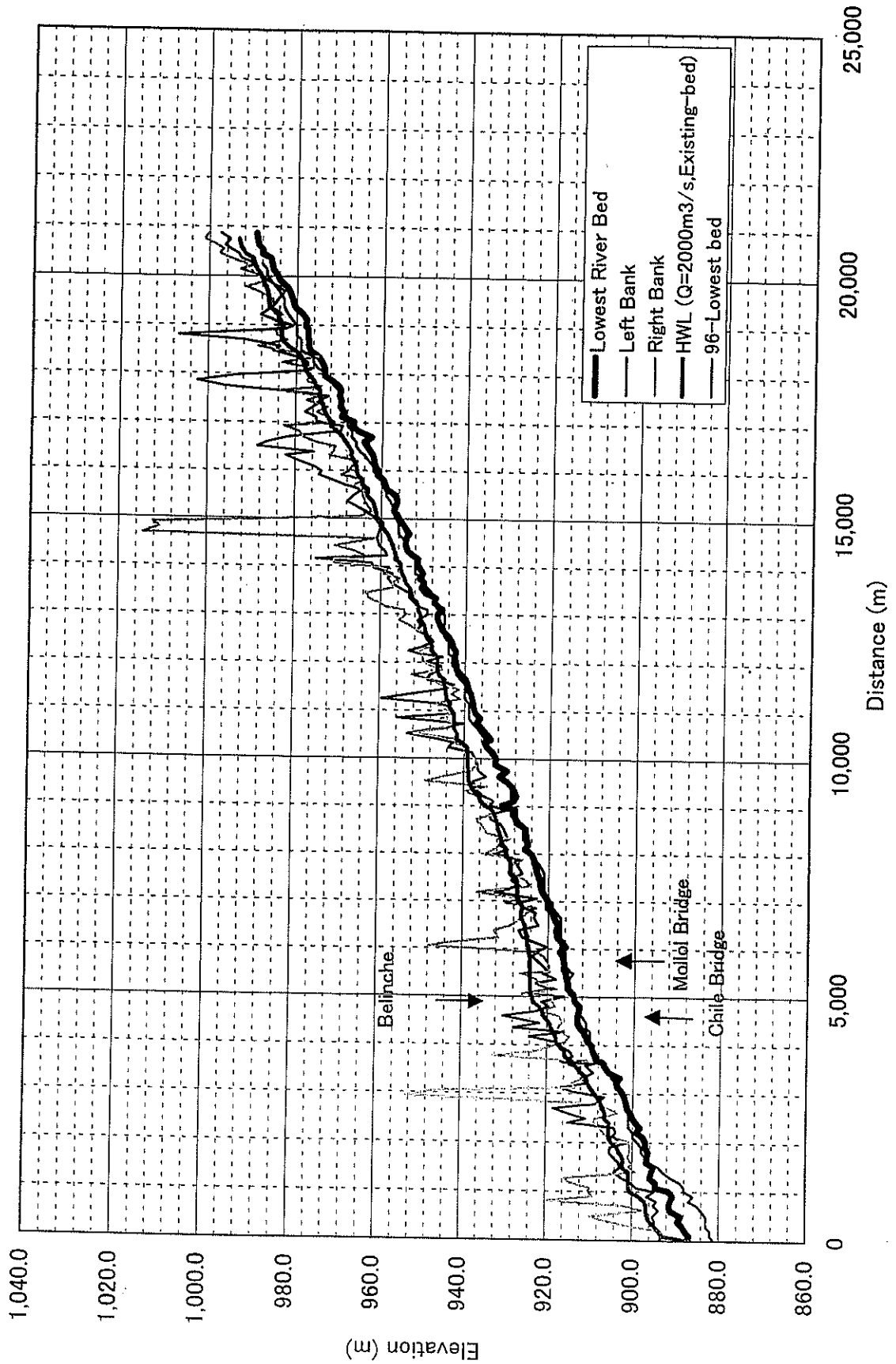


Figura F.2.4

Perfil del Actual Río (1/2)

RIVER-BED PROFILE

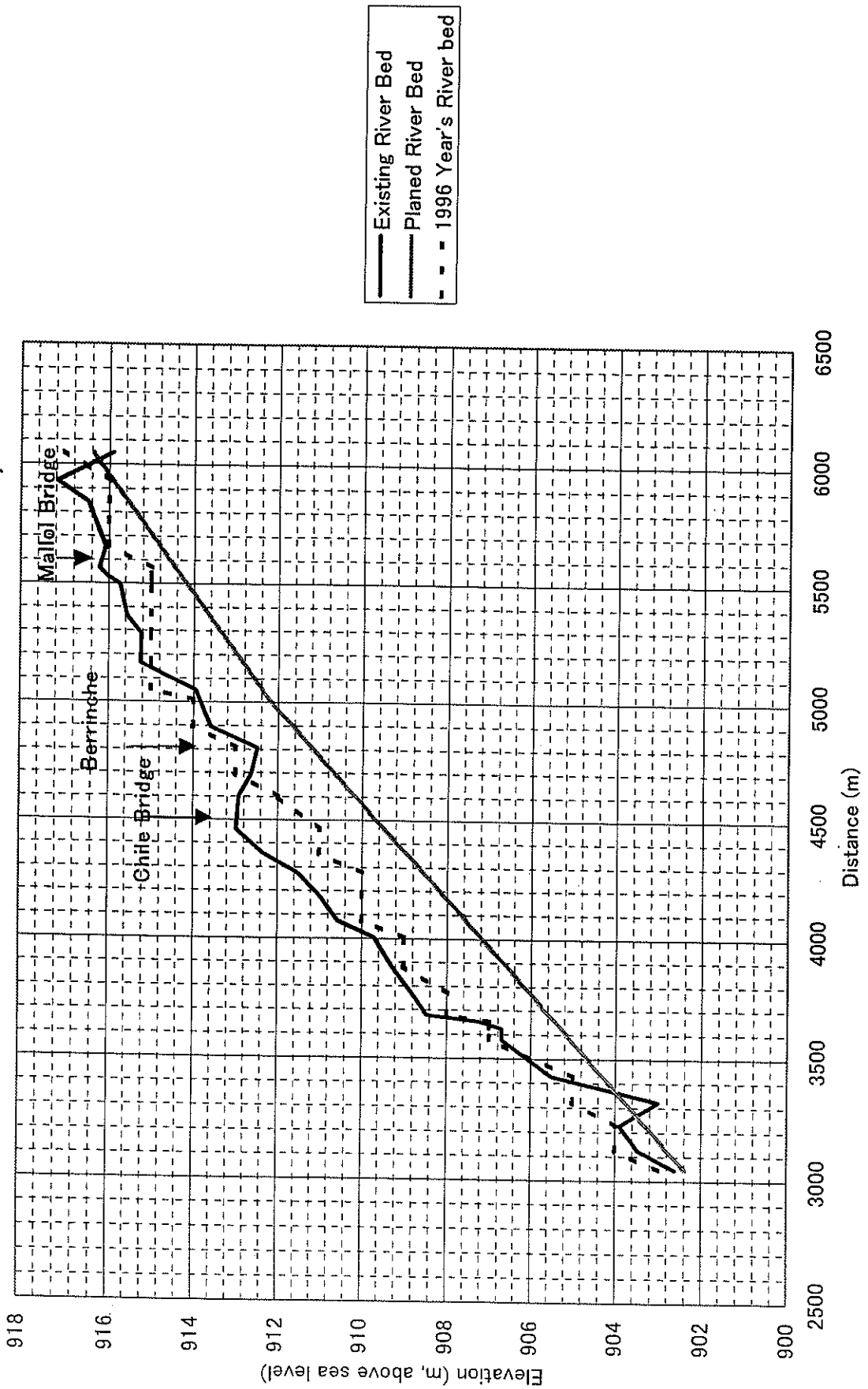


Figura F.2.4

Perfil del Actual Río (2/2)

River Capacity

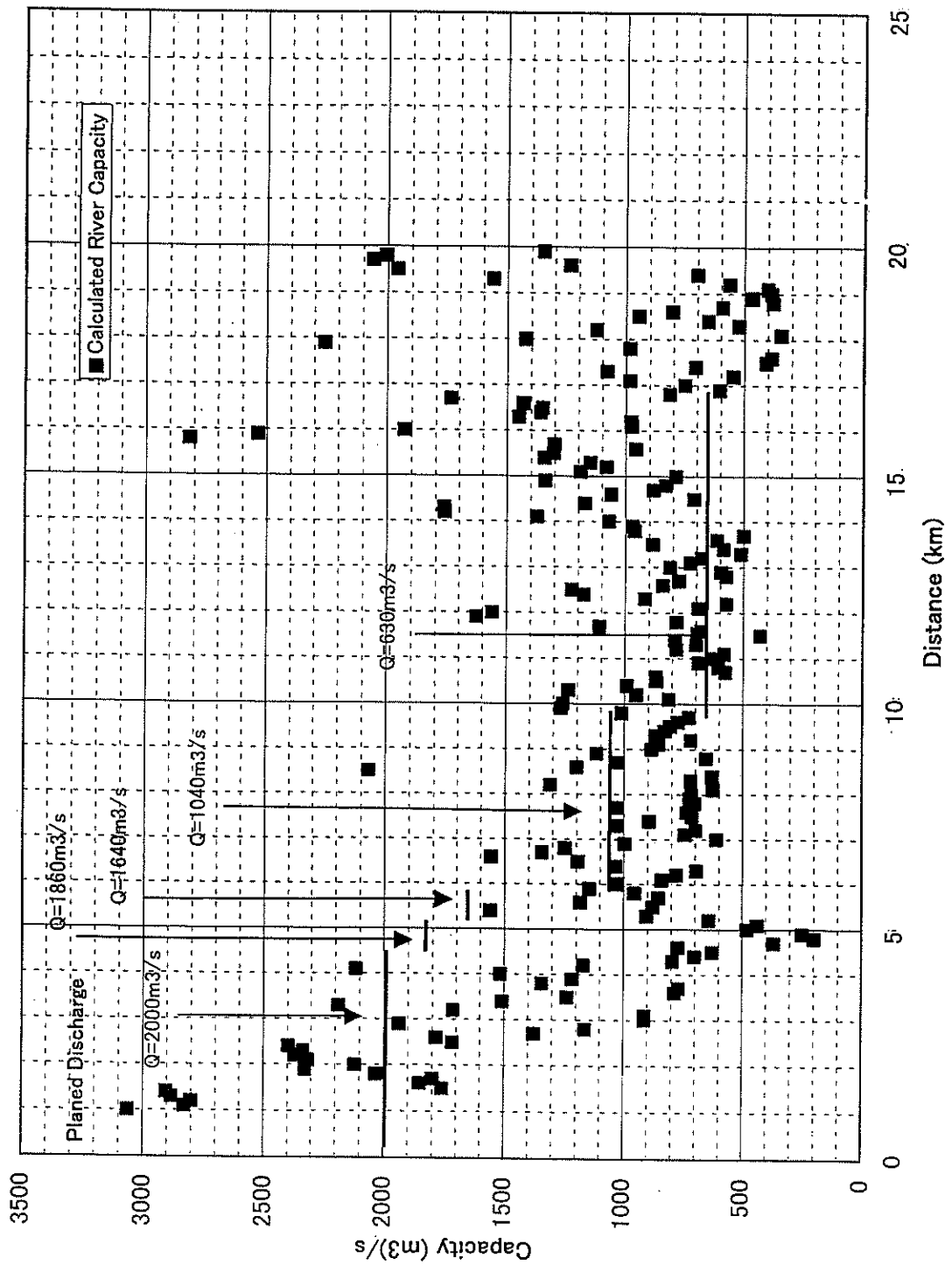


Figura F.2.5

Capacidad de Descarga de Cada Sección del Actual Río

Sediment Load ($Q=1,000\text{m}^3/\text{s}$)

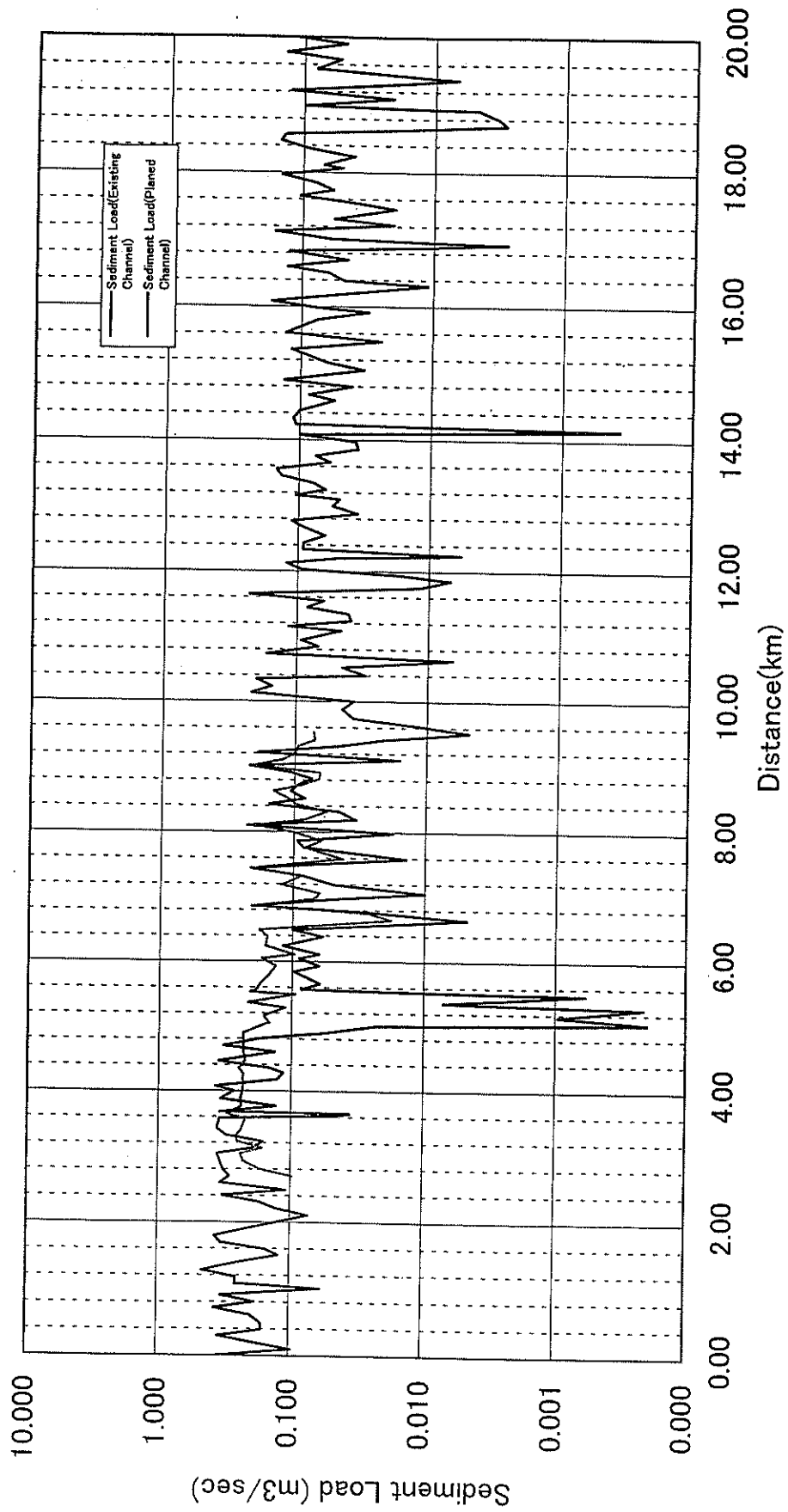


Figura F.2.6

Carga de Sedimentos

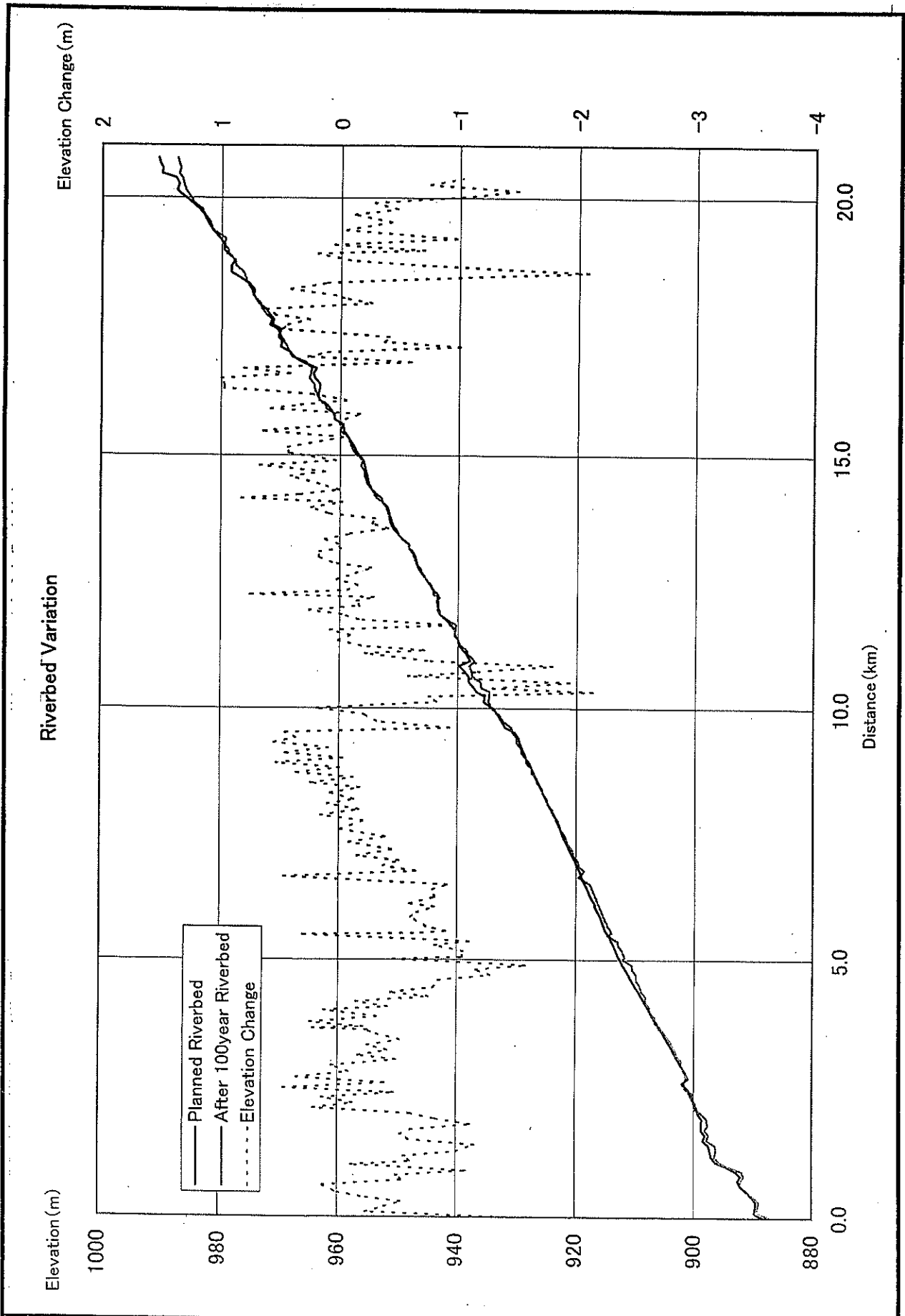


Figura F.2.7

Carga de Sedimentos

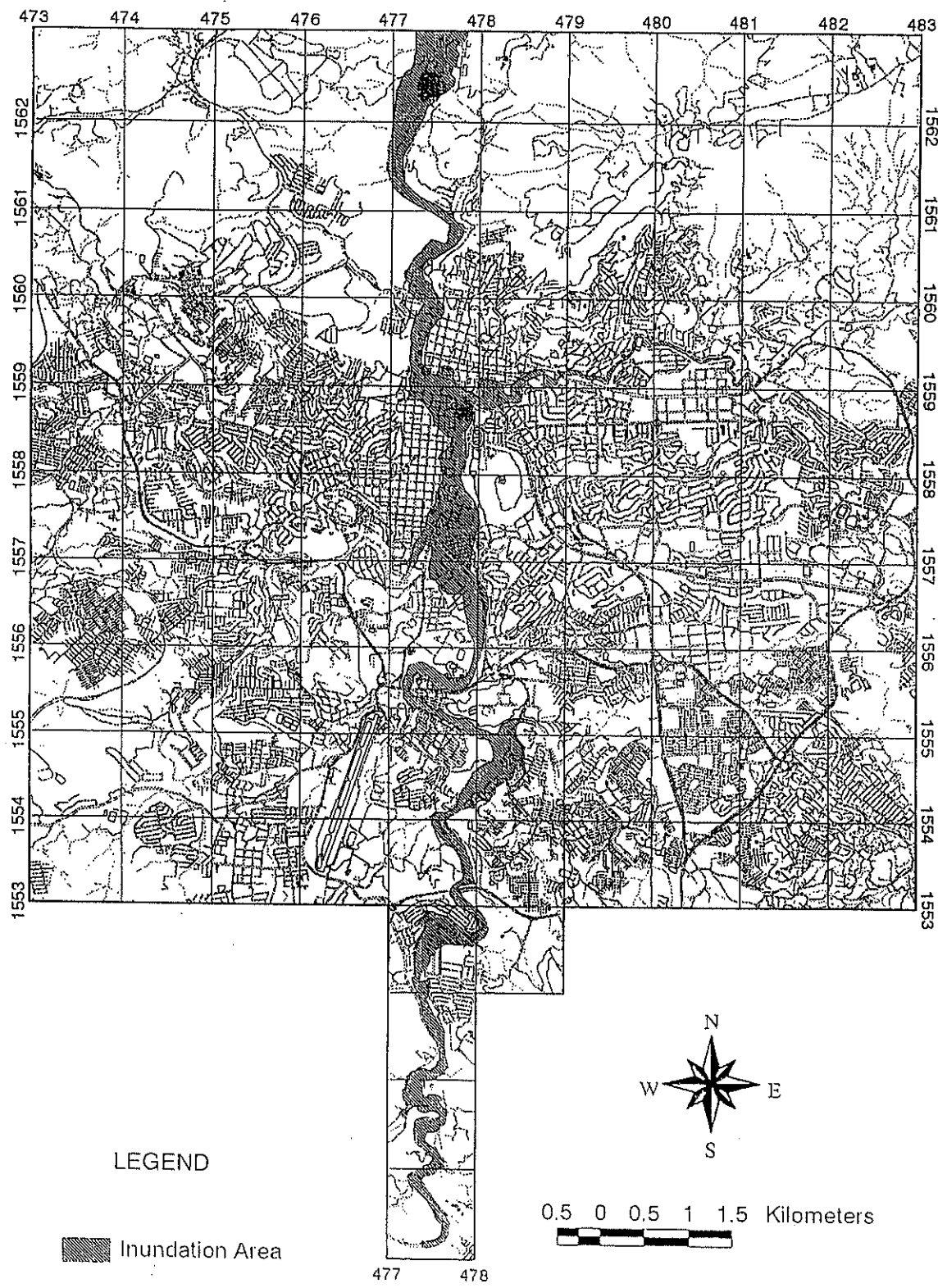
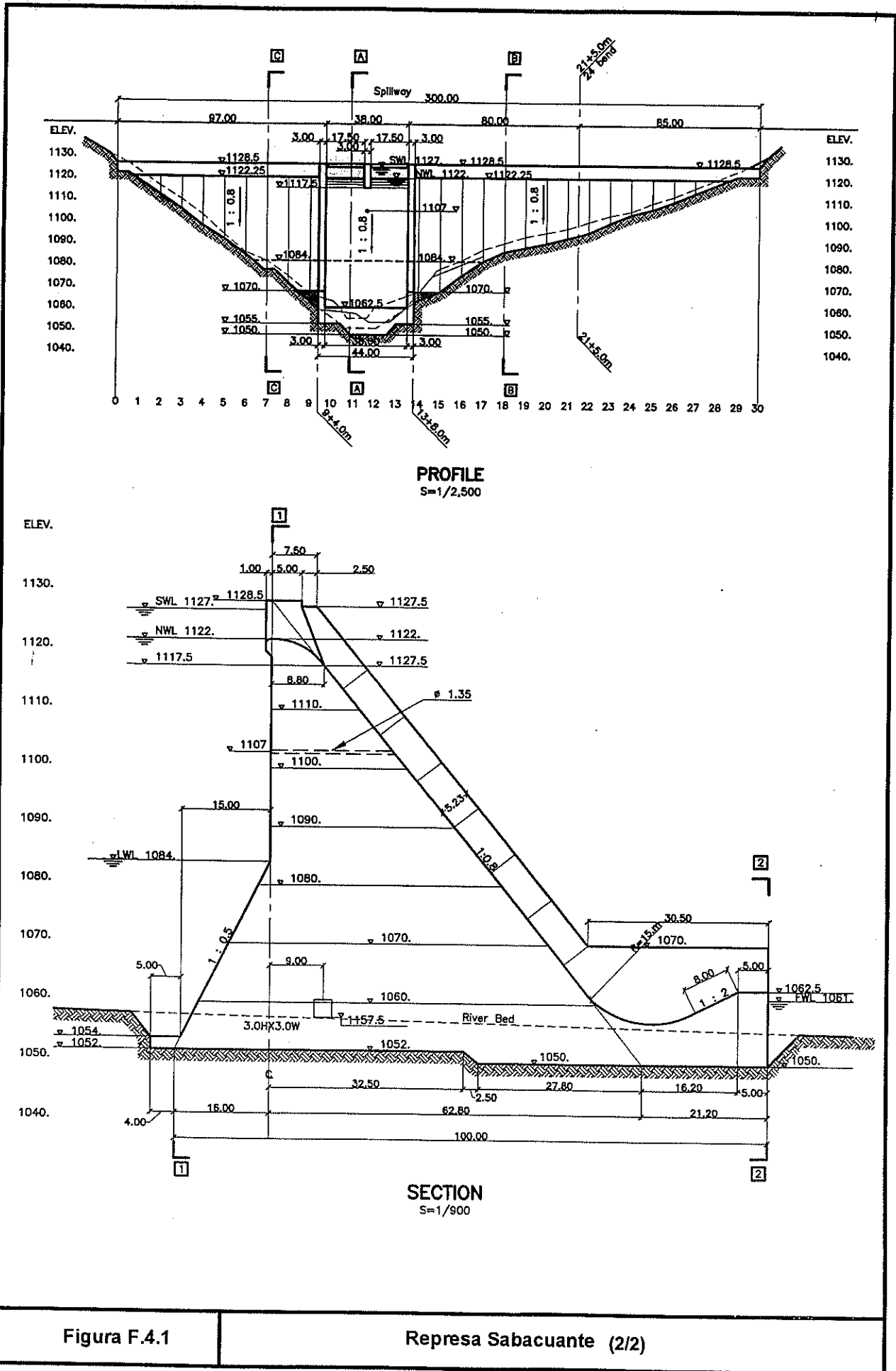


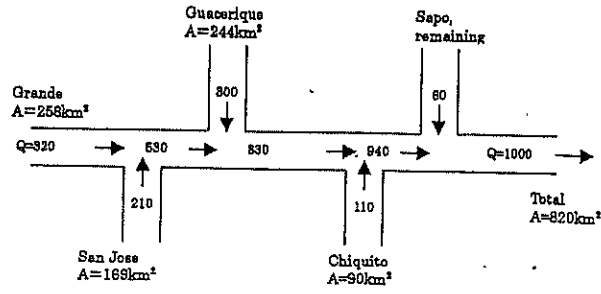
Figura F.3.1

Resultado del Levantamiento de Marca de Agua Alta

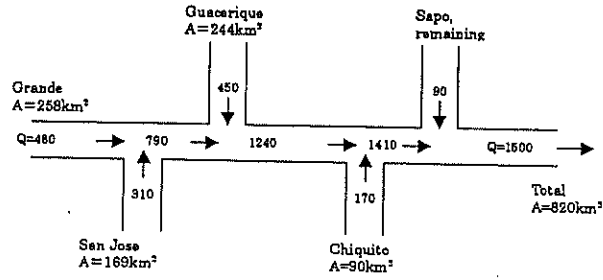


(1,000 m³/sec flood)

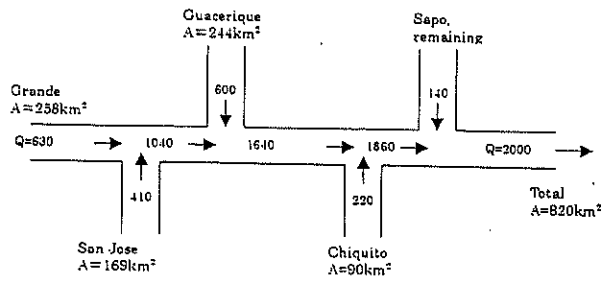
(Unit : m³/sec)



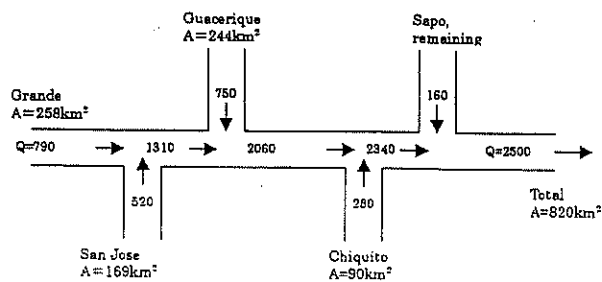
(1,500 m³/sec flood)



(2,000 m³/sec flood)



(2,500 m³/sec flood)



(3,000 m³/sec flood)

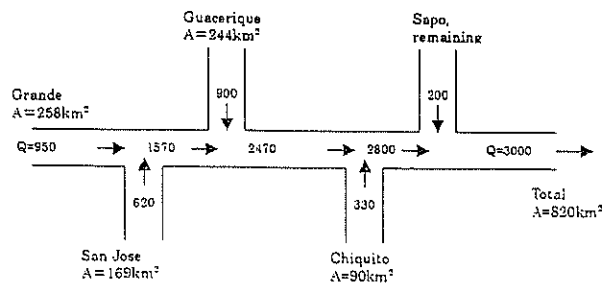


Figura F.4.2

Distribución de Inundación de Diseño

Choluteca River Profile

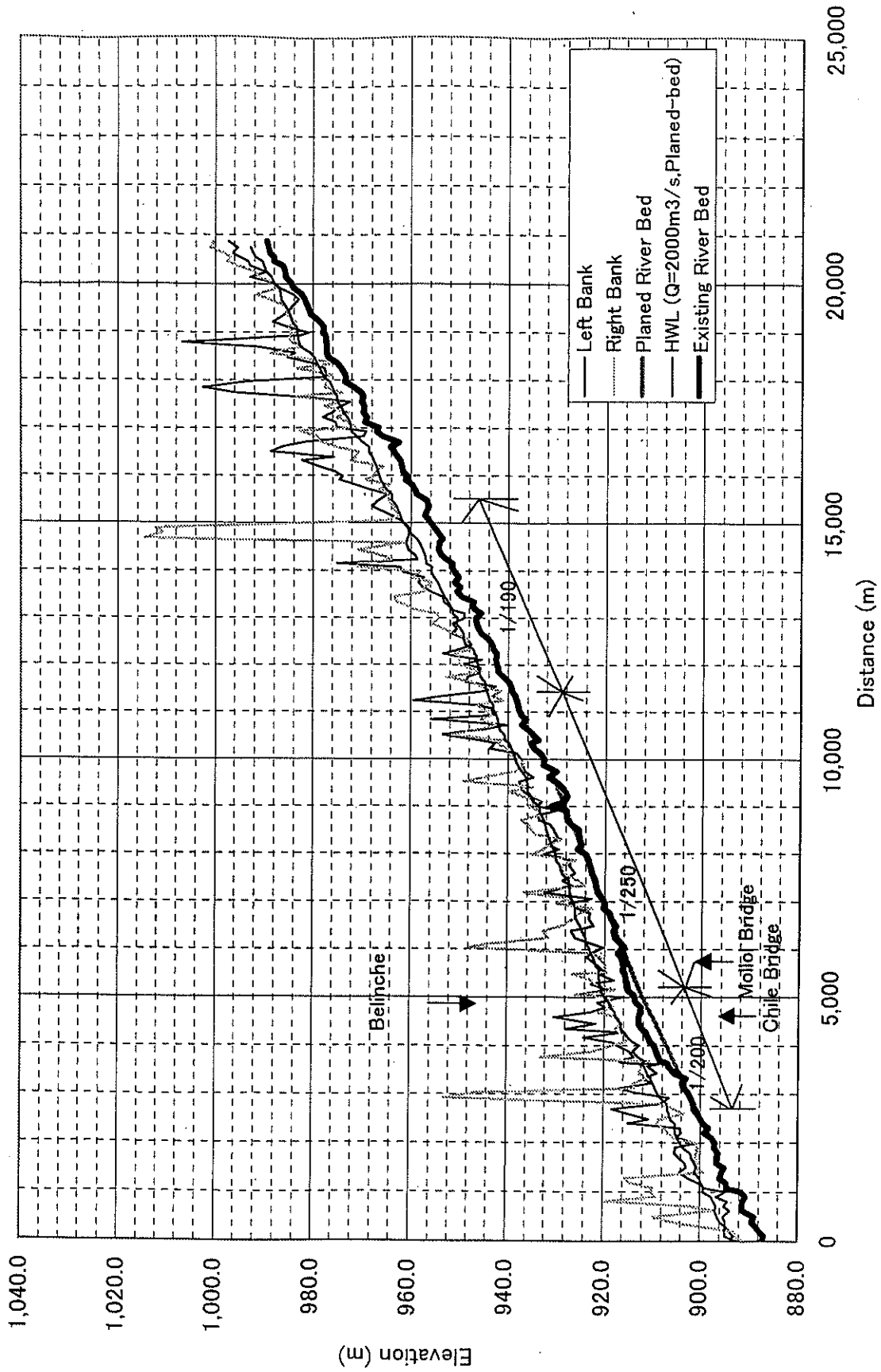


Figura F.4.3

Perfil del Río Planeado

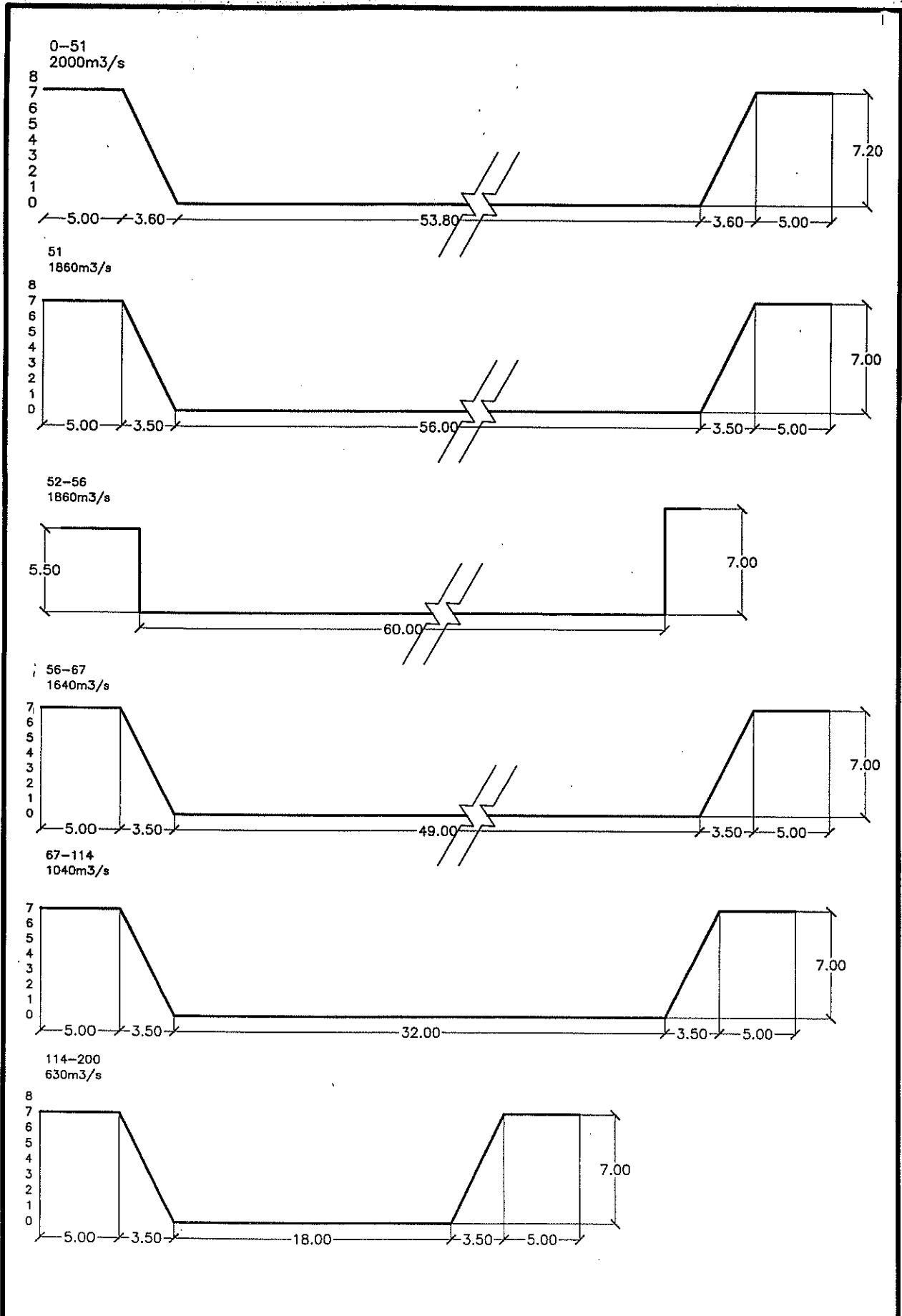


Figura F.4.4

Sección Planeada del Canal

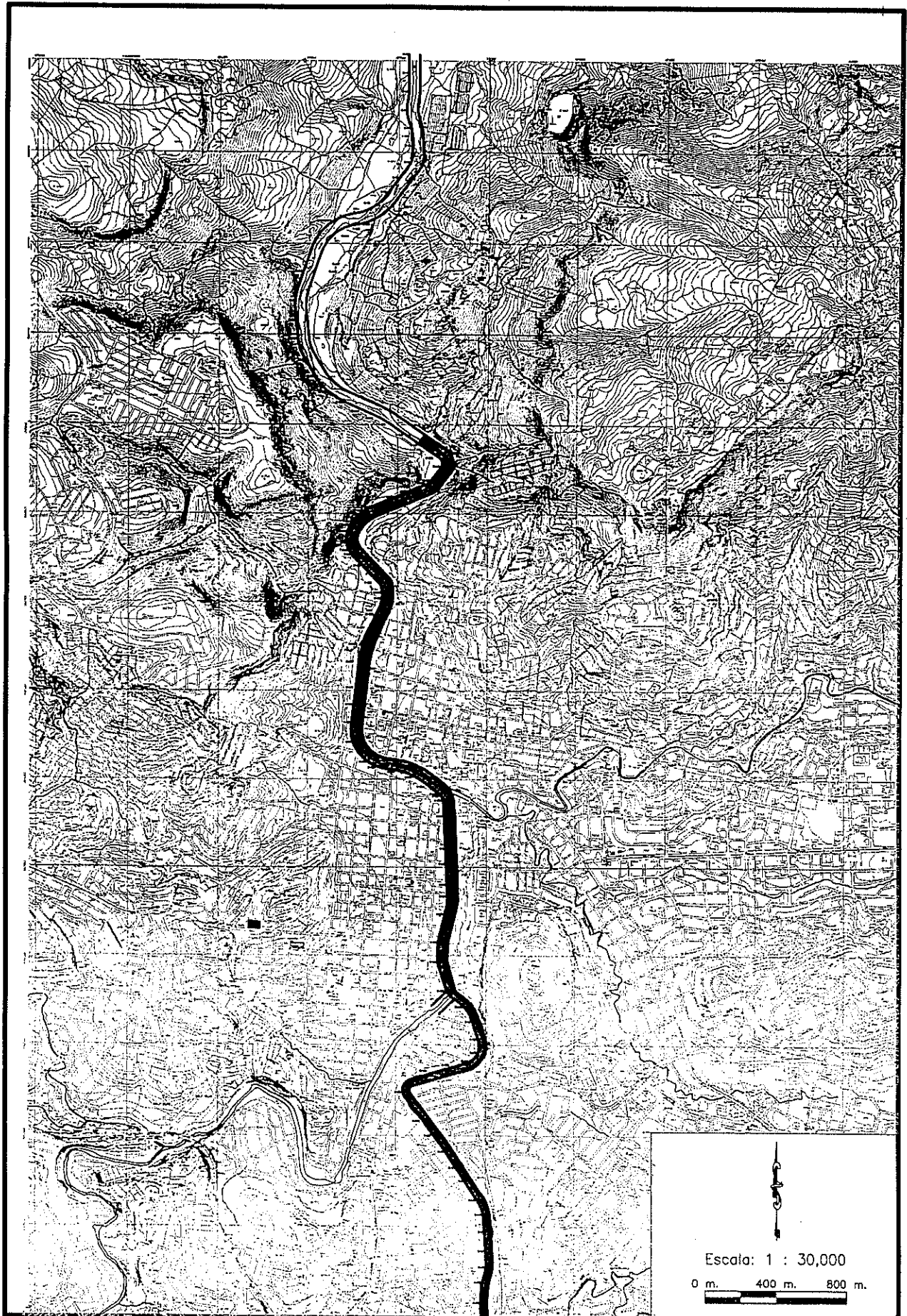


Figura F.4.5

Alineación Planeada del Río Choluteca (1/2)