

INFORME SUPLEMENTARIO E SEDIMENTOLOGIA**1. ESTUDIO DE PLAN MAESTRO****1.1 Generalidades**

En el Area de Estudio, existen tres principales tributarios y varios otros tributarios pequeños del Río Chamelecon. Los principales tributarios son el Río Choloma (área de captación de 106.89 km²), el Río Blanco (área de captación 190.24 km²), y el Río El Sauce (área de captación de 118.33km²). Se informa que las cantidades de la descarga de sedimento de estos ríos son grandes. La deposición desedimentos se puede observar especialmente en los tramos de medio río y de río abajo de éstos ríos, y esto causa problemas de sedimento incluyendo agradación del lecho del río y reducción en la capacidad de descarga de aguas crecidas.

En caso contrario, en el tramo de medio río del Río Blanco, se observa degradación del lecho del río. Debido a esta degradación del lecho, el zocalo y los pilares de madera de los cimientos del Puente de Ferrocarril están expuestos sobre el lecho del río, y el puente se esta convirtiendo en una condición peligrosa. Esta degradación parece ser causada por el excesivo saque de arena en el tramo medio del Río Blanco. Adicionalmente, este tipo de degradación generalmente causa el problema de sedimento tal como el colapso de los cimientos del revestimiento de los bordes del río como también el colapso de los cimientos de las estructuras del río incluyendo el puente.

Entonces, para la estabilización del canal del río, es necesario mantener la condición dinámica de equilibrio de la descarga de sedimento del canal. Esta condición dinámica de equilibrio significa el balance del influjo de sedimento a las secciones de río arriba del canal y el efluente de sedimento de las secciones de río abajo del canal a través del curso del río desde el tramo río arriba hasta el tramo río abajo.

Considerando los problemas de sedimentos antes mencionados, el propósito del estudio sedimentologico de este Reporte Suplementario esta compuesto de los siguientes:

- 1) Para la presente condición de los ríos de Área de Estudio incluyendo el Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce:
 - a) Estimar la capacidad de descarga de sedimento de los ríos existentes en el Área de Estudio,
 - b) Evaluar la tendencia de agradacion y degradación del lecho de los ríos existentes,

- c) Evaluar el balance de la descarga de sedimento en términos de la estabilización de los canales de los existentes ríos.
- 2) Para la condición futura de los ríos del Área de Estudio incluyendo el Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce:
- a) Estimar la capacidad de descarga de sedimento de la futura condición de los ríos del Área de Estudio,
 - b) Evaluar el balance de la descarga de sedimento en términos de la estabilización de los canales de los ríos en el futuro,
 - c) Encontrar el diseño apropiado de las futuras secciones transversales de los ríos y el perfil longitudinal en el aspecto de la estabilización de los canales considerando también el control de inundación.

1.2 Historia de la Condición del Flujo de Sedimento de los Ríos

En este capítulo se describe la historia reciente de las condiciones del flujo de sedimento como deposición de arena, agradación o degradación del lecho de los ríos en el Área de Estudio incluyendo Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce.

1.2.1 Río Choloma

Debido al Huracán Fifi en Septiembre 1974, ocurrió el flujo de arrastre mas grande que haya sido registrado. Una cuantiosa cantidad de sedimento fue depositado a lo largo del curso del río por este arrastre. La profundidad de la deposición del sedimento de este arrastre se estimo ser de 0.5 a 3.0 m en el tramo río arriba entre el puente de la carretera y la confluencia del Río Choloma con Río La Jutosa (una distancia cerca de 5 km) y de 0.5 m a 1.0 m en el tramo río abajo del puente de la carretera (una distancia cerca de 7 km).

Después del Fifi, el Canal San Roque y el Canal San Roque-Cuabanos fueron construidos en 1977 y 1978 para mejorar la condición de inundación del tramo río abajo de Río Choloma. El Río Choloma se junta con el Canal San Roque y fluye al Río Chamelecon primero a través del Canal San Roque-Cuabanos y segundo a través del Canal Copen-Higuero-Cuabanos (bajo construcción). Adicionalmente,

SECOPT condujo un dragado en el tramo río abajo del puente de la carretera del Río Choloma en 1979 para asegurar la capacidad de flujo de aguas crecidas.

Aunque se han hecho estas mejorías al Río Choloma, cuando la cantidad de des-carga de sedimento del tramo río arriba del Río Choloma es grande, deposición de sedimentos y agradacion del lecho del río han estado ocurriendo hasta ahora.

Una evidencia de la deposición de sedimento y agradacion se encuentra en el tramo mas río abajo del Canal San Roque-Cuabanos cerca de 700 m de largo, que es el tramo de conexión al Canal San Roque-Cuabanos con el Canal Copen Higuero-Cuabanos como se muestra en *Fig. E.1.1*. En este tramo, la Comisión Ejecutiva Valles de Sula condujo un dragado del existente canal de Canal San Roque-Cuabanos (cerca de 200 m) y una excavación en 1992 de un nuevo corte para unir Canal San Roque-Cuabanos y el Canal Copen-Higuero-Cuabanos (cerca de 500 m). La deposición y agradacion del lecho cerca de 1.0 m a 2.0 m se puede observar con esta figura. Esta deposición de sedimento es incluida en la deposición de sedimento entre 1977 y 1992.

1.2.2 Río Blanco

En Septiembre 1974 debido al Huracán Fifi, el arrastre mas grande que se haya registrado ocurrió en Río Blanco. Con este arrastre, cuantiosa cantidad de sedimento fue depositado en el curso del río. La profundidad de la deposición del sedimento de este arrastre se estima cerca de 1.0 m a 3.0 m en el tramo río arriba entre el Puente de la Carretera y las partes mas río arriba de los conos aluviales del Río Zapotal y del Río Armenta (distancia cerca de 4 a 5 km) y aproximadamente 1.0 m a 0.2 m en el tramo río abajo del Puente de la Carretera (distancia cerca de 3 km).

Después del Fifi, se condujeron mejorías en Río Blanco en 1978 por SECOPT y la Municipalidad de San Pedro Sula basado en el estudio de control de inundación hecho por Sir William Halcrow y Asociados en 1975. Se condujeron un excavación del lecho con una profundidad cerca de 2.0 m a 3.0 m en el tramo río abajo y cerca de 3.0 m y 4.0 m en el tramo río arriba, como también se amplio y se construyeron diques en el canal.

Aunque se hicieron las mejorías anteriores, cuando la cantidad de descarga de sedimento del tramo río arriba como también la cantidad de deposición de sedimento causados por el arrastre de Fifi fueron grandes, se observo agradacion del lecho cerca 2.0 a 3.0 m en el Puente de la Carretera en 1980.

En caso contrario, degradación del lecho debido al excesivo saque para materiales de construcción se pudo observar en el tramo medio río en 1992; esto, causa un problema estructural a ambos Puente de Ferrocarril y Puente de la Carretera como se describe en Sección 1.1. La profundidad de degradación en el Puente de Ferrocarril se estimo ser mas de 2.0 m.

1.2.3 Río El Sauce

Aun con el Huracán Fifi, en el Río El Sauce y sus tributarios de Río Santa Ana/Río Bermejo y Río Piedras no ocurrió un gran arrastre como el de Río Choloma y Río Blanco. Pero, la deposición de sedimento se pudo estimar cerca de 2.0 m en el tramo río abajo del Río Santa Ana/Río Bermejo de acuerdo a los vestigios presentes en la deposición de sedimento hecha en 1974.

Después del Fifi, se condujeron mejorías del Río El Sauce, Río Santa Ana/Río Bermejo y Río Piedras por la Municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT en 1976 y 1977. Una de las mejorías fue la excavación del lecho de estos ríos cerca de 1.0 m a 2.0 m de profundidad. Hasta el momento, la cantidad de agradación o degradación del lecho después de las mejorías no está establecida.

1.3 Condición del Presente Flujo de Sedimentos de los Ríos

En esta sección, las condiciones presentes del flujo de sedimentos de los ríos en el Área de Estudio se describen en términos de los patrones de flujo de sedimento y los materiales del fondo.

1.3.1 Patrón del Flujo de Sedimento de los Ríos

Los patrones de flujo de sedimento se dividen generalmente en 5 patrones:

a) Flujo de Arrastre

El flujo de arrastre es el flujo condensado de lodo, arena, cascajo, piedras y agua. En el tramo más río abajo del arrastre, la concentración de piedras grandes de varios metros de diámetro se observan frecuentemente. La velocidad del flujo de arrastre es muy alta. Generalmente, este tipo de flujo ocurre en el lugar con una inclinación de más de 15 grados (1/3.7) y para fluir con la inclinación de 3 a 4 grados (1/14.3 a 1/19.1).

b) Flujo de Transición entre el Flujo de Arrastre y el Arrastre de Fondo

El flujo de transición es el flujo de sedimento entre el flujo de arrastre y el arrastre de material de fondo que se describe en inciso c). En este tipo de flujo, parte del espesor de arena y cascajo del lecho del río se mueve con el agua. Este movimiento no se debe a la saltación ni al flujo condensado como el flujo del arrastre. Este flujo generalmente ocurre en el río con la inclinación de lecho de 4 grados a 10 grados (1/14.3 a 1/5.7).

c) Arrastre de Fondo

El arrastre de fondo es un tipo de arrastre de material de fondo que es el flujo de sedimento compuesto de arena y cascajo existente en el lecho de río. Cada grano de arena y cascajo en la superficie del lecho, que son menores que el tamaño límite para el movimiento, son levantados por la corriente y son transportados y depositados nuevamente en el lecho del río. Este movimiento se llama saltacion, y la distancia de la saltacion es muy corta. El arrastre de fondo se observa en el tramo aguas abajo del flujo de transición.

d) Arrastre Suspendido

El arrastre suspendido es también otro tipo de arrastre de material de fondo. El arrastre suspendido generalmente se observa en el tramo del río con el material de fondo que incluya un alto porcentaje de arena fina. El movimiento del arrastre suspendido es saltacion con una distancia de transporte mayor que la del arrastre de fondo. En el tramo aguas abajo, el arrastre suspendido y el arrastre de fondo generalmente se observan en el mismo lugar.

e) Arrastre de Superficie

El arrastre de superficie es el flujo de sedimento compuesto de materiales muy finos que no se pueden encontrar en el lecho del río. Estos materiales se supone que son llevados desde los tramos aguas arriba. Los materiales flotantes del arrastre de superficie no son depositados en el curso del río mientras son transportados.

Los patrones de flujo de sedimentos que son importantes para cuantificar la descarga de sedimentos de los ríos del Área de Estudio son flujo de arrastre, flujo de transición, arrastre de fondo y arrastre suspendido.

1) Río Choloma

De acuerdo a la investigación de campo y al análisis de las fotografías aéreas, los tramos del río con patrones de flujo de sedimentos de flujo de arrastre, flujo de transición y arrastre de fondo pueden ser identificados como se indica en la *Fig. E.1.2.*

La deposición del flujo de arrastre de Huracán Fifi en 1974 mas alejados aguas abajo pueden observarse aproximadamente 1.0 km aguas arriba de la confluencia del Río Majaine con el Río Ocotillo, para el Río Majaine. Para el Río Ocotillo, el flujo de arrastre (avalancha) alcanzo hasta la confluencia del Río Majaine con el Río Ocotillo en el Fifi. Para el Río La Jutosa, el flujo de arrastre en el Fifi alcanzo hasta la Villa Vieja

Jutosa que se encuentra aproximadamente 1.0 km aguas arriba de la confluencia del Río Choloma con el Río La Jutosa.

El flujo de transición en el Río Majaine no ocurre en el tramo aguas abajo del tramo del flujo de arrastre. Para el Río La Jutosa, el flujo de transición ocurre en el tramo mas alejado aguas abajo (distancia aproximada 1.0 km).

El arrastre de fondo ocurre en el tramo aguas abajo del tramo de flujo de arrastre del Río Majaine (distancia aproximada 3.5 km). Para el Río Choloma, el arrastre de fondo ocurre en los tramos medio y aguas abajo, que son los tramos aguas abajo de la confluencia del Río Majaine/Río La Jutosa con el Río Choloma.

El arrastre suspendido parece ocurrir en el tramo aguas abajo del Río Choloma, pero el alcance de su ocurrencia no puede identificarse claramente.

2) Río Blanco

Los tramos del río con patrones de flujo de sedimento de flujo de avalancha, flujo de transición y arrastre de fondo pueden identificarse aproximadamente como se muestra en la *Fig. E.1.2.*

El flujo de arrastre alcanzo en el Fifi hasta cerca de 3.0 km aguas arriba de la confluencia del Río Zapotal con el Río Armenta, para el Río del Zapotal. Para el Río Armenta, el flujo de avalancha alcanzo hasta cerca de 2.5 km aguas arriba de la confluencia del Río del Zapotal con el Río Armenta.

El flujo de transición del Río del Zapotal ocurre en el tramo mas alejado aguas abajo (distancia aproximada 3.0 km). Para el Río Armenta, el flujo de transición no parece ocurrir en el tramo mas alejado aguas abajo (distancia 2.5 km).

El arrastre de fondo parece ocurrir en el tramo mas alejado aguas abajo del Río Armenta (distancia aproximada 2.5 km). Para el Río Blanco el arrastre de fondo ocurre en el tramo aguas abajo de la confluencia del Río del Zapotal/Armenta con el Río Blanco.

El arrastre suspendido parece ocurrir en el tramo aguas abajo del Río Blanco, pero el alcance de su ocurrencia no puede identificarse claramente.

3) Río El Sauce

Los tramos del río con patrones de flujo de sedimento de flujo de avalancha, flujo de transición y arrastre de fondo pueden ser identificados aproximadamente como se muestra en la *Fig. E.1.2.*

Aunque los tramos de flujo de avalancha del Río Santa Ana/Río Bermejo y del Río Piedras no están claros, se supone que están localizados aguas arriba del inicio del abanico aluvial del Río Santa Ana/Río Bermejo y el Río Piedras.

El flujo de transición del Río Santa Ana/Río Bermejo ocurre en el tramo entre 4.0 km y 6.0 km aguas arriba de la confluencia del Río Piedras con el Río Santa Ana/Río Bermejo. Para el Río Piedras, el flujo de transición ocurre en el tramo entre 4.0 y 6.5 km aguas arriba de la confluencia del Río Piedras con el Río Santa Ana/Río Bermejo.

El arrastre de fondo ocurre en el tramo aguas abajo del Río Santa Ana/Río Bermejo (distancia aproximada 4.0 km), en el tramo aguas abajo del Río Piedras (distancia aproximada 4.0 km) y en todo el tramo del Río El Sauce entre la confluencia del Río El Sauce con el Río Chamelecon y la confluencia del Río El Sauce con el Río Piedras/Río Santa Ana (distancia 14.6 km).

Como el material del lecho del río en los tramos medio y aguas abajo del Río El Sauce incluye arenas finas, el arrastre suspendido parece ocurrir en estos tramos.

1.3.2 Materiales del Lecho de los Ríos

En este Estudio, se ha llevado a cabo investigaciones de los materiales del lecho para los Ríos Choloma, Blanco y el Sauce, a fin de obtener datos del material del lecho de los ríos para evaluar las cantidades de descarga de sedimentos de estos ríos y para la planificación del cauce con estabilidad dinámica.

1) Sitios de Muestreo de los Materiales del Lecho de los Ríos

Los sitios de muestreo de los materiales del lecho de los ríos se indican en la *Fig. E.1.3*. En total se muestrearon 9 sitios, obteniendo 3 muestras para cada uno de los ríos: Choloma, Blanco y El Sauce. En cada río se tomaron muestras en el tramo aguas abajo, en el tramo medio y en el tramo aguas arriba, tomando 3 muestras por sitio, una del lado izquierdo del río, una en el centro y una en el lado derecho. Por tanto, el número total de muestras fue de 27.

En algunos puntos de muestreo en los tramos medio y aguas arriba de estos ríos, la superficie del lecho de los ríos está cubierta con arena y cascajo más grandes que los materiales del lecho de los ríos debajo de la superficie. Esta se llama capa de armadura. El diámetro promedio de estas capas de armadura fue también medido.

2) Características de los Materiales del Lecho de los Ríos

Para cada muestra se efectuaron ensayos de laboratorio, consistentes en análisis del tamaño de las partículas y gravedad específica. La Fig. E.1.4 muestra los resultados del análisis del tamaño de las partículas, el diámetro promedio, el diámetro 90% y la gravedad específica promedio de los materiales del lecho del río en los sitios aguas abajo, medio y aguas arriba del Río Choloma, del Río Blanco y del Río El Sauce. En esta figura, también se muestra el diámetro promedio de la capa de armadura.

La Fig. E.1.5 muestra la variación longitudinal de diámetro y el promedio longitudinal de la gravedad específica del Río Choloma, del Río Blanco y del Río El Sauce. La variación longitudinal del diámetro promedio, el diámetro 90%, el diámetro promedio de capa de armadura y la gravedad específica del Río Choloma, del Río Blanco y del Río El Sauce se resumen de la siguiente manera:

(1) El Río Choloma

Sitio de Muestreo	Distancia acc. (km)	Diámetro Promedio dm (mm)	90% Dia. d90 (mm)	Dia. prom. Capa de Armadura da (mm)	Gravedad Especifica
A-1 (Aguas Abajo)	13.5	1.37	3.28	-	2.76
A-2 (Medio)	19.1	20.47	60.33	-	2.74
A-3 (Aguas Arriba)	24.1	24.41	65.83	78.00	2.78
				Promedio	2.76

(2) El Río Blanco

Sitio de Muestreo	Distancia acc. (km)	Diámetro Promedio dm (mm)	90% Dia. d90 (mm)	Dia. prom. Capa de Armadura da (mm)	Gravedad Especifica
B-1 (Aguas Abajo)	20.9	0.70	1.38	-	2.68
B-2 (Medio)	23.8	20.47	2.83	-	2.68
B-3 (Aguas Arriba)	25.9	24.41	60.75	85.60	2.68
				Promedio	2.68

(3) El Río El Sauce

Sitio de Muestreo	Distancia acc. (km)	Diámetro Promedio dm (mm)	90% Dia. d90 (mm)	Dia. prom. Capa de Armadura da (mm)	Gravedad Especifica
C-1 (Aguas Abajo)	4.50	0.48	1.03	-	2.68
C-2 (Medio)	13.00	0.40	0.97	-	2.70
C-3 (Aguas Arriba)	19.20	21.46	56.70	81.40	2.71
				Promedio	2.70

Las variaciones longitudinales del diámetro de los materiales del lecho de los Ríos Choloma, Blanco y El Sauce tienen una característica común de cambio abrupto del diámetro en el tramo medio, de cascajo aguas arriba a arena en el tramo medio. La razón de este cambio abrupto es la reducción abrupta de la fuerza tractiva del río debido a la reducción abrupta de la pendiente del lecho en los tramos medios.

1.4 Balance de las Descargas de Sedimentos de los Ríos

Para la estabilización del canal del río, es necesario mantener el balance longitudinal de la descarga de sedimentos. A esto se le llama la condición de equilibrio dinámico. En esta sección, las descargas de sedimentos longitudinales de los Ríos Choloma, Río Blanco y Río El Sauce fueron simuladas para ambos casos en que no se realicen los proyectos (sin control de inundaciones y sin control de erosión y sedimentación) y con la ejecución de los proyectos (con control de inundaciones y con control de erosión y sedimentación). Usando estas descargas de sedimentos longitudinales, se comprobaron los balances de descargas de sedimentos y la tendencia de agradación o socavación del lecho del río de estos ríos.

1.4.1 Procedimientos de Simulación de la Descarga de Sedimentos y Variación del Lecho del Río

El procedimiento de la simulación de la descarga de sedimentos longitudinales y la variación del lecho del río de Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce es como sigue:

- (1) La simulación fue hecha de los tramos del arrastre de fondo de estos ríos.
- (2) Los cálculos hidráulicos incluyendo el nivel del agua y la velocidad de ella fueron hechos mediante los cálculos irregulares del diseño hidrográfico de flujos de 50 años usando los datos de secciones transversales del río a intervalos de alrededor de 1.0 km.

- (3) La descarga de sedimento se calcula como arrastre de fondo para el diseño hidrografico de flujos de 50 años por medio del método Ashida-Michiue, usando datos de la sección transversal del río a intervalos de alrededor de 1.0 km.
- (4) Los cálculos hidraulicos y de la descarga de sedimentos se hacen usando los datos de la sección transversal con la elevación fija del lecho del río en la duración del diseño hidrografico. Entonces, las variaciones del lecho del río con una secuencia corta de tiempo en la duración del diseño hidrografico no son calculadas.
- (5) El balance longitudinal de la descarga de sedimento, deposición y erosión de sedimento y agradacion y degradación del lecho de río son calculados usando la descarga de sedimento antes mencionada.
- (6) El balance de la descarga de sedimento, entre los tramos aguas arriba de los tramos del flujo de arrastre y los tramos del flujo de transición entre la descarga de sedimentos de los tramos del arrastre de fondo fue comprobada usando los resultados del Reporte Suplementario D "Producción de Sedimentos y Estudio del Control de Sedimentos" y la descarga de sedimentos de (5).

Los casos de simulación son como sigue:

- (1) Río Choloma
 - Caso 1-1 Sin control de inundación y sin control de erosión y sedimentos
 - Caso 1-2 Con control de inundación y con control de erosión y sedimento (ref. a *Fig. E.1.6*)
- (2) Río Blanco
 - Caso 2-1 Sin control de inundación y sin control de erosión y sedimentos
 - Caso 2-2 Con control de inundación a lo largo del curso original del río y con control de erosión y sedimentos (ref. a *Fig. E.1.7*)
- (3) Río El Sauce
 - Caso 3-1 Sin control de inundación y sin control de erosión y sedimentos
 - Caso 3-2 Con control de inundación y con control de erosión y sedimentos (ref. a *Fig. E.1.8*).

(4) Plan de Desviación del Río Blanco con el Mejoramiento del Río

Caso 4-1 Control de inundación por medio del canal de desviación del Río Blanco al Río El Sauce con el mejoramiento del Río El Sauce y control de erosión y sedimentos de la cuenca del Río Blanco y la cuenca del Río El Sauce (ref. a Fig. E.1.9)

1.4.2 Método de Cálculo del Arrastre de Fondo

Para el cálculo del arrastre de fondo, se adoptó el Método Ashida-Michiue.

Método Ashida-Michiue

La descarga del arrastre de fondo por unidad de ancho es como sigue:

$$q_B = 17 t_*^e (1 - t_*^c / t_*) (1 - u_*^c / u_*) u_*^e d_m$$

donde,

q_B : descarga del arrastre de fondo por unidad de ancho (cm^3/seg)

d_m : diámetro promedio del material del lecho del río

u_* : velocidad de empuje (cm/seg)

u_*^c : velocidad crítica de empuje de d_m calculado por el método Iwagaki usando s/w

t_* : fuerza tractiva no-dimensional correspondiente a u_*

s/w : gravedad específica del material del lecho del río

t_*^c : fuerza tractiva crítica no-dimensional correspondiente a u_*^c

u_*^e : velocidad cortante efectiva que es una función de velocidad, profundidad del agua y t_*

t_*^e : fuerza tractiva no-dimensional correspondiente a u_*^e

La descarga del arrastre de fondo por unidad de ancho fue calculada para la velocidad cortante que es mayor que la velocidad cortante crítica de la capa de armadura. La descarga del arrastre de fondo de una sección transversal de río (Q_B) se calcula usando q_B y el ancho del lecho del río. El volumen de descarga de sedimentos transportado por la inundación de diseño es la suma de Q_B durante la duración de la hidrografía de inundación. Además, el volumen de descarga de sedimento fue calculado como un volumen total incluyendo una razón invalida del 40%.

1.4.3 Río Choloma

La simulación de la descarga de sedimentos y la variación del lecho del río con respecto al Río Choloma fue realizada par el tramo del río desde la unión del Río Choloma con el Canal San Roque aguas abajo de la unión con el Río La Jutosa (11.48 - 22.98 km).

1) Caso 1-1 Sin Control de Inundaciones y Sin Control de Erosión y Sedimentacion

Fig. E.1.10 muestra los resultados de la simulación. En esta figura, se muestra la variación longitudinal del volumen de sedimentos, deposición y erosión de sedimentos y la profundidad de agradacion y socavación del lecho del río en canal agua baja.

De esta figura se pueden obtener las siguientes características en términos de balance de sedimentos y tendencia de agradacion y degradación del lecho de río:

- (1) Hay un desbalance del volumen de descarga de sedimentos longitudinales. El volumen de descarga de sedimentos es relativamente menos en los tramo cerca de la confluencia con el Canal San Roque, en el tramo medio y cerca del Puente de la Carretera Nacional.
- (2) Debido al desbalance del volumen de descarga de sedimentos, se estima que ocurre deposicion de sedimentos en los tramos justo aguas arriba de la confluencia con el Canal San Roque y el tramo medio. La profundidad de agradacion del lecho en el tramo mas aguas abajo se estima tanto como 120 cm. por las inundaciones de 50 años. Pero, la profundidad de agradacion para estos tramos excepto el tramo mas aguas abajo es dentro de 20 cm.
- (3) Esta condición de sedimentos inestables causa problemas de agradacion en este tramo.
- (4) El balance del volumen de descarga de sedimentos de los tramos aguas arriba de los tramos del flujo de arrastre y tramos del flujo de transición entre el volumen de descarga de sedimentos del tramo del arrastre de fondo se evalúa en el Puente de la Carretera Nacional el cual es el punto de control de diseño del control de erosión y sedimentacion.

a) Descarga de sedimentos de diseño :	1,428,000 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	6,400 m ³
Diferencia	1,421,600 m ³

La diferencia del volumen anterior se supone ser depositada principalmente en el tramo aguas abajo entre la confluencia del Canal San Roque y el Puente de la Carretera

Nacional cerca de 7.8 km. Si el ancho promedio de deposición es supuestamente cerca de 250 m , el mismo ancho de la deposición mas profunda de Fifi, la profundidad de deposición se puede estimar cerca de 75 cm. Esta profundidad de deposición casi coincide con la deposición de sedimento causada por el Huracán Fifi en 1974.

2) Caso 1-2 Con Control de Inundación y Con Control de Erosión y Sedimentos

En relación con el control de inundaciones se planean en el tramo aguas abajo mejorías del río mediante secciones compuestas de 60 m de ancho de canal de aguas bajas, y 148 m de ancho de canal de aguas altas se planea para el ramo entre la confluencia del canal San Roque y el Puente de la Carretera Nacional. Para el control de erosión y sedimentos, se planea instalar presas de detención y presas de consolidación, etc. en los tramos aguas arriba del Puente de la Carretera Nacional.

Fig. E.1.11 muestra los resultados de la simulación.

- (1) El desbalance de descarga de sedimentos en el tramo aguas abajo del Caso 1-1 mejorara mucho mediante la mejoría del río.
- (2) El volumen de acumulación y erosión de los sedimentos tanto como la profundidad de agradacion y socavación del lecho del río será muy poca en el tramo aguas abajo.
- (3) Por lo tanto, el tramo aguas abajo el tramo aguas abajo estará casi en la condición de estabilidad dinámica.
- (5) El balance del volumen de descarga de sedimentos entre los tramos aguas arriba y el tramo aguas abajo se evalúa en el Puente de la Carretera Nacional.

a) Descarga de sedimentos admisible de diseño :	142,800 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	4,900 m ³
Diferencia	137,900 m ³

El volumen de la diferencia anterior se supone que se deposita principalmente en el canal aguas abajo del Puente de la Carretera Nacional cerca de 7.8 km. Si la deposición de sedimento supuestamente ha ocurrido dentro del canal agua baja, la profundidad promedio de deposición se calcula cerca de 30 cm., el cual es menos que la altura admisible de diseño para el bordo de 1.0 m. Entonces, la influencia de esta deposición será mínima.

1.4.4 Río Blanco

La simulación de la descarga de sedimentos y la variación del lecho del Río Blanco fue realizada para los tramos desde la entrada de la Laguna El Carmen hasta el Puente de la Carretera Nacional (20.50 km - 23.90 km)

1) **Caso 2-1 Sin Control de Inundación y Sin Control de Erosión y Sedimentación**

Los resultados de la simulación se muestran en la *Fig. E.1.12*. Las características del balance de sedimentos y la tendencia de agradación y socavación del lecho del río son como sigue:

- (1) Hay un desbalance del volumen de descarga de sedimentos longitudinales.
- (2) Agradación y degradación del lecho del río se estiman haber ocurrido debido al desbalance antes mencionado. Pero sus profundidades son menos de 20 cm.
- (3) Por lo tanto, se puede decir que el canal del río está casi en una condición de equilibrio dinámico desde el punto de vista de la simulación de sedimentos.
- (4) Desde el punto de vista local, se asume que la agradación del lecho ocurre alrededor del Puente de Carretera Nacional, a partir de los resultados de la simulación de sedimentos. Pero en la realidad, se observa degradación de más de 2.0 m en el Puente de Carretera Nacional, y los pilares de cimentación del puente están expuestos sobre el lecho del río.
- (5) Por lo tanto, el desbalance artificial de la descarga de sedimentos es causada por la extracción excesiva de arena. Este excesivo saque de arena debe restringirse para mantener la estabilidad del lecho del río y es necesario proteger los pilares del puente.
- (6) Se ha evaluado el balance del volumen de descarga de sedimentos de los tramos aguas arriba de los tramos de flujo de arrastre y los tramos de flujo de transición entre el volumen de descarga de sedimentos del tramo del arrastre de fondo en el Puente de la Carretera Nacional, el cual es el punto de control de diseño del control de erosión y sedimentación.

a) Descarga de sedimentos de diseño	801,000 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	13,400 m ³
Diferencia	787,600 m ³

Se asume que el volumen de la diferencia es depositado principalmente en el canal aguas abajo del Puente de la Carretera Nacional con 3.4 km. Si se asume que lo ancho de la deposición de sedimentos es la misma que el ancho existente del río, el área de deposición total entre la entrada de la Laguna El Carmen y el Puente de la Carretera Nacional se convierte en 480,000 m². La profundidad de deposición se estima cerca de 1.65 m. Esta profundidad de deposición coincide con la deposición de sedimentos causada por Huracán Fifi en 1974.

2) Caso 2-2 Con control de Inundación y Con Control de Erosión y Sedimentacion

En relación con el control de inundaciones, el Canal San Roque será mejorado con sección compuesta y algún bordo será provisto para el tramo aguas abajo alrededor de la entrada de la Laguna Carmen. El tramo aguas arriba desde la Laguna Carmen permanecerá sin mejorías de río. Para el control de erosión y sedimentacion, se planea instalar presas de detención y dique de agua, etc. en los tramos río arriba desde el Puente de la Carretera Nacional.

(1) El balance de sedimentos y la tendencia de agradacion y socavación son como en el Caso 2-1.

(2) El balance del volúmen de descarga de sedimentos de los tramos aguas arriba del Puente de la Carretera Nacional entre el tramo aguas abajo se ha evaluado de esta manera:

a) Descarga de sedimentos admisible de diseño	80,100 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	13,400 m ³
Diferencia	66,700 m ³

Se asume que el volumen de la diferencia anterior se deposita principal-mente dentro de los tramos río abajo del Puente de la Carretera Nacional con 480,000 m². La profundidad de deposición se ha estimado ser solamente 15 cm. La influencia de esta deposición será mínima.

3) Volumen Anual de Influjo de Sedimentos hacia la Laguna El Carmen desde el Río Blanco

El Río Blanco originalmente fluía a través del curso actual del Río El Sauce y fluía parcialmente en la Laguna El Carmen hasta 1974. Debido al Huracán Fifi de 1974, el curso principal del Río Blanco fue desplazado hacia el curso actual del río median-te el bloqueo natural de la sección transversal del río causada por la deposición de sedimentos alrededor del punto de divergencia del río principal. Después de 1974,

considerando esta desviación natural del curso del río, el curso del río fue cambiado permanentemente al curso del río actual mediante mejorías en el río incluyendo el cierre del curso original del río por el bordo.

Desde que se completo la mejoría mencionada, 100% de la descarga de sedimentos del Río Blanco fluye a la Laguna El Carmen. Debido a este influjo de sedimentos, la deposición de sedimentos en el área aguas arriba extrema de la Laguna El Carmen ha sido acelerada.

En esta subseccion se estiman los los volúmenes de influjos anuales de sedimentos en la Laguna Carmen desde el Río Blanco. La estimación fue hecha usando los datos de precipitación diaria entre 1982 y 1991. Se calcularon los volúmenes diarios de las descargas de sedimentos para estas precipitaciones diarias. El volumen anual de la descarga de sedimentos son como sigue:

Ano	Volumen de descarga de sedimentos anual (m ³)	Ano	Volumen de descara de sedimentos anual (m ³)
1982	19,600	1987	21,200
1983	17,300	1988	32,000
1984	21,300	1989	20,000
1985	14,100	1990	21,900
1986	18,100	1991	21,200
		Promedio	21,700

La descarga de sedimentos promedio anual anterior de 21,700 m³ es la cantidad que puede mover una barra de arena de 150 m de ancho y 1.5 m de alto alrededor de 100 m por ano en la dirección aguas abajo. Mediante este influjo de sedimentos y la deposición de sedimentos, la peñdiente del lecho del río de los tramos aguas abajo extremos del Río Blanco se suavizaran. Esto disminuirá la capacidad de

descarga en el tramo aguas abajo extremo del Río Blanco. Antes de 1974, no habia ocurrido este tipo de desbalance de sedimentos alrededor de la porción de entrada de la Laguna Carmen.

1.4.5 Río El Sauce

La simulación de la descarga de sedimentos y la variación del lecho de río tanto del Río El Sauce como también del Río Bermejo/Santa Ana y del Río Piedras fue realizada para el tramo de río de la confluencia con el Río Chamelecon hacia río arriba (Río El Sauce:

0.0 km - 14.6 km, Río Bermejo/Santa Ana: 14.85 km - 16.50 km, Río Piedras: 14.85 km - 16.85 km).

1) Caso 3-1 Sin Control de Inundación y Sin Control de Erosión y Sedimentación

La Fig. E.1.13 a Fig. E.1.15 muestran los resultados de la simulación. Las características del balance de sedimentos y la tendencia de agradación y socavación del lecho del río son como sigue:

- (1) Hay un desbalance del volumen de descarga de sedimentos en el Río El Sauce, Río Bermejo/Santa Ana y Río Piedras.
- (2) Con respecto al Río El Sauce, el volumen de la descarga de sedimento es entre 0.0 km y 8.0 km menos que el volumen del río arriba. Entonces, existe una tendencia de deposición de sedimentos en el tramo río abajo.
- (3) Para el Río Bermejo/Santa Ana y el Río Piedras, fue evaluado el balance del volumen de descarga de sedimentos de los tramos río arriba de los tramos de flujo de arrastre y los tramos de flujo de transición entre el tramo de la descarga de sedimentos del arrastre de fondo en los Puentes de la Carretera Nacional que son los puntos de control de diseño del control de erosión y sedimentos.

Río Bermejo

a) Descarga de sedimentos de diseño :	406,000 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	100 m ³
Diferencia	405,900 m ³

Río Piedras

a) Descarga de sedimentos de diseño :	331,000 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	900 m ³
Diferencia	330,100 m ³

Se asume que la diferencia del volumen anterior (total 736,00 m³) es depositado principalmente en el canal aguas abajo de los Puentes de la Carretera Nacional con las distancias de 14.6 km para el Río el Sauce, 1.7 km para el Río Bermejo/Santa Ana y 2.0 km para el Río Piedras. El área de deposición es cerca 3,708,000 m². La profundidad promedio de deposición se estima cerca de 0.2 m.

2) Caso 3-2 Con Control de Inundación y Con Control Erosión y Sedimentación

En relación con el control de inundaciones sin la desviación del Río Blanco, la mejoría del río será hecha con sección compuesta con 40 m ancho de canal agua baja y 148 m ancho del canal agua alta desde 0.0 km hasta 9.75 km. Se quedara sin mejoría de río el tramo río arriba desde 9.75 km del Río El Sauce, Río Bermejo/Santa Ana y Río Piedras. Para el control de erosión y sedimentos, se planea instalar presas de detención, etc. en los tramos río arriba de ambos Puentes de la Carretera Nacional.

Fig. E.1.16 a Fig. E.1.18 muestran los resultados de la simulación. El balance de sedimentos y la tendencia de la variación del lecho de río son como sigue:

- (1) Aunque el volumen de la descarga de sedimentos en el tramo río abajo desde 8.00 km se mejorara, todavía habrá un desbalance longitudinal del volumen de descarga de sedimentos.
- (2) Habrá una tendencia de deposición de sedimento en el tramo río abajo ya mencionado. Pero, la profundidad de deposición es solamente menos de 20 cm.
- (3) Por lo tanto, será necesario una investigación periódica de la sección transversal y mantenimiento del lecho de río incluyendo un dragado para mantener la sección transversal del diseño del río.
- (4) El balance del volumen de la descarga de sedimentos entre el tramo río arriba desde los Puentes de la Carretera Nacional y los tramos río abajo serán como sigue:

Río Santa Ana/Bermejo

a) Descarga de sedimentos admisible de diseño	40,600 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	200 m ³
Diferencia	40,400 m ³

Río Piedras

a) Descarga de sedimentos admisible de diseño	33,100 m ³
b) Volumen de descarga de sedimentos del arrastre de fondo	1,200 m ³
Diferencia	31,900 m ³

Se asume que el volumen (total 72,300 m³) de la diferencia anterior se deposita principalmente dentro de los tramos río abajo de los Puentes de la Carretera

Nacional con $1,180,000 \text{ m}^2$. La profundidad de deposición se estima solamente 6 cm. La influencia de esta deposición será mínima.

1.4.6 Caso 4-1 Plan de Desviación del Río Blanco con la Mejoría del Río El Sauce

Este caso es la simulación de la descarga de sedimento y la variación del lecho de río para el plan de control de inundación del Río Blanco y el Río El Sauce por medio del encauzamiento del curso del Río Blanco al Río El Sauce (confluencia a 12.60 km) con mejoría del Río El Sauce entre 0.00 km y 9.75 km.

Fig. E.1.19 a Fig. E.1.22 muestran los resultados de esta simulación.

1) Río Blanco

Las características del balance de sedimentos y la variación del lecho del Río Blanco incluyendo el cana de desviación son como sigue:

- (1) Habrá un desbalance de descarga de sedimentos longitudinal. Especialmente, el volumen de descarga de sedimento es pequeño alrededor de río arriba de la confluencia del canal de desviación con el Río El Sauce.
- (2) Debido a este desbalance de sedimentos, la deposición de sedimentos alrededor de río arriba de la confluencia mencionada y la profundidad de deposición será unos 20 cm.
- (3) Por lo tanto, será necesario llevar a cabo la investigación periódica de la sección transversal y el mantenimiento del lecho de río para el canal de desviación.
- (4) Será necesario restringir la extracción excesiva de arena en el canal del Río Blanco incluyendo el canal de desviación.
- (5) El balance de sedimentos de la cuenca río arriba y la descarga de sedimentos del canal del Río Blanco es igual que lo descrito del Caso 2-1.

2) Río El Sauce

Las características del balance de sedimentos y la variación del lecho de río del Río El Sauce son como sigue:

- (1) Habrá todavía un desbalance del volumen de descarga de sedimentos longitudinal.

- (2) Habrá una tendencia de deposición de sedimentos en el tramo río abajo desde la confluencia del canal de desviación del Río Blanco. Pero, la profundidad de deposición será menos de 20 cm.
- (3) Será necesario llevar a cabo la investigación periódica de la sección trans-versal de río y el mantenimiento del lecho de río.
- (4) El balance de sedimentos entre la descarga de sedimentos de la cuenca de río arriba y el volumen de descarga de sedimentos del Río Bermejo/Santa Ana y del Río Piedras será igual que lo descrito en Caso 3-2.

1.5 Sumario de los Resultado de las Simulaciones y Recomendaciones

1) Río Choloma

- (1) Hay un desbalance del volumen de la descarga de sedimentos para la condición de sin control de inundación y sin control de erosión y sedimentación. Especialmente, se estima que ocurrirá una notable tendencia de deposición y agradación del lecho de río en el tramo extremo río abajo.
- (2) Esta mencionada tendencia mejorara en la condición de con control de inundación, erosión y sedimentos, y el canal del río estará casi en la condición de estabilidad dinámica.
- (3) La diferencia entre los sedimentos admisibles de diseño y la capacidad de descarga de los sedimentos del canal con los proyectos de control de inundación, erosión y sedimentos serán depositados en los tramos río abajo del Puente de la Carretera Nacional. Como esta deposición será mínima, su influencia al canal será pequeña.

2) Río Blanco

- (1) Aunque existe un poco de desbalance del volumen de la descarga de sedimentos para la condición sin control de inundación y sin control de erosión y sedimentos, el canal del río esta casi en la condición de estabilidad dinámica.
- (2) Pero, debido a la extracción excesiva de arena, esta ocurriendo degradación artificial del lecho de río. Este saque excesiva debe restringirse.
- (3) La deposición de sedimentos ocurrirá alrededor del área entrada de la Laguna Carmen. La inclinación del lecho del río de esta área se suavizara por esta deposición de sedimentos.

- (4) La diferencia entre los sedimentos admisibles de diseño y la capacidad de descarga de los sedimentos del canal con los proyectos de control de inundación, erosión y sedimentos serán depositados en los tramos río abajo del Puente de la Carretera Nacional. La profundidad de deposición y su influencia al canal serán mínimas.
- 3) Río El Sauce
 - (1) Existe un desbalance en el volumen de la descarga de sedimentos para la condición sin control de inundación y sin control de erosión y sedimentos
 - (2) Aunque el desbalance anterior se mejorara hasta cierto punto en la condición con los proyectos de control de inundación y control de erosión y sedimentos, esta tendencia se mantendrá.
 - (3) Por lo tanto, será necesario el mantenimiento periódico del canal.
 - (4) La diferencia entre el sedimento admisible del diseño y la capacidad de la descarga de sedimentos del canal será depositado en los tramos río abajo de ambos Puentes de la Carretera Nacional del Río Santa Ana/Bermejo y el Río Piedras. La profundidad de deposición y su influencia al canal será mínima.
 - 4) Plan de Desviación del Río Blanco con la Mejoría del Río El Sauce
 - (1) Deposición de sedimentos ocurrirá alrededor de la confluencia con el Río El Sauce para la desviación del Río Blanco. Pero, la profundidad de la deposición será pequeña.
 - (2) El desbalance longitudinal de la descarga de sedimentos se estima que ocurre en el Río El Sauce.
 - (3) Por consiguiente, será necesario un mantenimiento periódico de los canales.
 - (4) La diferencia entre el sedimento admisible del diseño y la capacidad de la descarga de sedimentos el canal será depositada en los tramos río abajo de los Puentes de la Carretera Nacional del Río Santa Ana/Bermejo, el Río Piedras y el Río Blanco. La profundidad de la deposición y su influencia al canal será mínima.

2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

2.1 Generalidades

Basado en los resultados del Estudio del Plan Maestro, el Rfo Choloma desde la confluencia con el Canal San Roque hasta la confluencia con el Río La Jutosa, este ultimo río y el Río Majaine fueron seleccionados para los tramos del estudio de factibilidad para el control de inundaciones y el control de erosión y sedimentos.

En el estudio de factibilidad, se condujeron: Una investigación suplementario de la sección transversal, un estudio hidrológico, y una investigación de los danos de inundación, etc. Basado en estas mejores informaciones, el anterior Plan Maestro para los proyectos de control de inundación y control de erosión y sedimentos para el Río Choloma fue mejorado. Con esto, los proyectos de largo plazo y los proyectos urgentes fueron formulados como se describe en el Reporte Suplementario D: "Estudio de Producción de Sedimentos y Control de Sedimentos" y en el Reporte Suplementario F: "Estudio de la Mitigación de Inundaciones."

En este capitulo, se simularon la descarga de sedimentos y la tendencia de agradacion o degradación del lecho del Rfo Choloma utilizando las informaciones mejoradas de los estudios mencionados. Usando los resultados de las simulaciones ya mencionadas, se evaluaron el balance de sedimentos y la tendencia de agradacion y degradación del lecho del río.

2.2 Simulación de la Descarga de Sedimento y Variación del Lecho del Río

Las simulaciones de la descarga del arrastre de fondo y la variación del lecho del Río Choloma se condujeron para los tramos de los ríos entre la confluencia con el Canal San Roque y la propuesta presa de consolidación cerca de 700 m. río arriba del Puente de la Carretera Nacional en este Estudio (referirse al Reporte Suplementario D: "Estudio de la Producción de Sedimentos y Control de Sedimentos").

Adicionalmente, las ya mencionadas simulaciones se condujeron para la hidrografo de inundaciones de diseño con un periodo de retorno de 50 años. Los parámetros hidraulicos para los cálculos del arrastre de fondo se obtuvieron por medio de cálculos no-uniformes para el hidrografo de diseño. Los materiales del lecho del río para la simulación fueron los mismos que los de la simulación del Estudio del Plan Maestro. Se utilizaron para las simulaciones los datos de la sección trans-versal del río de la investigación de 1993 hecha por el Estudio JICA con una distancia de intervalo cerca de 200 m.

Los casos de simulación son como sigue:

- Caso 1 : sin proyectos de control de inundación y sin proyectos control de erosión y sedimentos
- Caso 2 : con proyectos de largo plazo control de inundaciones y con proyectos de control de erosión y sedimentos
- Caso 3 : con proyectos urgentes de control de inundaciones y con proyectos de control de erosión y sedimentos

2.2.1 Caso 1 Sin Proyectos de Control de Inundación y Sin Proyectos de Control de Erosión y Sedimentos

- 1) En *Fig. E.2.1* se muestran los resultados de la simulación del Caso 1. Se puede estimar un tendencia de deposición de sedimentos y agradacion del lecho del río en el tramo río abajo de la confluencia con el Canal San Roque y el tramo medio. La profundidad de agradacion del mencionado tramo río abajo se ha estimado un máximo cerca de 100 cm. Esta tendencia coincide con la simulación de sedimentos conducida en el Plan Maestro (referirse a *Fig. E.1.10*).

Ademas, se puede estimar un notable tendencia de erosión alrededor del existente Puente de la Carretera Nacional. La estimada profundidad de degradación de estos puentes son cerca de 20 cm. a 60 cm. Como la elevación mas baja del existente lecho de río en el Puente de la Carretera Nacional es casi la misma elevación de la parte superior de los cimientos del existente puente, es necesario proveer protección al lecho de los pilares del existente puente y esos pilares del puente en construcción contra la erosión del lecho.

- 2) Se ha evaluado en el sitio de la propuesta presa de consolidacion (existente distancia acumulativa de 19.780 km.), el balance del volumen de la descarga de sedimentos del tramo río arriba del tramo flujo de arrastre y los tramos de flujo de transición entre el volumen de sedimentos del tramo del arrastre de fondo.

a) Descarga de sedimentos del diseño	: 1,428,000 m ³
b) Volumen de la descarga de sedimentos del arrastre de fondo	: 1,300 m ³
Diferencia	: 1,426.700 m ³

La diferencia antedicha del volumen de sedimentos será depositada dentro de los limites de los tramos río abajo de la propuesta presa de consolidación. Si el ancho promedio de la deposición fuese cerca de 250 m el cual es el mismo ancho del área de deposición mas profunda del Fifi, la profundidad promedio seria cerca de 70 cm. Esta

profundidad de deposición es casi la misma profundidad de deposición que se observo durante el Fifi. Considerando que la profundidad de deposición del tramo río arriba alrededor de la propuesta presa de consolidación será mas alta que la del tramo río abajo de la confluencia con el Canal San Roque, es posible que esta profundidad alcance hasta 140 cm. alrededor de la propuesta presa de consolidación. Esta profundidad de 140 cm. es casi la misma que se observo después del Fifi cerca del sitio de la propuesta presa de consolidación.

2.2.2 Caso 2 Con Proyectos de Control de Inundación a Largo Plazo y Con Proyectos de Control de Erosión y Sedimentos

Para el plan de control de inundación a largo plazo y control de erosión y sedimentos, las siguientes estructuras serán provistas para el Río Choloma (entre la confluencia con el Canal San Roque y la confluencia con el Río La Jutosa), el Río La Jutosa, y el Río Majaine.

Estructuras de Control de Inundación:

Se han planeado mejorías de río con secciones compuestas para le plan de largo plazo por el "Estudio de Mitigación de Inundaciones" para los tramos del río entre la confluencia con el canal de San Roque y la propuesta presa de consolidacion ubicada a 700 m río arriba del Puente de la Carretera Nacional (existente distancia acumulativa de 11.250 km. a 19.780 km. y la futura distancia acumulativa de 11.250 km. a 18.885 km.) Los tamaños de las secciones típicas de diseño son como sigue:

11.250 km - 18.185 km. (futura distancia acumulativa:

Canal agua baja : 50 m. a 40 m. de ancho y 2.0 m. a 2.5 m. de altura (río arriba)

Canal agua alta : 45 m. a 40 m. de ancho (río arriba)

Ancho Total : 148 m. a 130 m. (río arriba)

18.185 km. - 18.885 km (futura distancia acumulativa)

Canal agua baja : 50 m. a 40 m. de ancho y 2.0 m. a 2.5 m. de altura (río arriba)

Canal agua alta : 45 m. a 40 m. de ancho (río arriba)

Ancho Total : 148 m. a 130 m. (río arriba)

Estructuras de Control de Erosión y Sedimentos

Se han propuesto las siguientes estructuras en el plan de largo plazo del "Estudio de la Producción de Sedimentos y Control de Sedimentos" para controlar la erosión y

sedimentos: 10 presas de detención, 17 presas de consolidación, y 1 dique de agua de arrastre. En seguida esta la cantidad de estructuras para cada río:

Presas de Detención	:	Total 10 presas
		Río Majaine 7 presas
		Río La Jutosa 3 presas
Presas de Consolidación	:	Total 17 presas
		Río Choloma 7 presas
		Río Majaine 2 presas
		Río La Jutosa 8 presas
Dique de Agua	:	Total 1 bordo
		Río Choloma 1 bordo

- 1) En *Fig. E.2.2* se muestran los resultados de la simulación del Caso 2. La notable tendencia de deposición de sedimentos y la agradación del lecho del río del Caso 1 se mejorara mucho y el curso del río tendrá un buen balance de sedimentos. Pero, se mantendrá cierta tendencia de deposición local y agradación del lecho en el tramo río abajo cerca de la confluencia con el Canal San Roque (11.25 Km. - 12.00 Km.), el tramo medio (13.50 Km. - 15.50 Km.) y el tramo río arriba (17.00 Km. - 17.50 Km.)

La antedicha tendencia del tramo río arriba es causada por la falta de capacidad de descarga del existente Canal San Roque-Cuabanos y el Canal Copen-Higuero-Cuabanos como también el efecto de remanso del nivel de las aguas crecidas del Río Chamelecon. Esta tendencia no se mejorara sin el mejoramiento de río de los canales ya mencionados y el Río Chamelecon. Aunque la estimada profundidad de agradación es menos de 30 cm., será necesario un mantenimiento periódico del canal como un dragado para este tramo.

La tendencia antedicha del tramo medio y el tramo río arriba es el efecto de cambiar de secciones transversales del diseño del río. Pero, la profundidad de agradación será menos de 25 cm. y este efecto será menos.

Ademas, aunque la notable tendencia de erosión y degradación alrededor del Puente de la Carretera Nacional se mejorara hasta cierto punto con mejoramientos de río, esta tendencia se mantendrá. La profundidad de degradación será cerca de 50 cm. Por lo tanto, será necesario proveer protección al lecho del río alrededor del Puente de la Carretera Nacional.

- 2) Se ha evaluado el balance del volumen de la descarga de sedimentos del tramo río arriba del tramo de flujo de arrastre y los tramos del flujo de transición entre el volumen de sedimentos del tramo de arrastre de fondo en el sitio de la propuesta presa de consolidación (futura distancia acumulativa de 18.885 Km.)

a) Descarga de sedimentos admisible del diseño	:	142,800 m ³
b) Volumen de la descarga de sedimentos del arrastre de fondo	:	4,900 m ³
Diferencia		137,900 m ³

La mencionada diferencia del volumen de sedimentos serán depositados principalmente entre la propuesta presa de consolidación y la confluencia con el Canal San Roque de 7.64 Km. de futura distancia. Suponiendo que la deposición de sedimentos ocurre en el canal agua baja con un ancho de 50 m a 40 m., el área de deposición será 329,200 m². Entonces, la profundidad promedio de deposición será 40 cm., el cual es menos que la altura permisible del diseño para el bordo de 1.0 m.

Considerando que la profundidad de deposición del tramo río arriba en el área de la propuesta presa de consolidación será mas alta que la profundidad del tramo río abajo alrededor de la confluencia con el Canal San Roque, la profundidad de deposición es posible que alcance hasta 80 cm. en el área de la mencionada presa. Pero, esta profundidad máxima estará también dentro de los límites de la altura permisible del diseño del bordo, y se asume que la deposición ocurrirá en el canal agua baja.

Consecuentemente, la influencia de esta deposición será pequeña.

2.2.3 Caso 3 Con Proyectos de Urgente Control de Inundación y Con Proyectos Control de Erosion y Sedimentos

Para el plan de urgente control de inundación y control de erosión y sedimentos, las siguientes estructuras serán provistas en el Río Choloma (entre 15.610 Km. de la existente distancia acumulativa y la confluencia con Río La Jutosa), el Río La Jutosa y el Río Majaine.

Estructuras de Control de Inundación

Se han planificado mejoras de río con secciones compuestas para el plan urgente en el "Estudio de Mitigación de Inundación" para los tramos entre el tramo medio y la propuesta presa de consolidación (existente distancia acumulativa de 15.610 Km. a 19.105 Km.) Se conservara el canal existente desde la confluencia con el Canal San Roque a 15.610 Km. El tamaño de las secciones típicas de diseño son como sigue:

15.610 Km. - 18.405 Km. (provisional distancia acumulativa):

Canal agua baja : 40 m. de ancho y 2.5 m. de altura
 Canal agua alta : 40 m. de ancho
 Ancho Total : 130 m.

18.405 Km. - 19.105 Km. (provisional distancia acumulativa):

Canal agua baja : 40 m. de ancho y 2.5 m. de altura
 Canal agua alta : 15 m. a 70 m. de ancho (río arriba)
 Ancho Total : 90 m a 300 m.(río arriba)

(En el Puente de la Carretera Nacional, el existente ancho de 90 m. no se cambiara.)

Estructuras de Control de Erosión de Sedimentos

Se han propuesto las siguientes estructuras en el plan urgente del "Estudio de la Producción de Sedimentos y Control de Sedimentos" las siguientes estructuras: 2 presas de detención, 2 presas de consolidación y 1 dique de agua. La cantidad de estructuras para cada río son como sigue:

Presas de Detención	:	Total 2 presas
		Río Majaine 1 presa
		Río La Jutosa 1 presa
Presas de Consolidación	:	Total 2 presas
		Río Choloma 2 presas
Dique de Agua	:	Total 1 bordo
		Río Choloma 1 bordo

- 1) En *Fig. E.2.3* muestran los resultados de la simulación del Caso 3. Se conservara la notable tendencia de deposición de sedimentos y la agradacion del lecho del tramo río abajo de los existentes tramos del canal. Se puede estimar que ocurre alguna tendencia de deposición cerca del tramo mas río abajo del mejoramiento del río (15.610 Km.) debido al efecto del remanso del canal existente río abajo , el cual tiene una pequeña capacidad de descarga. Aunque la estimada profundidad de deposición de este tramo será solamente cerca de 30 cm., será necesario proveer un mantenimiento periódico como un dragado para mantener el canal mejorado.

Adicionalmente, como se conservara la tendencia de erosión y degradación alrededor del Puente de la Carretera Nacional, será también necesario proveer protección del lecho del río.

- 2) Se ha evaluado el balance del volumen de la descarga de sedimentos del tramo río arriba del tramo del flujo de arrastre y los tramos del flujo de transición entre el volumen de sedimentos del tramo de arrastre de fondo en el sitio de la propuesta presa de consolidación (provisional distancia acumulativa de 19.105 Km.)

Con las urgentes estructuras de control de erosión y sedimentos, se controlara una descarga de diseño de 1,428,000 m³ y fluirán cerca de 985,200 m³ a través de la propuesta presa de consolidación (al 19.105 Km.)

a) Descarga de sedimentos de la presas de consolidación	: 985,200 m ³
	: 4,500 m ³
b) Volumen de la descarga de sedimentos del arrastre de fondo	: 5,300 m ³
Diferencia	: 979,900 m ³

La diferencia mencionada del volumen de sedimentos será depositada entre la propuesta presa de consolidación y la confluencia con el Canal San Roque de 7.86 Km. de distancia provisional. Suponiendo que la deposición de sedimentos del mejorado canal ocurrirá dentro del canal agua baja con el ancho de 40 m., la deposición de sedimentos del existente canal ocurrirá dentro del área de inundación con el ancho de 250 m., la profundidad promedio de deposición será cerca de 80 cm., el cual es menos que la altura permisible del diseño del bordo de 1.0 m.

Considerando que la profundidad de deposición del tramo río arriba alrededor de la propuesta presa de consolidación será mas grande que la profundidad del tramo río abajo cerca de la confluencia con el Canal San Roque, aunque la deposición se asume que ocurrirá en el canal agua baja, habrá una posibilidad que la profundidad alcance la altura permisible del diseño del bordo de 1.0 m. en algunos lugares del tramo río arriba. Consecuentemente, será necesario continuar la construcción paso por paso de las estructuras de control de erosión y sedimentos para obtener las estructuras del plan de largo plazo.

2.3 Sumario de los Resultados de las Simulaciones y Recomendaciones

Con lo siguiente, se resumen los resultados de la descarga de sedimentos y la variación del lecho del río para los tramos del Río Choloma entre la confluencia con el Canal de San Roque y la propuesta presa de consolidación:

- 1) Proyecto Sin Control de Inundación y Sin Control de Erosión y Sedimentos
 - (1) Existe un desbalance del volumen de descarga de sedimentos. Hay una notable tendencia de deposición de sedimentos y agradacion del lecho en el tramo mas río abajo cerca de la confluencia con el Canal San Roque.
 - (2) En el existente Puente de la Carretera Nacional, se puede estimar una notable tendencia de erosión. Entonces, será necesario proveer protección del lecho contra la erosión cerca de Puente de la Carretera Nacional.

- 2) Con el Proyecto de Control de Inundación A Largo Plazo y Con el Proyecto de Control de la Erosión y Sedimentos
 - (1) El antedicho desbalance mejorara mucho y el curso del río tendrá un buen balance de sedimentos.
 - (2) Pero, se conservara cierta tendencia local de deposición y erosión de sedimentos tales como la deposición del tramo mas río abajo y la erosión cerca del Puente de la Carretera Nacional aunque sus profundidades serán mas pequeñas que los proyectos sin condición.
 - (3) Entonces, serán indispensables el mantenimiento periódico del canal del río en el tramo mas río abajo y la protección del lecho cerca del Puente de la Carretera Nacional.
 - (4) La diferencia del sedimento permisible de diseño y la capacidad de descarga del canal será depositado in el canal río abajo de la propuesta presa de consolidación y este efecto al canal del río será mínimo.

- 3) Con el Proyecto de Urgente Control de Inundación y Con el Proyecto de Control de Erosión y Sedimentos
 - (1) El desbalance de la descarga de sedimentos de 1) mejorara mucho en el tramo del canal mejorado..
 - (2) Pero, se conservara alguna tendencia local de deposición y erosión de sedimentos tales como la deposición del tramo mas río abajo del mejoramiento de río y la erosión cerca del Puente de la Carretera Nacional aunque sus profundidades serán mas pequeñas que los proyectos sin condición.

- (3) Entonces, serán también indispensables el mantenimiento periódico del canal del río en el tramo mas río abajo y la protección del lecho cerca del Puente de la Carretera Nacional.
- (4) La diferencia del sedimento permisible de diseño y la capacidad de descarga de sedimentos del canal serán principalmente depositados en el canal río abajo de la propuesta presa de consolidación. Como la profundidad de deposición será dos veces mas que la del plan de largo plazo, será necesario continuar la construcción paso a paso de las estructuras de control de erosión y sedimentos del plan a largo plazo con el objetivo de reducir la descarga de sedimentos de la cuenca río arriba.

FIGURAS

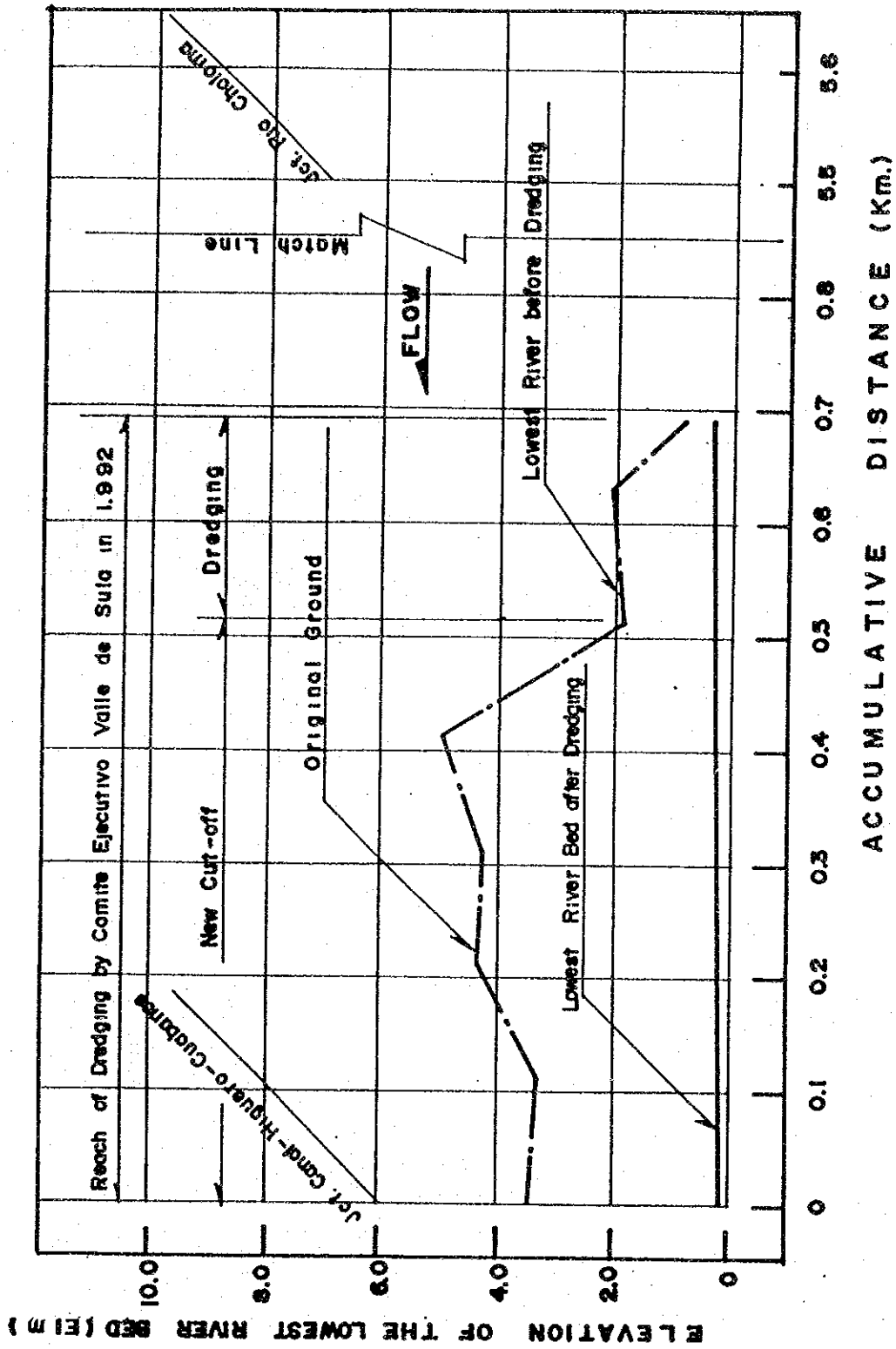


FIG. E.1.1 DEPOSICION DE SEDIMENTOS EN EL TRAMO MAS RIO ABAJO DEL CANAL SAN ROQUE-CUABANOS

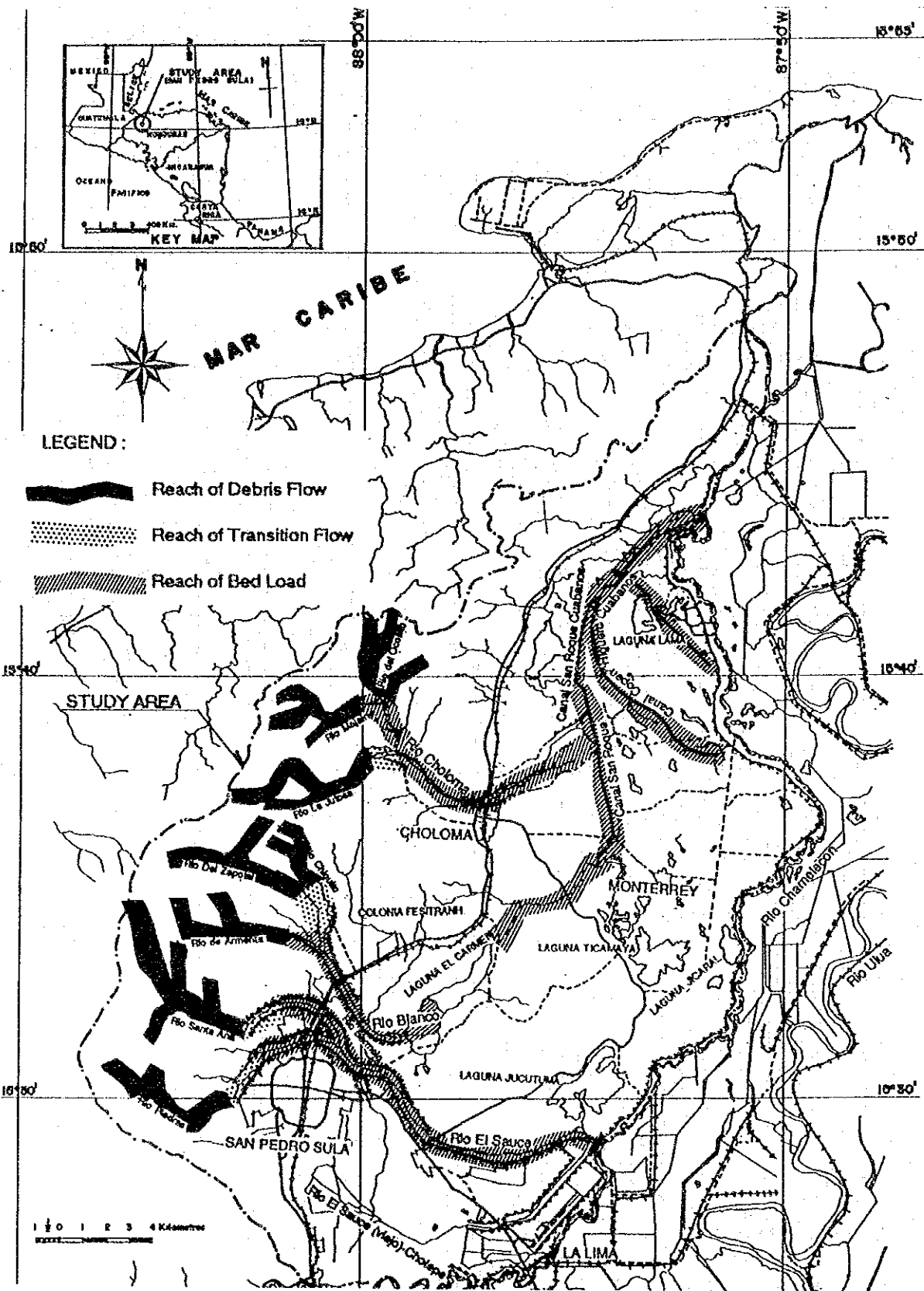
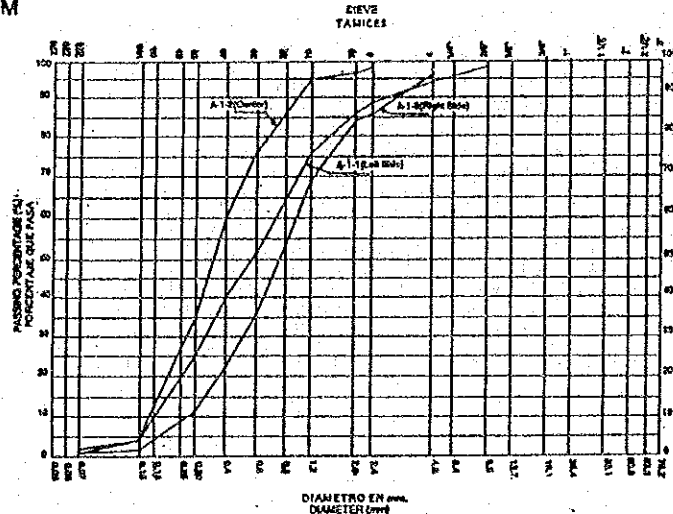


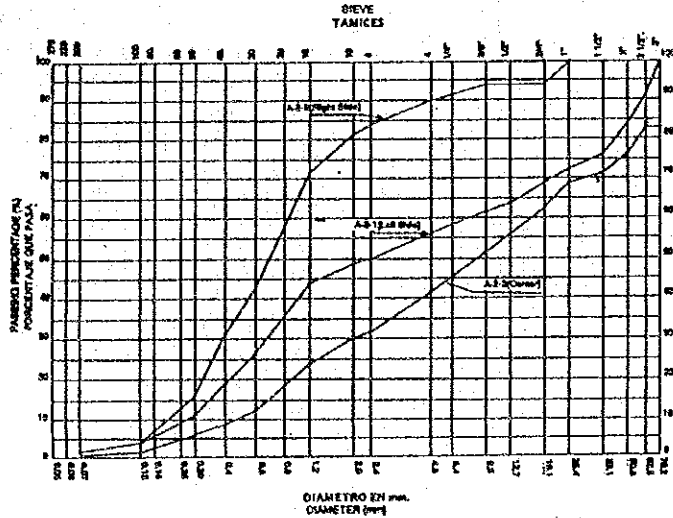
FIG. E.1.2 PATRONES DE FLUJO DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA, EL RIO BLANCO Y EL RIO EL SAUCE

A-1 SITE : DOWNSTREAM
(Acc. Distance = 13.5 km)



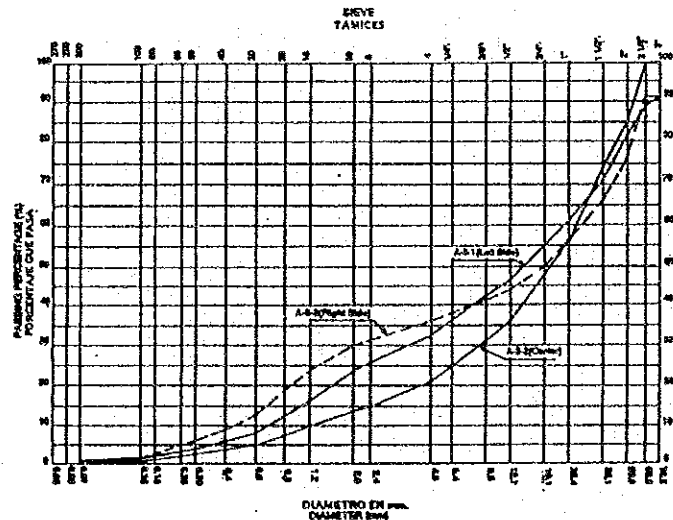
SITE	A-1-1	A-1-2	A-1-3	Average
d_{15} (mm)	1.97	0.64	1.86	1.97
d_{30} (mm)	8.20	1.04	8.90	8.28
d_{60} (mm)	-	-	-	-
s_{20}	2.76	2.76	2.71	2.76

A-2 SITE : MIDSTREAM
(Acc. Distance = 19.1 km)



SITE	A-2-1	A-2-2	A-2-3	Average
d_{15} (mm)	17.17	23.76	2.57	20.47
d_{30} (mm)	80.83	-	4.80	80.83
d_{60} (mm)	-	87.20	-	-
s_{20}	2.72	2.72	2.78	2.74

A-3 SITE : UPSTREAM
(Acc. Distance = 24.1 km)



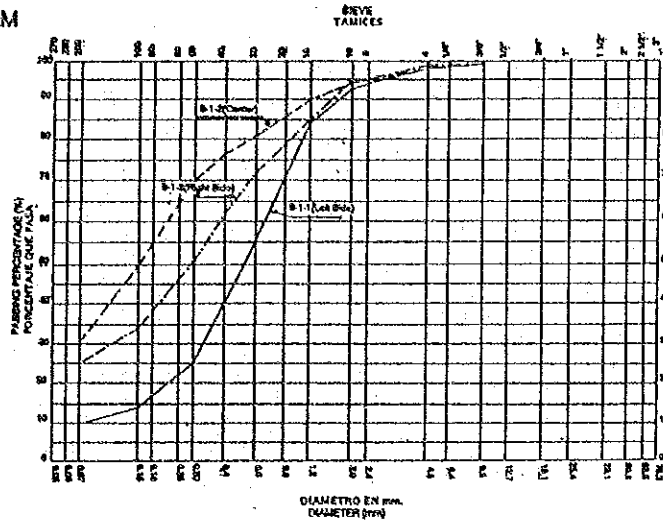
SITE	A-3-1	A-3-2	A-3-3	Average
d_{15} (mm)	24.07	23.77	25.88	24.41
d_{30} (mm)	88.85	-	81.81	85.83
d_{60} (mm)	79.70	77.90	-	78.00
s_{20}	2.70	2.70	2.70	2.76

Legend:
 d_{15} : average diameter
 d_{30} : 30 % diameter
 d_{60} : diameter of armour coat
 s_{20} : specific gravity

FIG. E.1.4

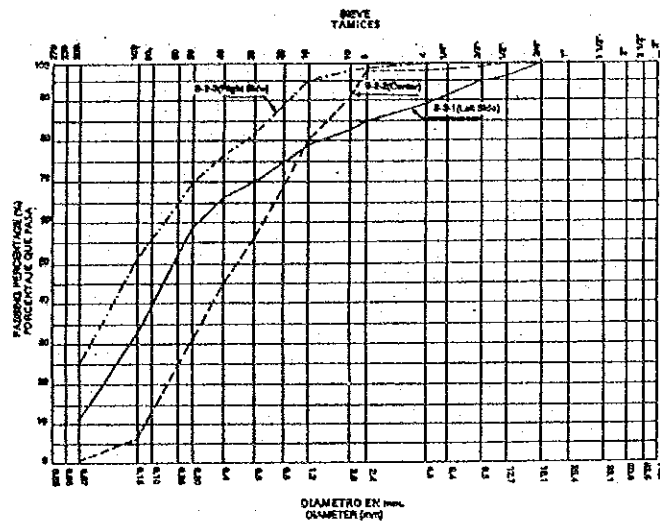
RESULTADOS DEL ANALISIS DEL TAMAÑO DE PARTICULAS DE LOS MATERIALES DEL LECHO DE LOS SITIOS DE MUESTREO

B-1 SITE : DOWNSTREAM
(Acc. Distance = 14.5 km)



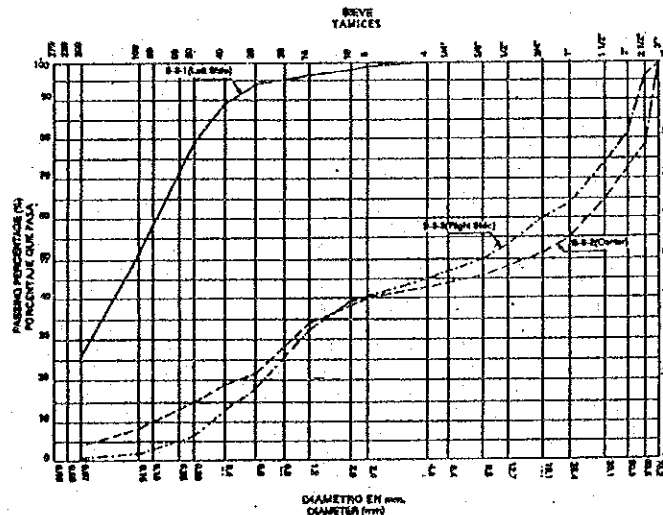
SITE	B-1-1	B-1-2	B-1-3	Average
d _m (mm)	0.91	0.68	0.81	0.70
d ₉₀ (mm)	1.79	1.20	1.20	1.39
d ₆₀ (mm)	-	-	-	-
s _w	2.67	2.08	2.08	2.08

B-2 SITE : MIDSTREAM
(Acc. Distance = 17.4 km)



SITE	B-2-1	B-2-2	B-2-3	Average
d _m (mm)	1.59	0.89	0.95	0.94
d ₉₀ (mm)	5.68	1.03	0.97	2.63
d ₆₀ (mm)	-	-	-	-
s _w	2.06	2.09	2.09	2.09

B-3 SITE : UPSTREAM
(Acc. Distance = 19.5 km)



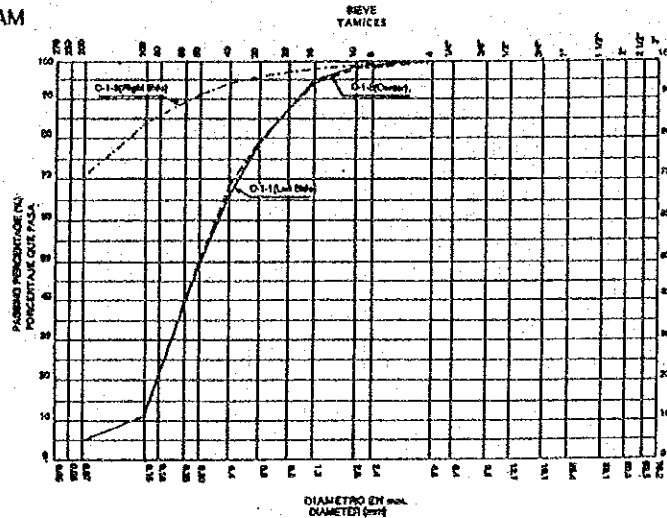
SITE	B-3-1	B-3-2	B-3-3	Average
d _m (mm)	0.28	26.62	20.26	23.64
d ₉₀ (mm)	0.44	70.59	60.91	60.75
d ₆₀ (mm)	-	87.90	83.20	85.60
s _w	2.61	2.08	2.67	2.08

Legend:
d_m : average diameter
d₉₀ : 90% diameter
d₆₀ : diameter of armor coat
s_w : specific gravity

FIG. E.1.4

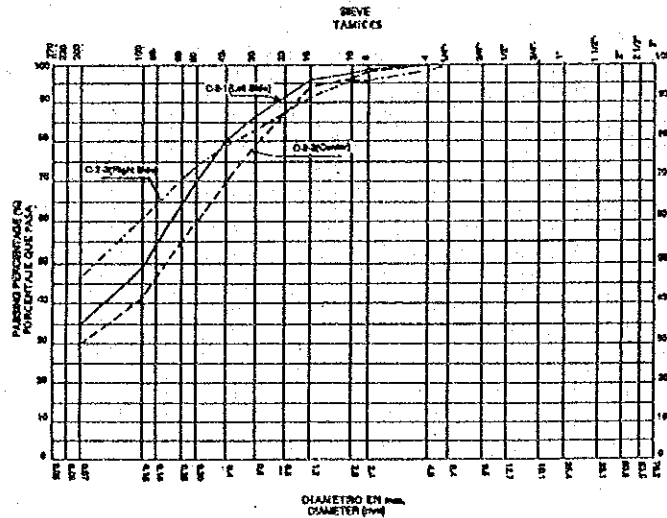
RESULTADOS DEL ANALISIS DEL TAMAÑO DE PARTICULAS DE LOS MATERIALES DEL LECHO DE LOS SITIOS DE MUESTREO

C-1 SITE : DOWNSTREAM
(Acc. Distance = 4.5 km)



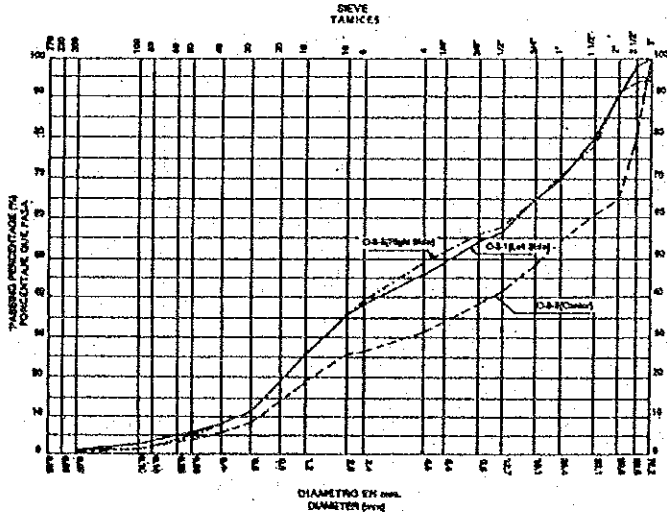
SITE	C-1-1	C-1-2	C-1-3	Average
dm (mm)	0.47	0.49	0.16	0.48
d90 (mm)	1.02	1.04	0.28	1.03
ds (mm)	-	-	-	-
slw	2.66	2.71	2.86	2.68

C-2 SITE : MIDSTREAM
(Acc. Distance = 13.0 km)



SITE	C-2-1	C-2-2	C-2-3	Average
dm (mm)	0.82	0.42	0.46	0.40
d90 (mm)	0.80	1.04	1.07	0.97
ds (mm)	-	-	-	-
slw	2.72	2.74	2.64	2.70

C-3 SITE : UPSTREAM
(Acc. Distance = 19.2 km)



SITE	C-3-1	C-3-2	C-3-3	Average
dm (mm)	17.03	26.87	17.47	21.46
d90 (mm)	60.80	66.95	49.44	58.70
ds (mm)	83.80	81.10	82.80	81.40
slw	2.66	2.71	2.73	2.71

Legend:
 dm : average diameter
 d90 : 90 % diameter
 ds : diameter of armor coat
 slw : specific gravity

FIG. E.1.4

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL TAMAÑO DE PARTICULAS DE LOS MATERIALES DEL LECHO DE LOS SITIOS DE MUESTREO

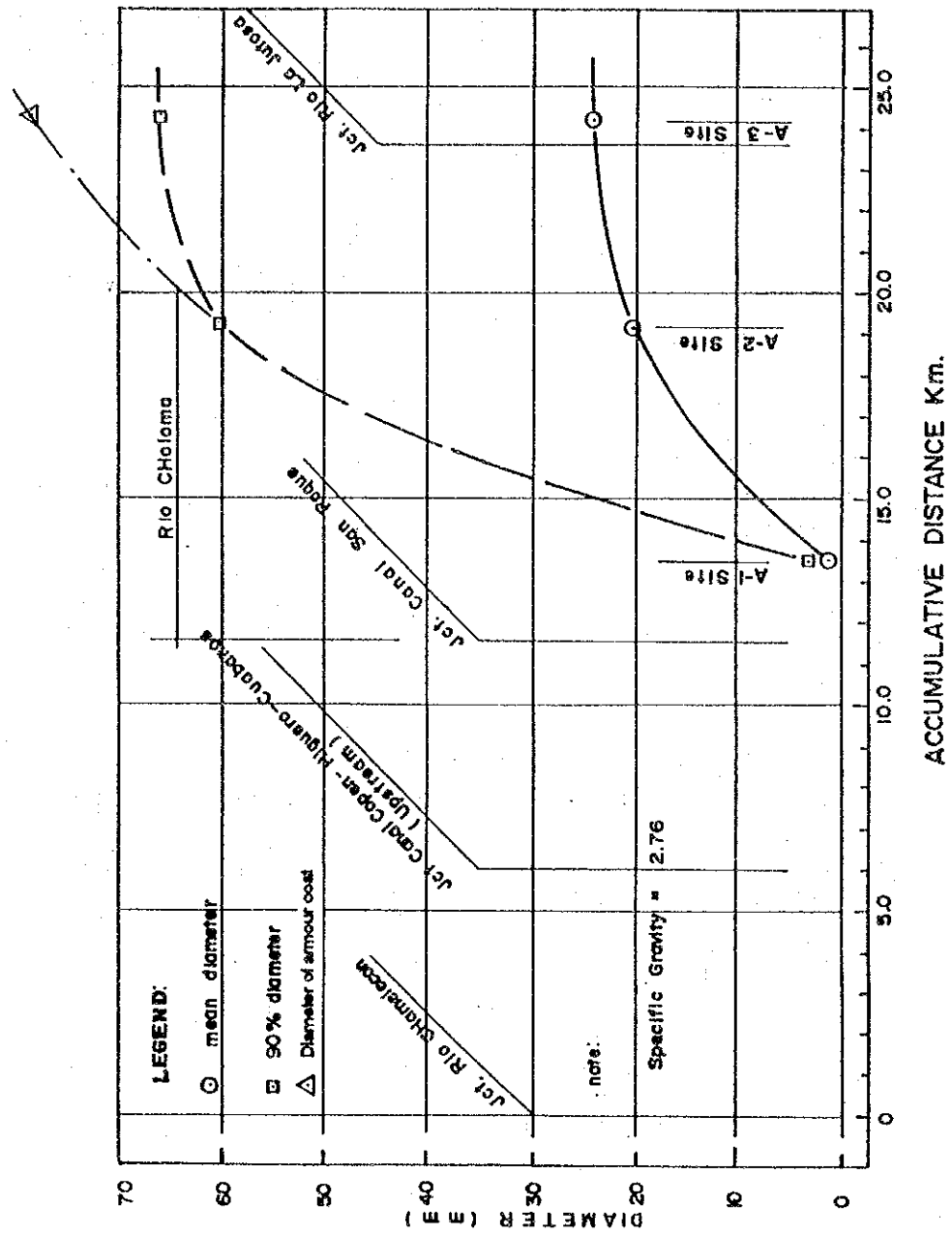


FIG. E.1.5 VARIACION LONGITUDINAL DEL DIAMETRO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DE RIO (1/3)



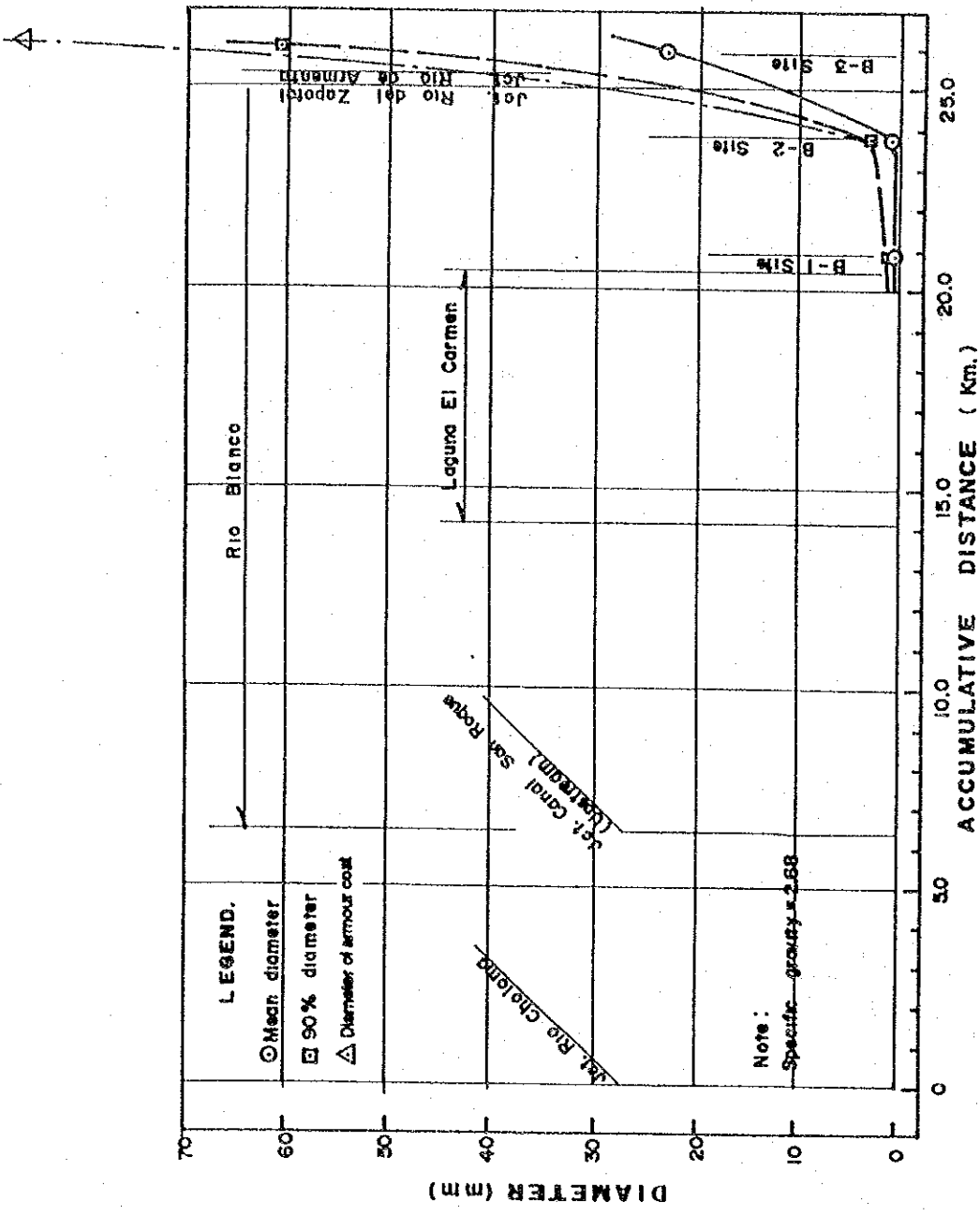


FIG. E.1.5 VARIACION LONGITUDINAL DEL DIAMETRO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DE RIO (2/3)



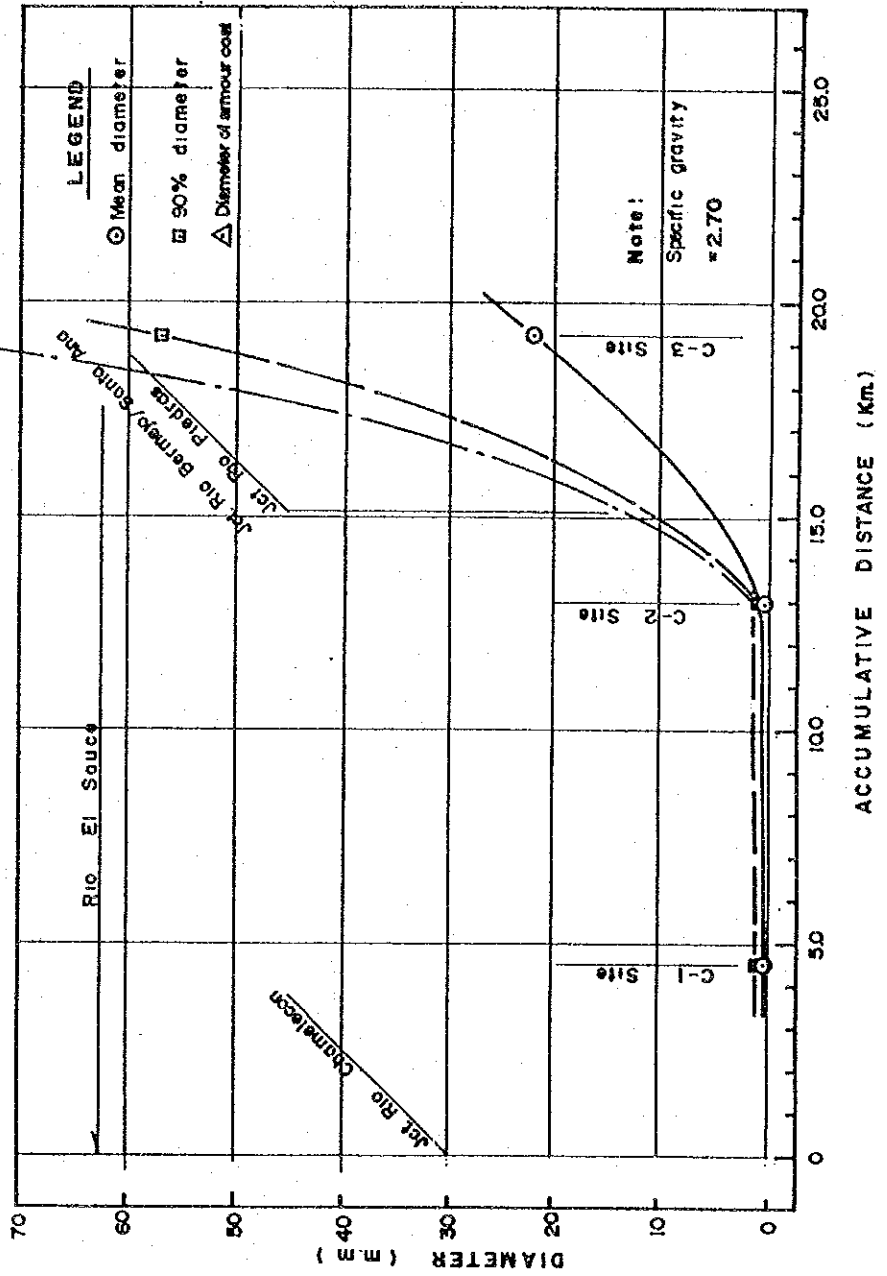


FIG. E.1.5 VARIACION LONGITUDINAL DEL DIAMETRO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DE RIO (3/3)



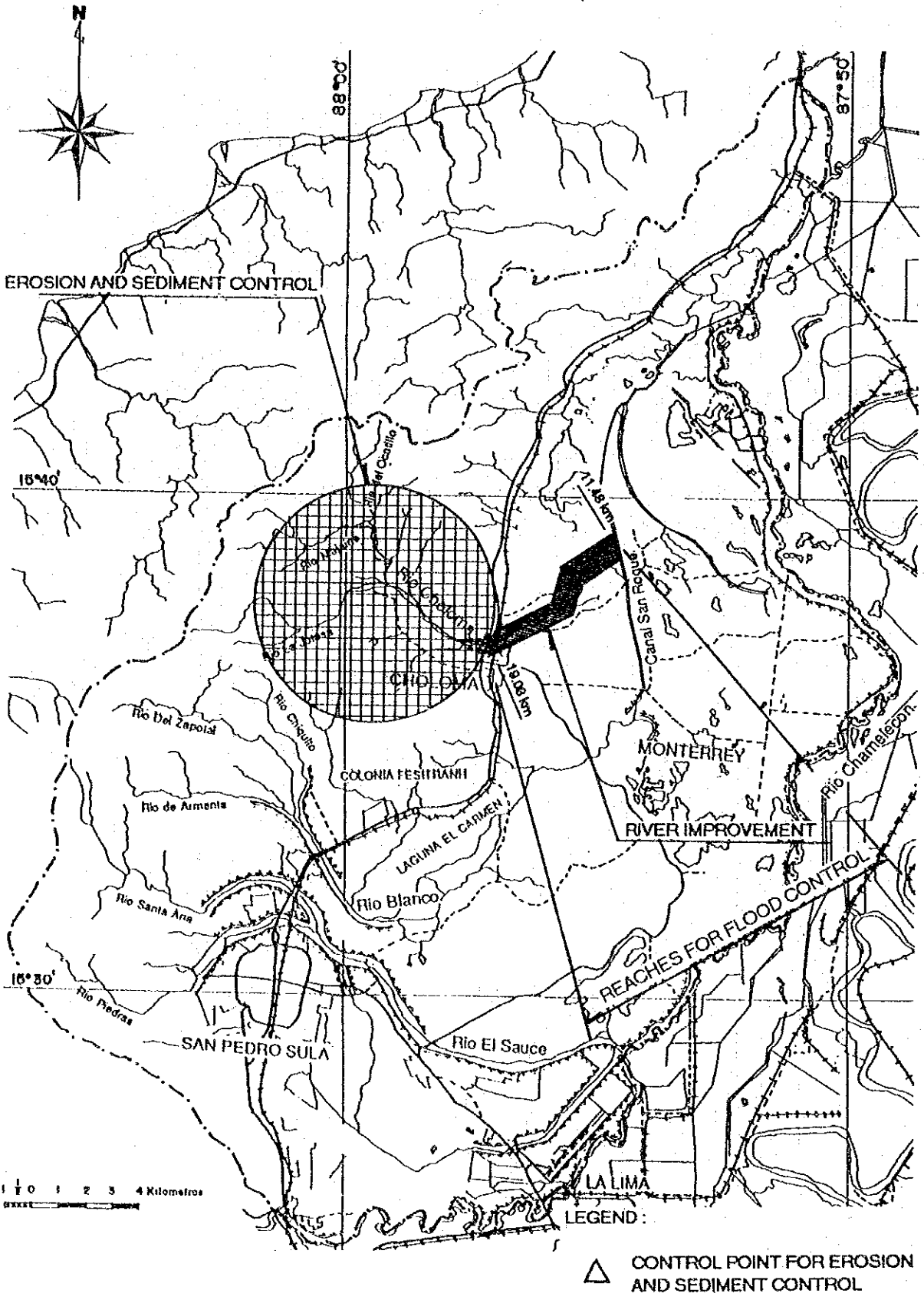


FIG. E.1.6 COMBINACION DE MEJORIAS DE RIO Y EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS PARA EL CASO 1-2 RIO CHOLOMA (CON PROYECTO)

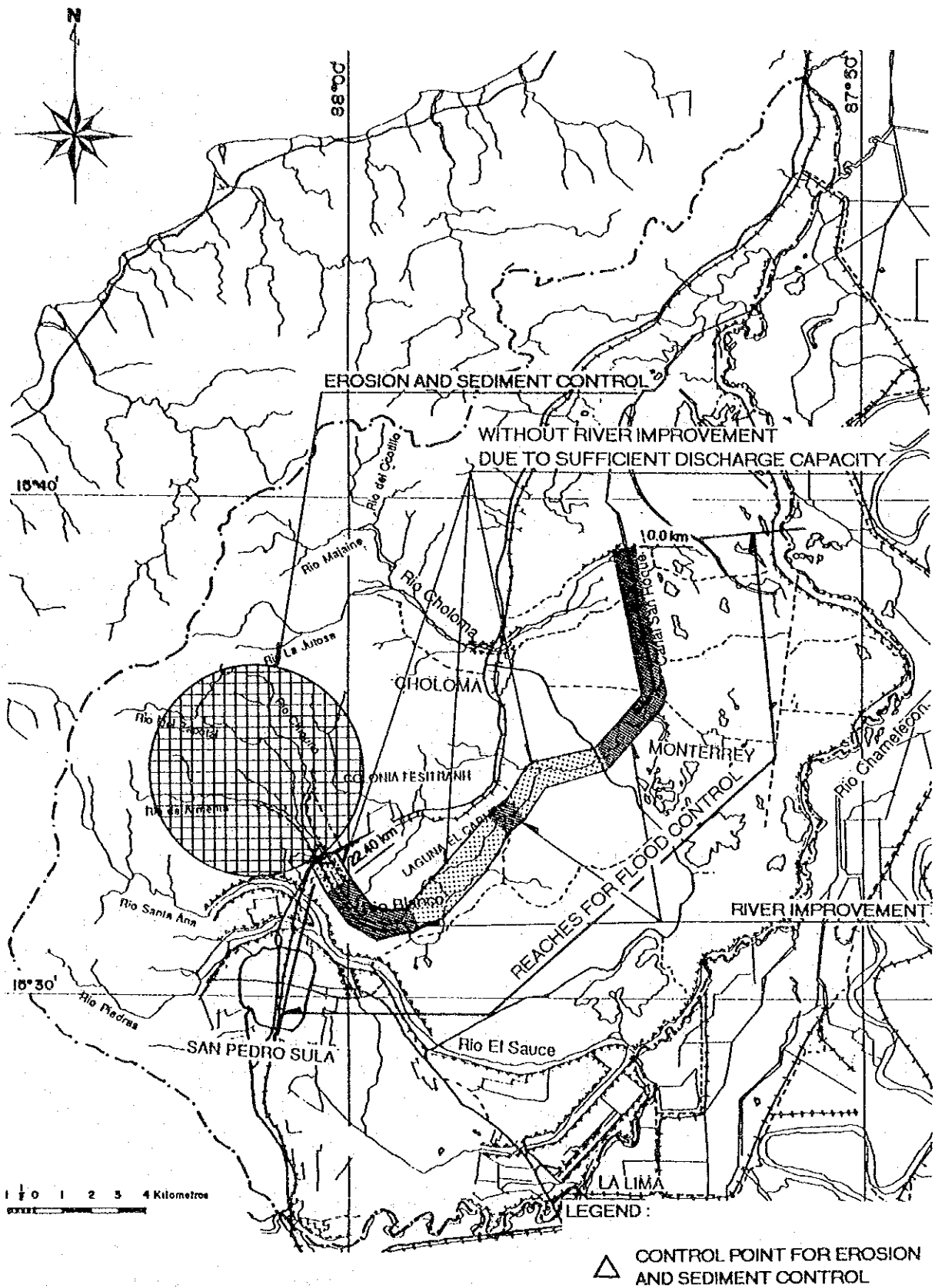


FIG. E.1.7

COMBINACION DE MEJORIAS DE RIO Y EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS PARA EL CASO 2-2 RIO BLANCO (CON PROYECTO)

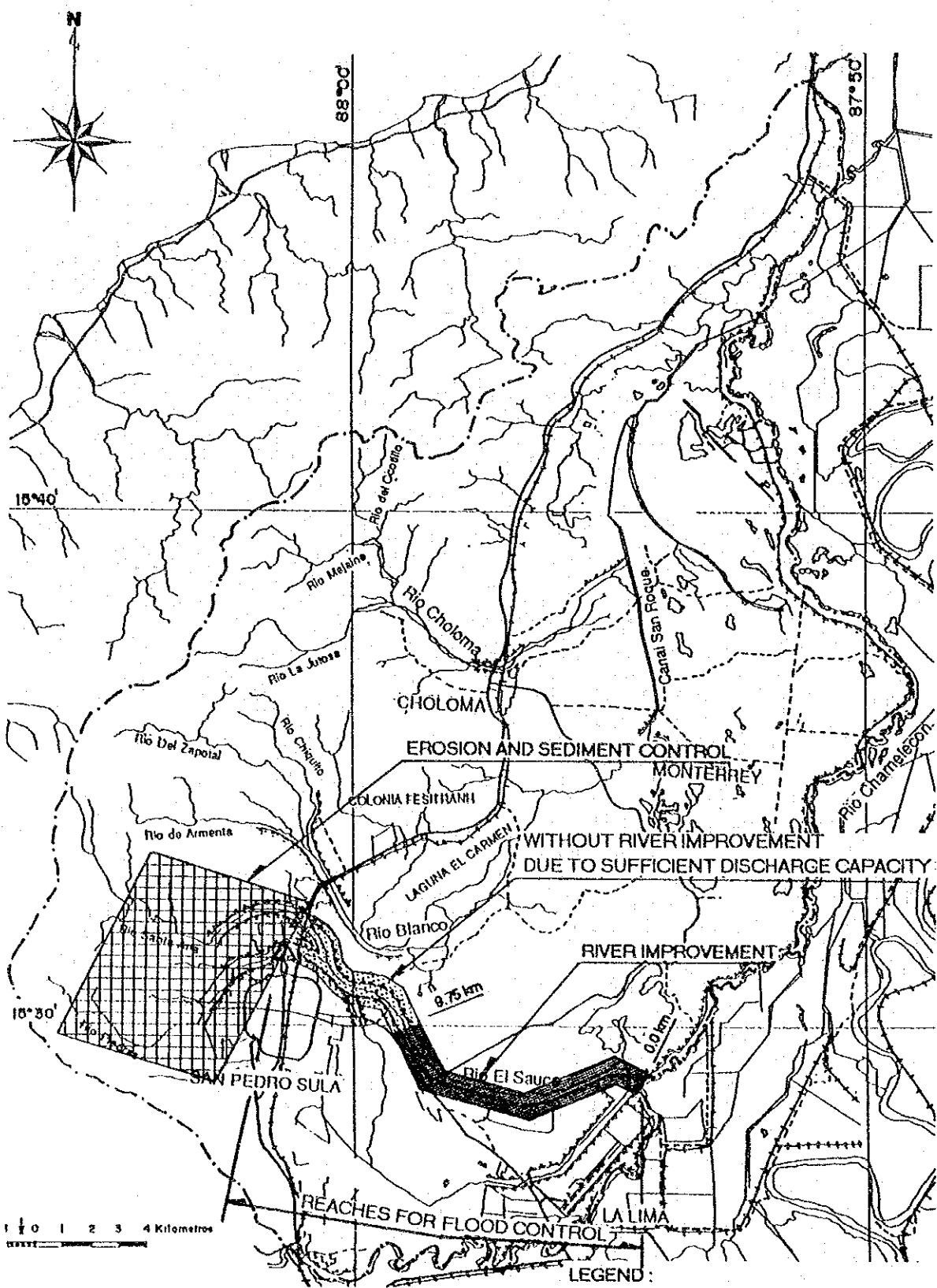


FIG. E.1.8

COMBINACION DE MEJORIAS DE RIO Y EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS PARA EL CASO 3-2 RIO EL SAUCE (CON PROYECTO)

△ CONTROL POINT FOR EROSION AND SEDIMENT CONTROL

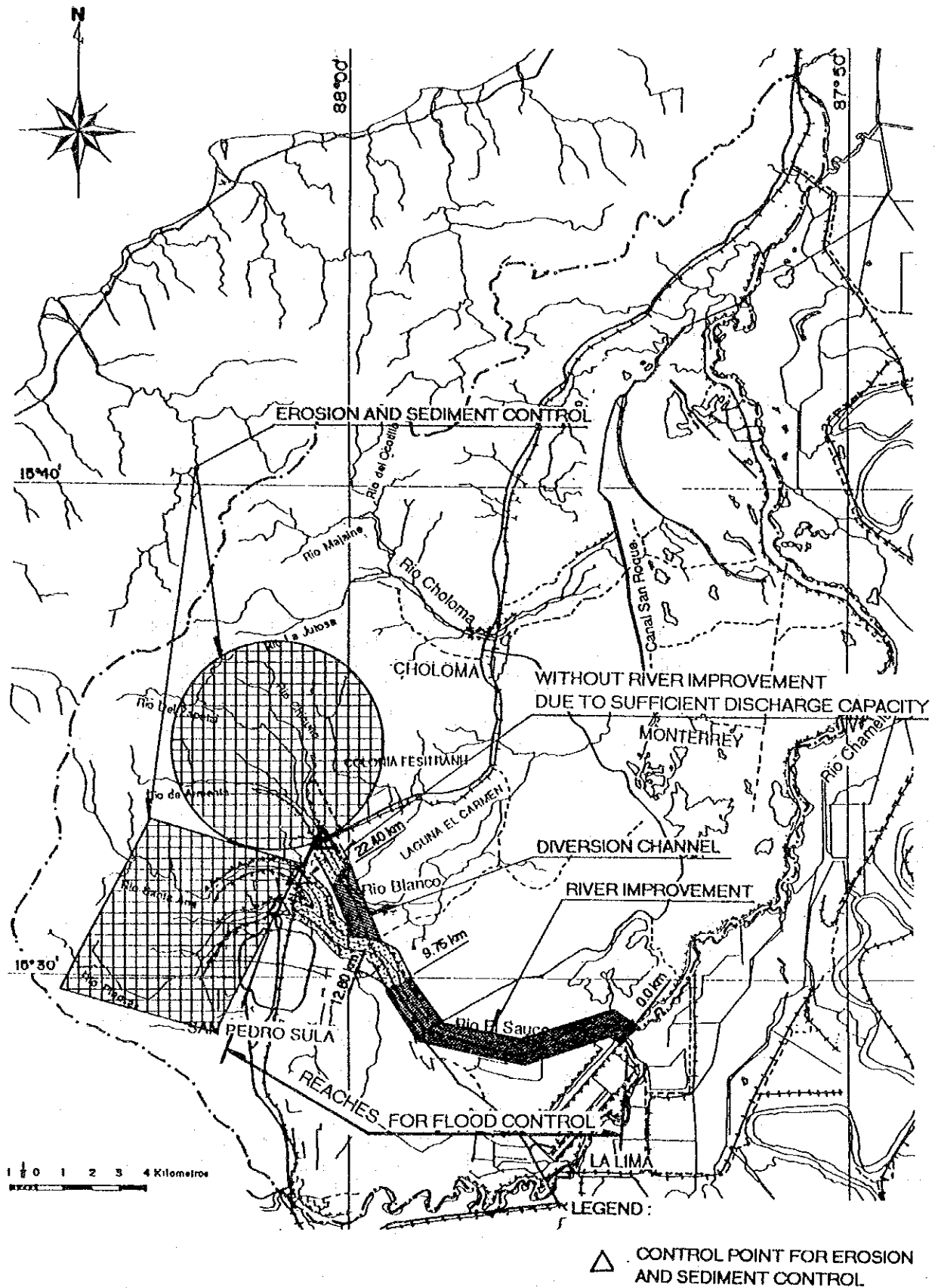


FIG. E.1.9

COMBINACION DE MEJORIAS DE RIO Y EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS PARA EL CASO 4-1 PLAN DE DESVIACION DEL RIO BLANCO

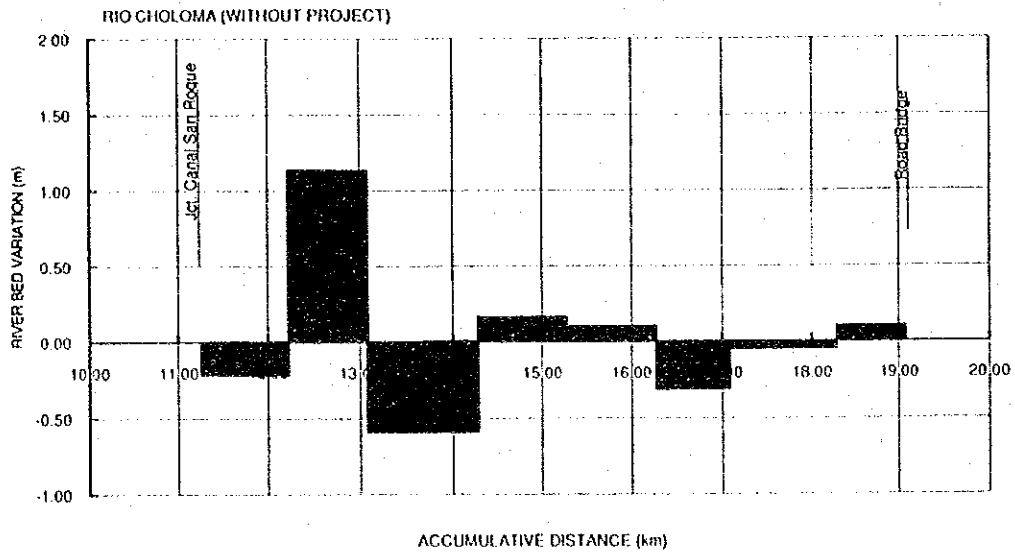
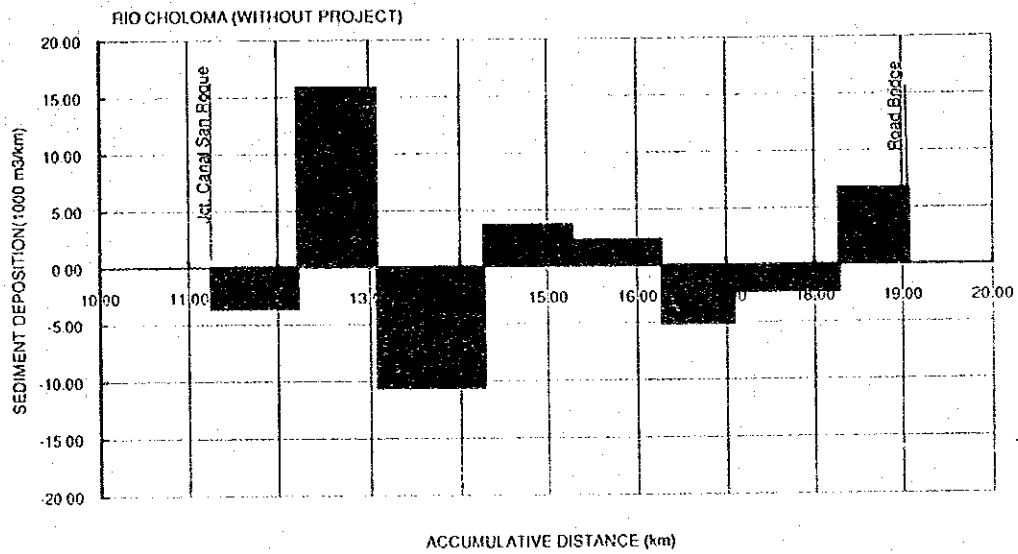
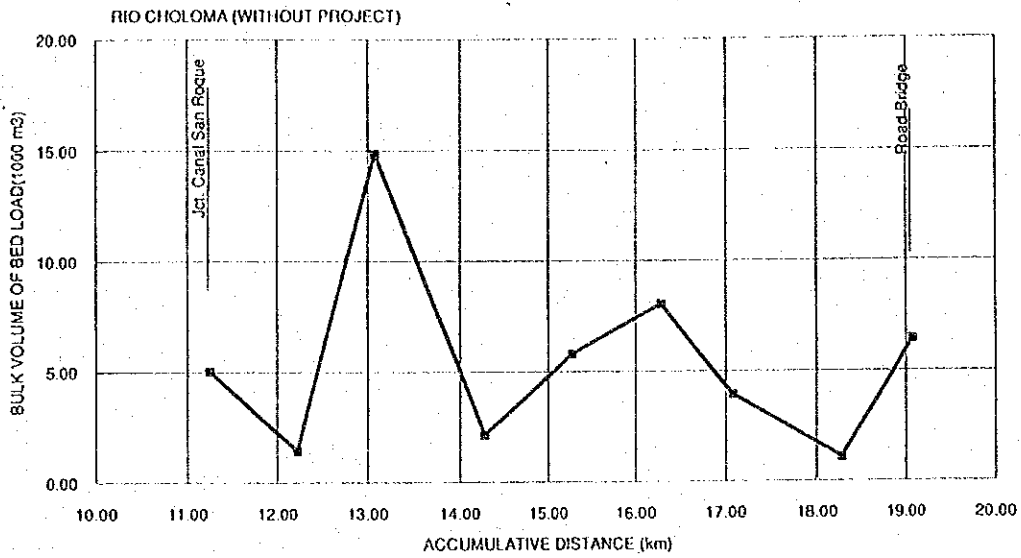


FIG. E.1.10 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (CASO 1-1 SIN PROYECTO)

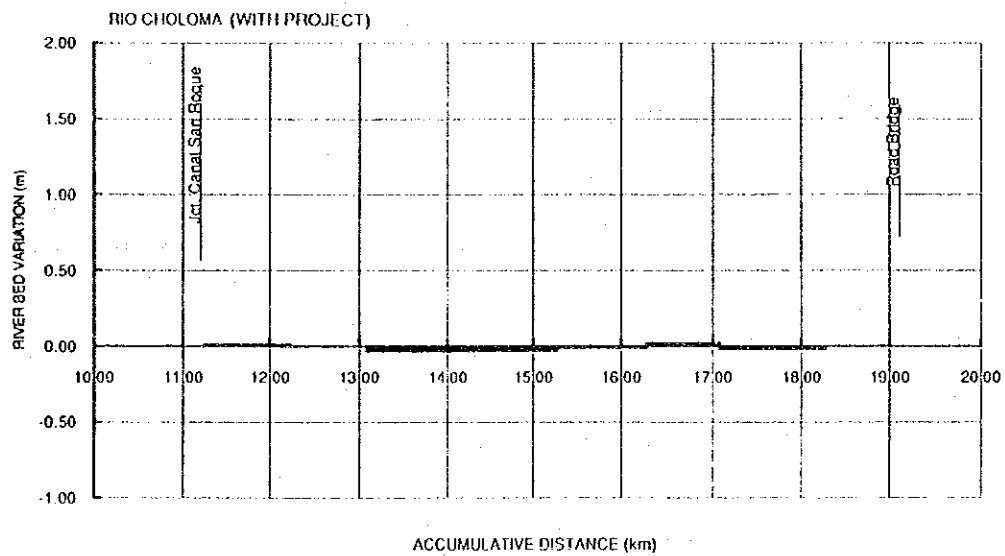
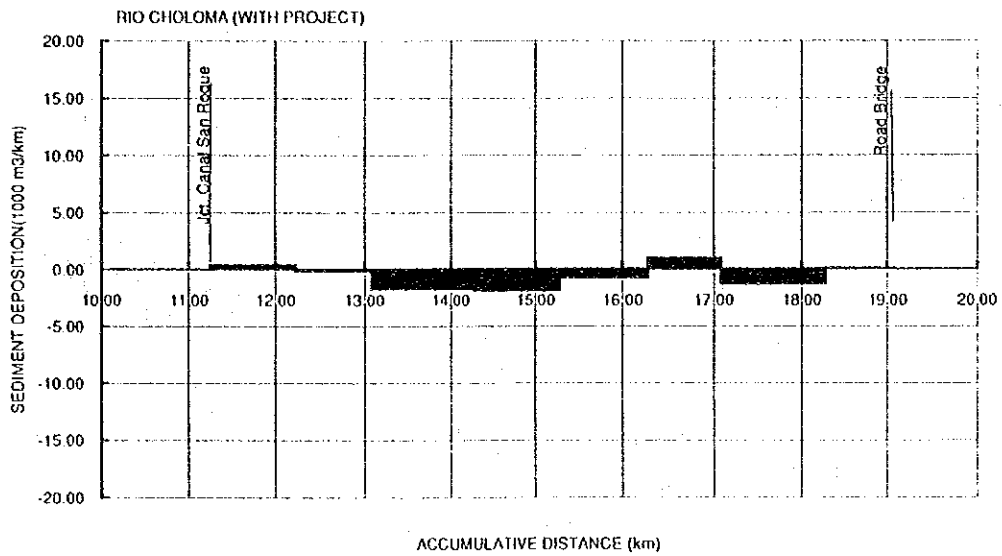
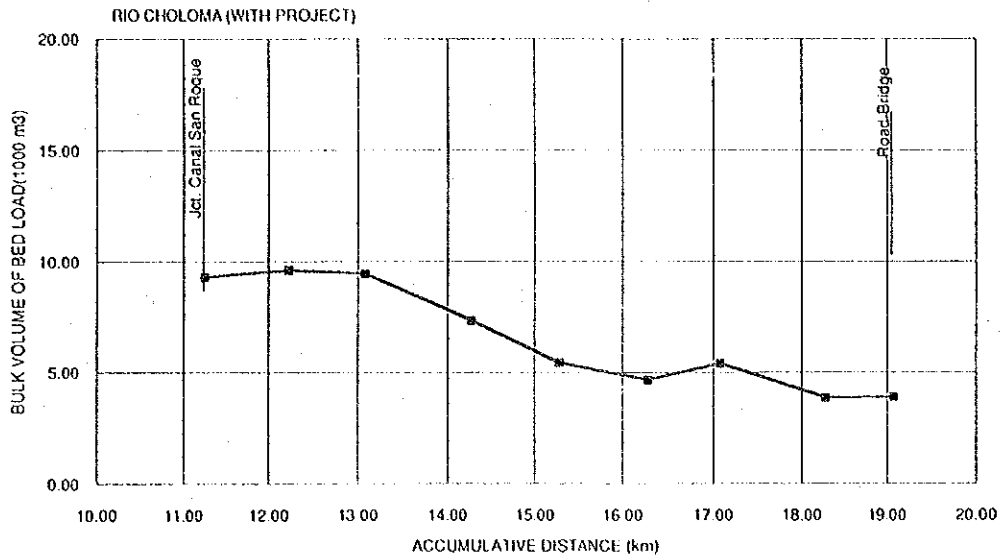


FIG. E.1.11 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (CASO 1-2 CON PROYECTO)

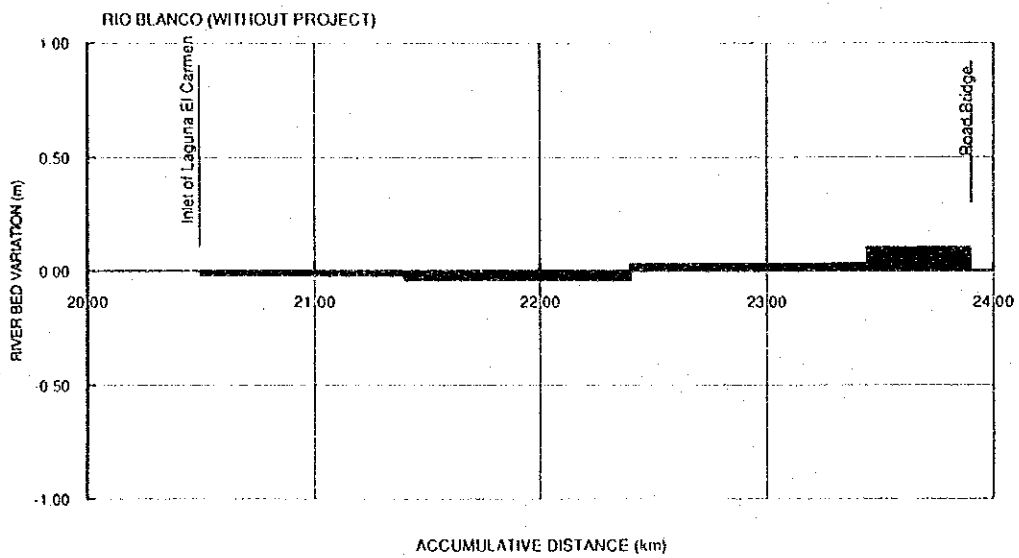
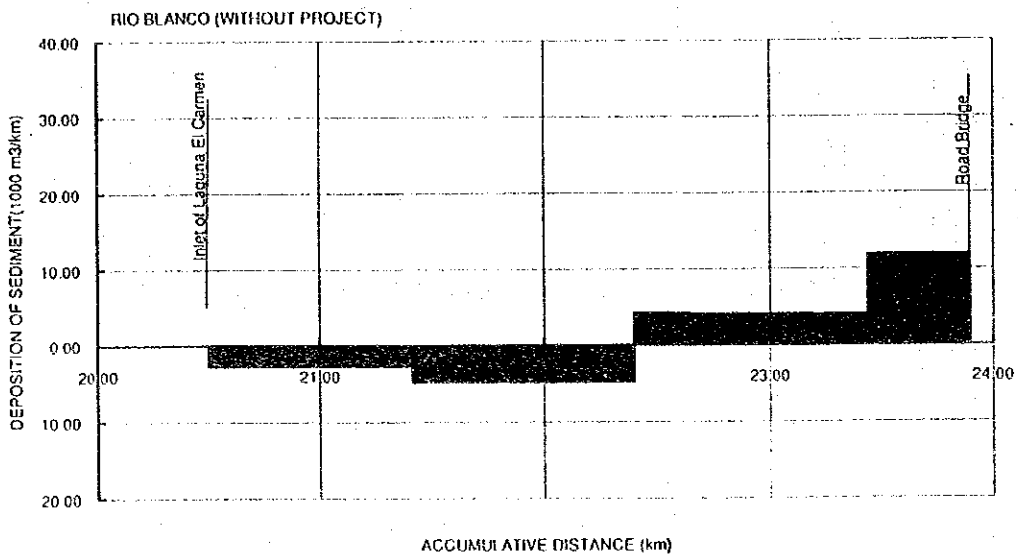
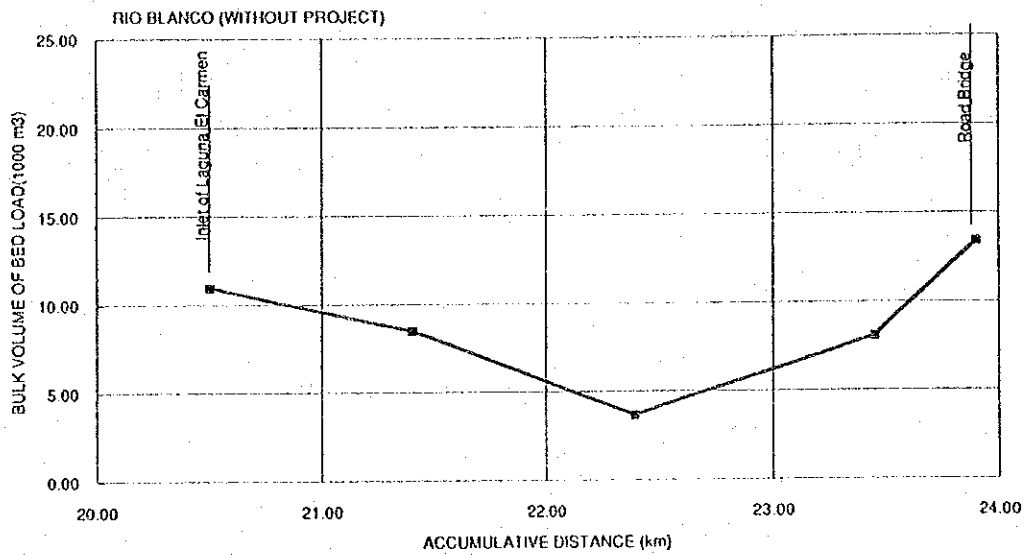


FIG. E.1.12 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO BLANCO (CASO 2-1 SIN PROYECTO)

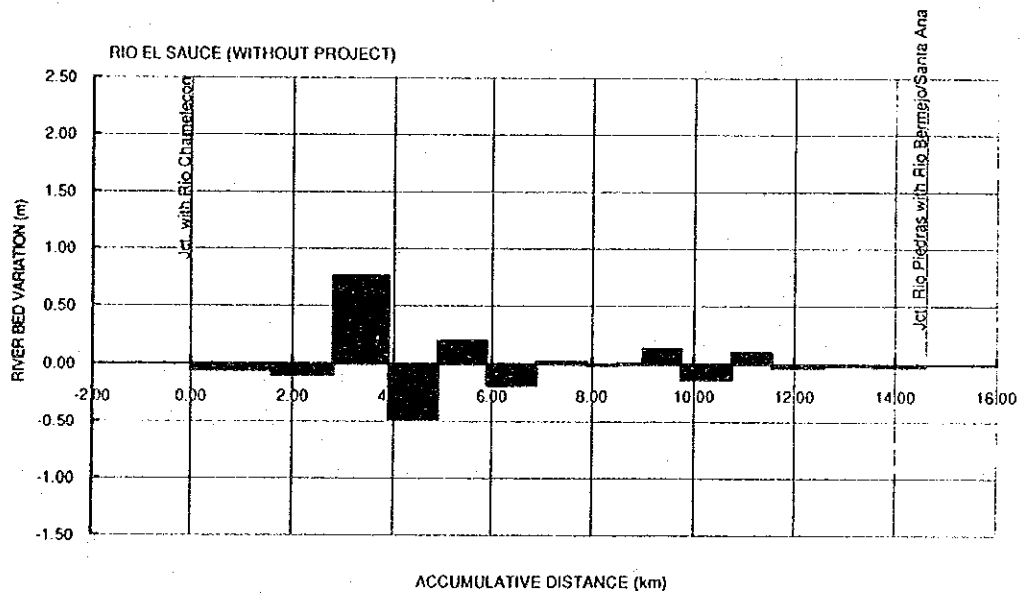
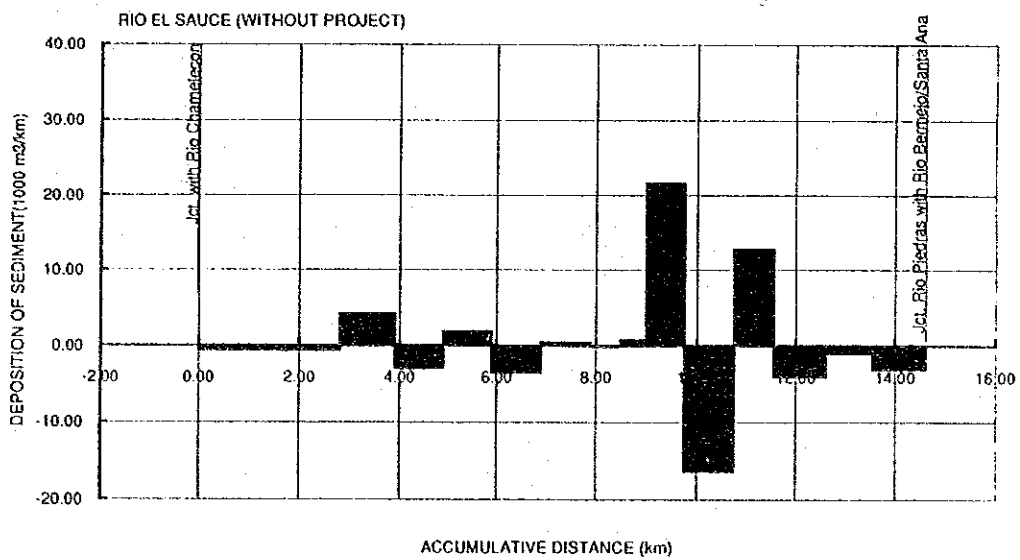
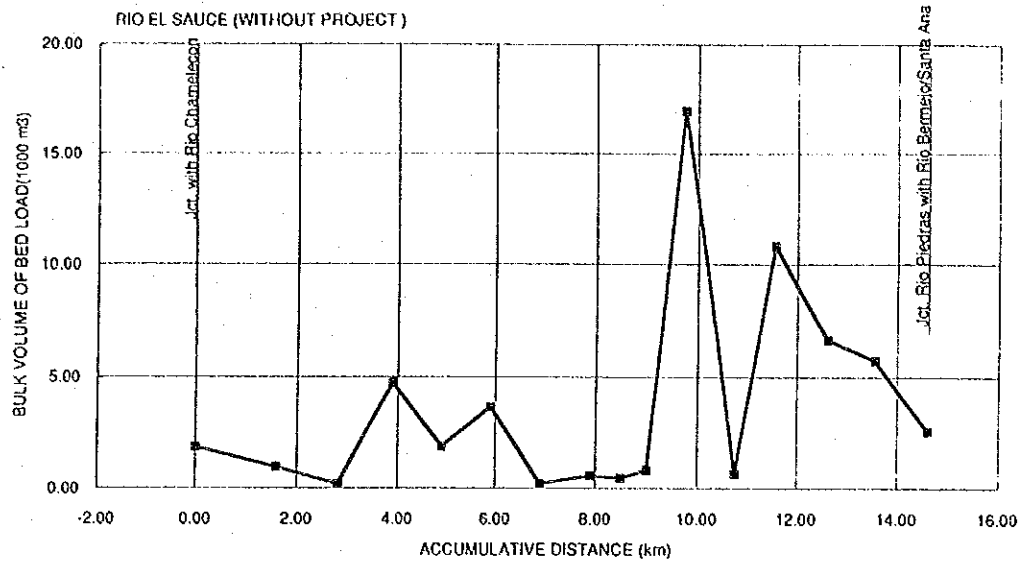


FIG. E.1.13 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO EL SAUCE (CASO 3-1 SIN PROYECTO)

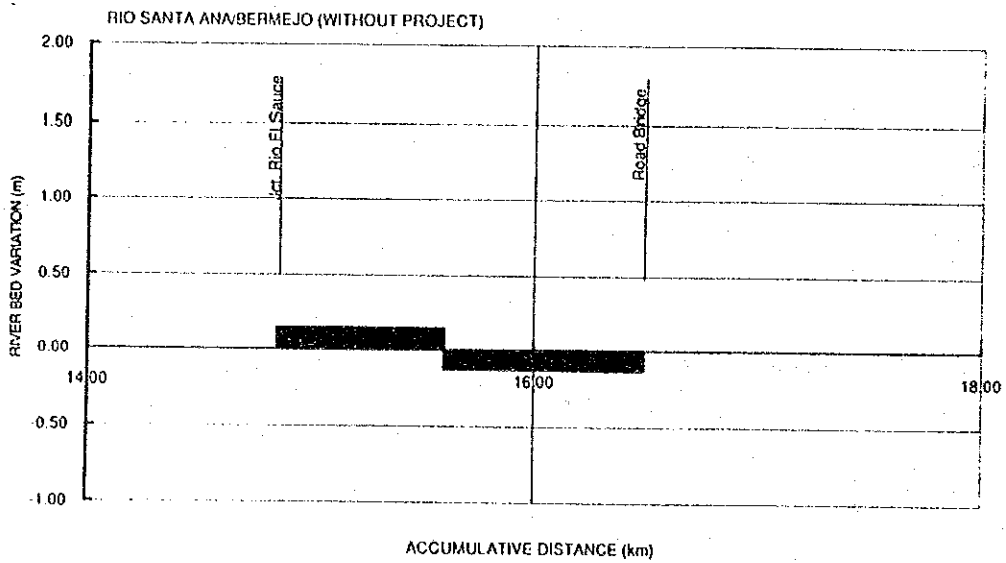
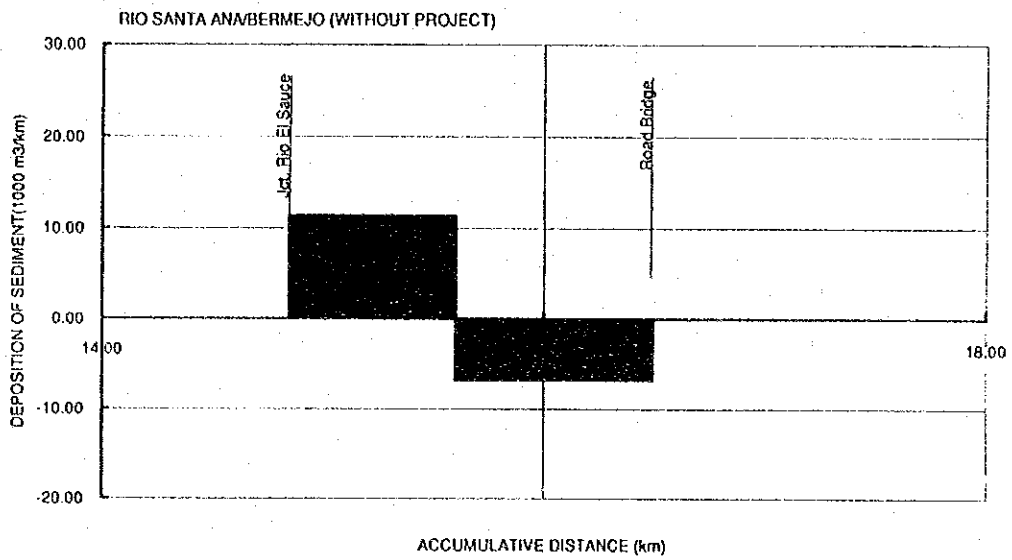
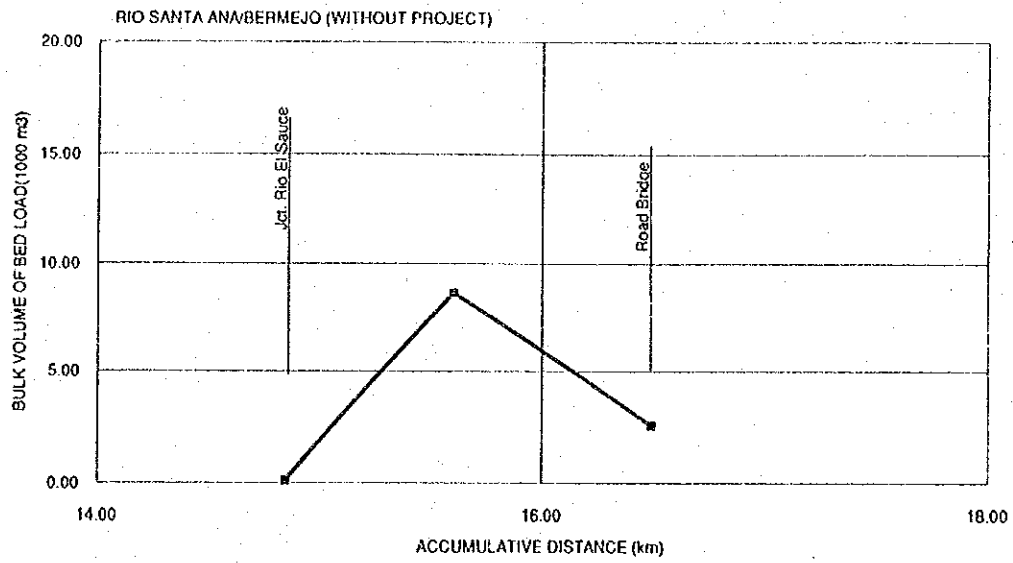


FIG. E.1.14 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO SANTA ANA/BERMEJO (CASO 3-1 SIN PROYECTO)

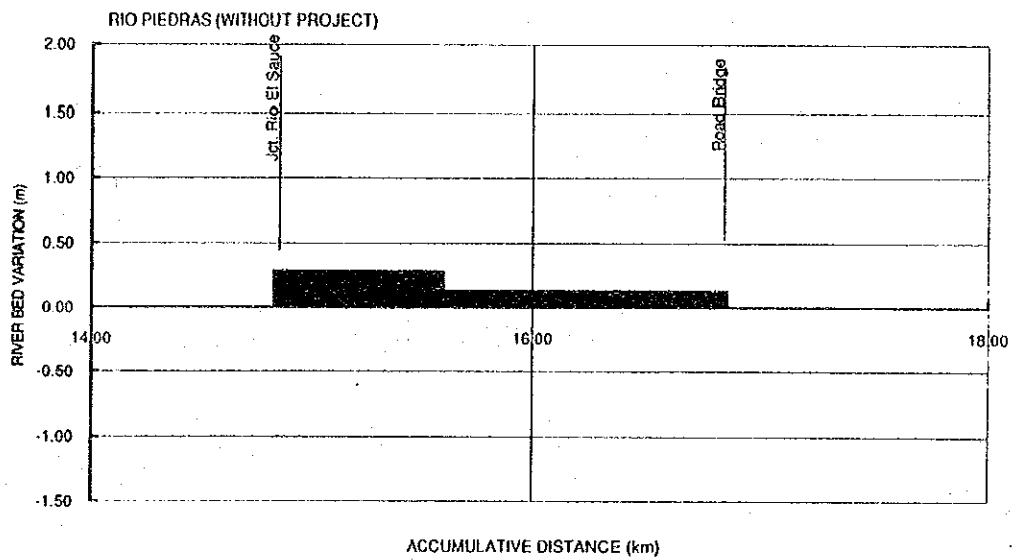
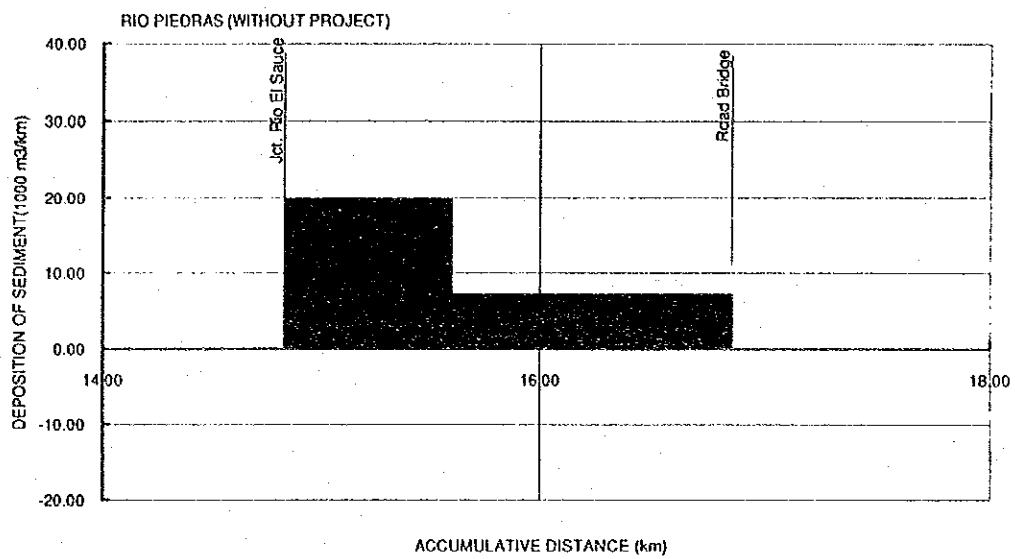
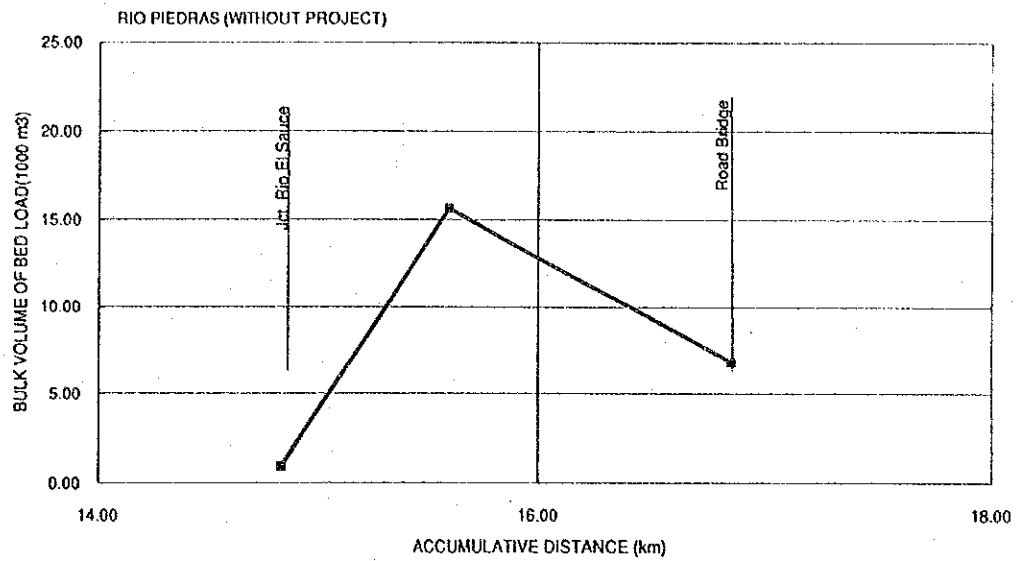


FIG. E.1.15 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO PIEDRAS (CASO 3-1 SIN PROYECTO)

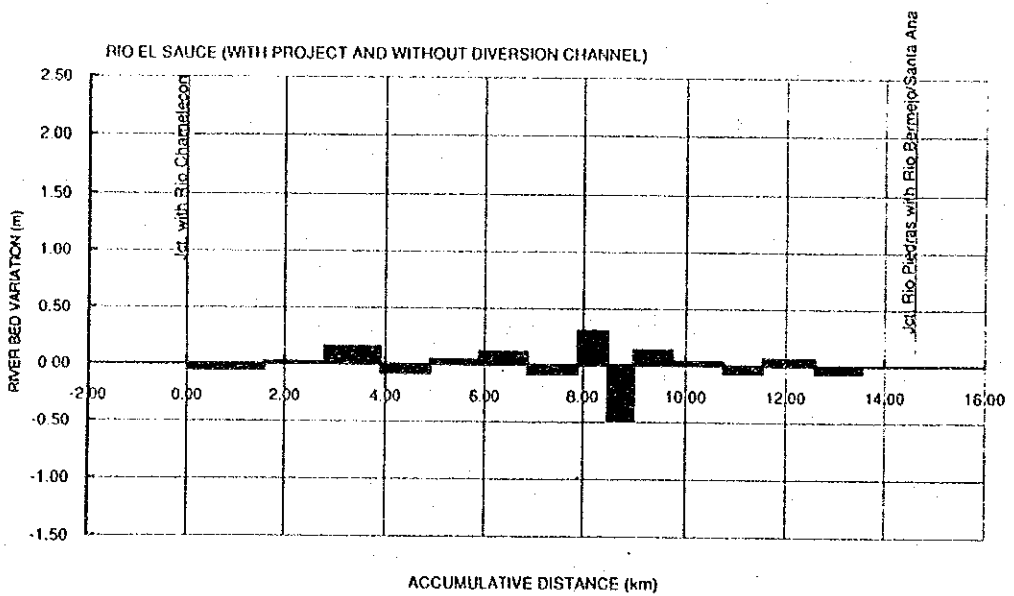
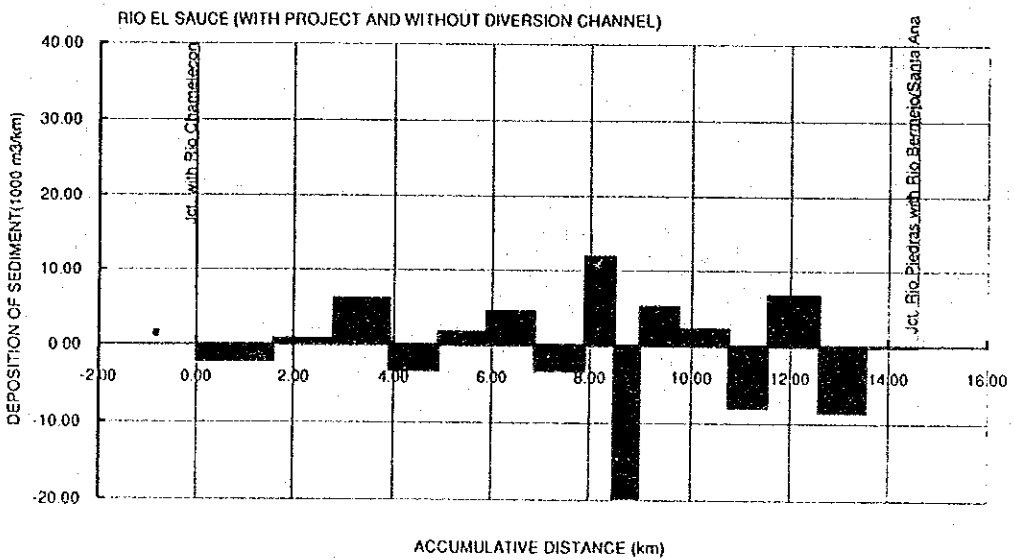
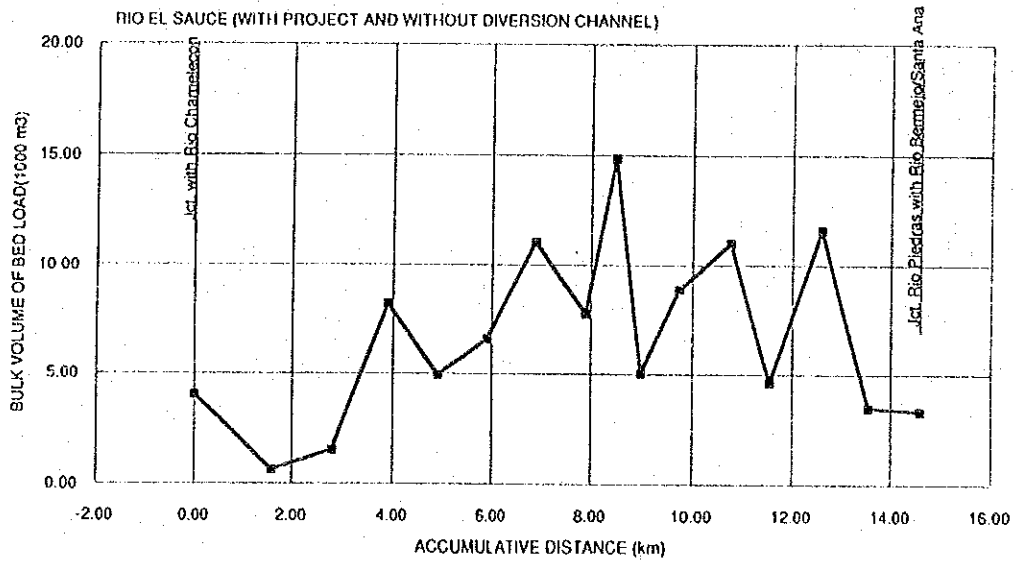


FIG. E.1.16 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO EL SAUCE (CASO 3-2 CON PROYECTO)

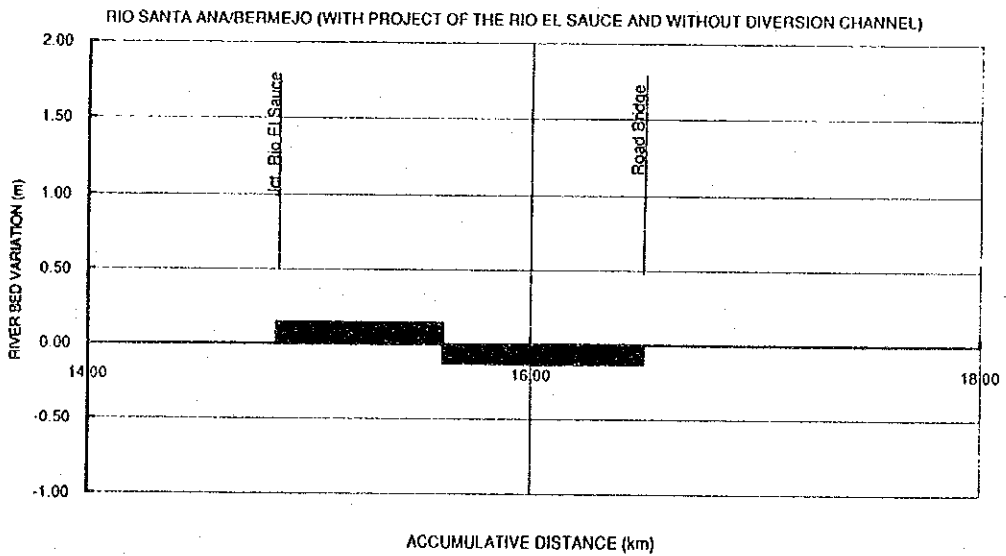
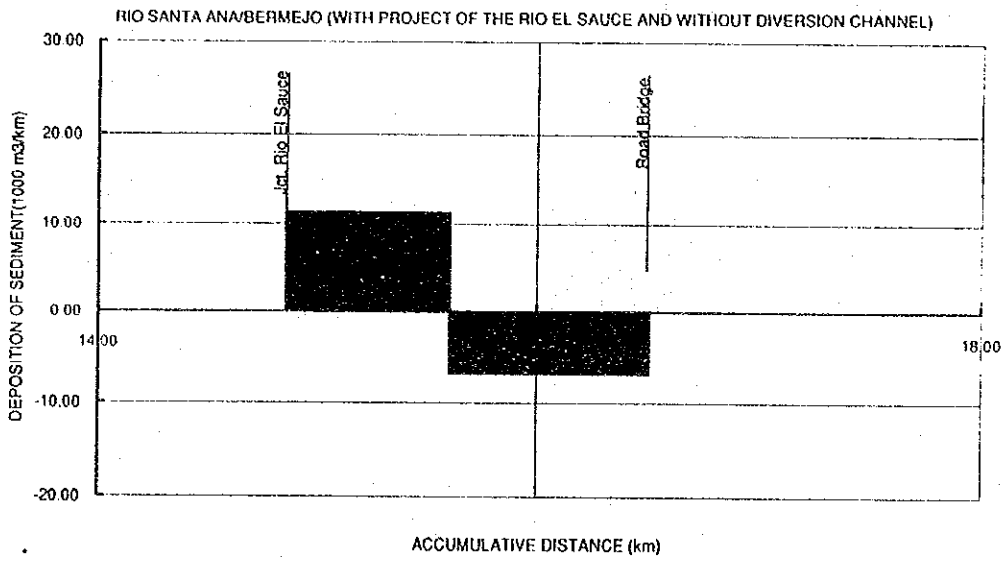
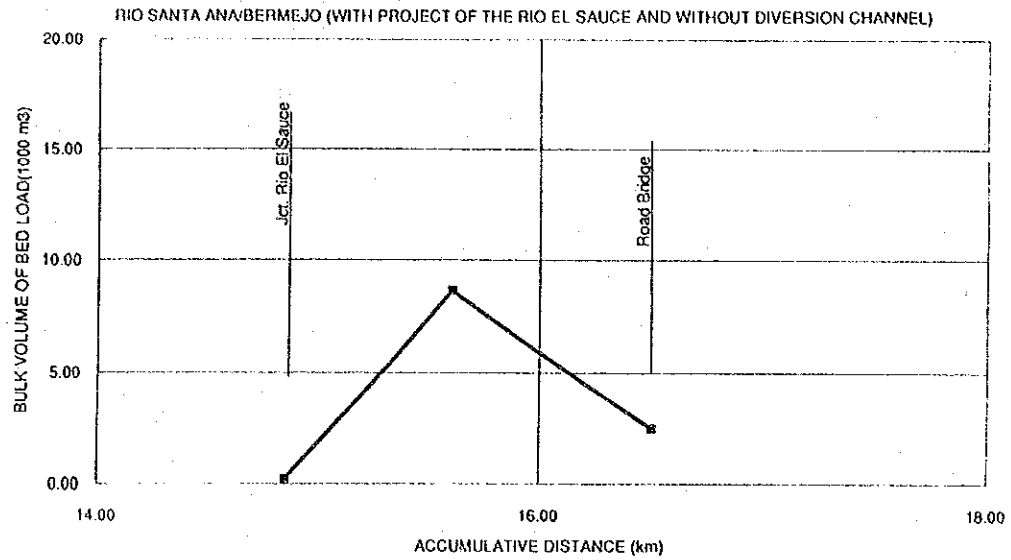


FIG. E.1.17 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO SANTA ANA/BERMEJO (CASO 3-2 CON PROYECTO)

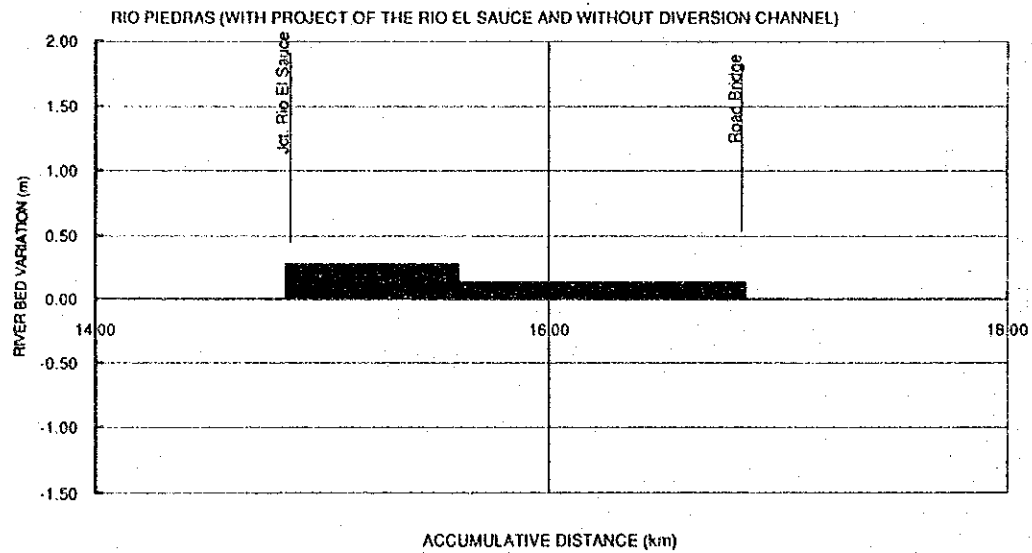
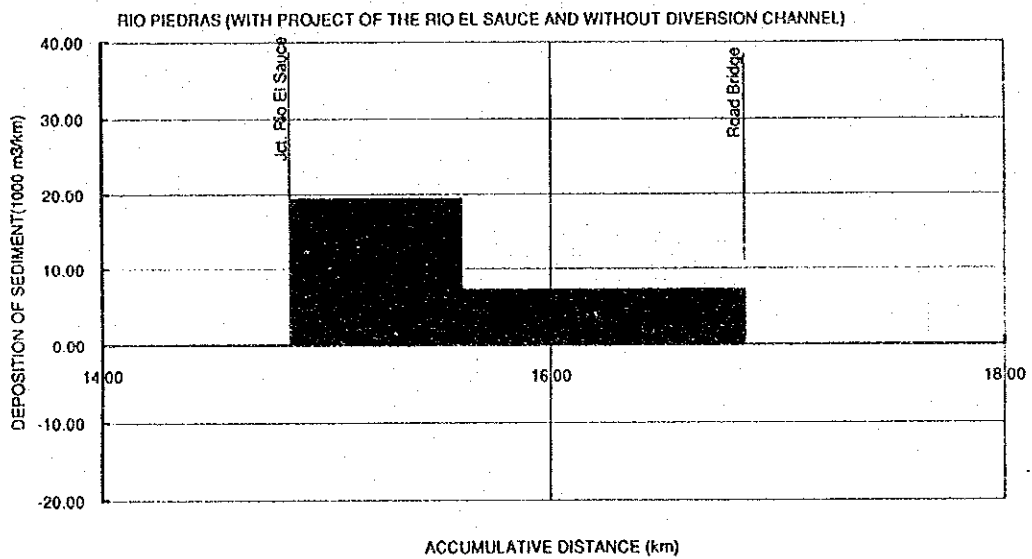
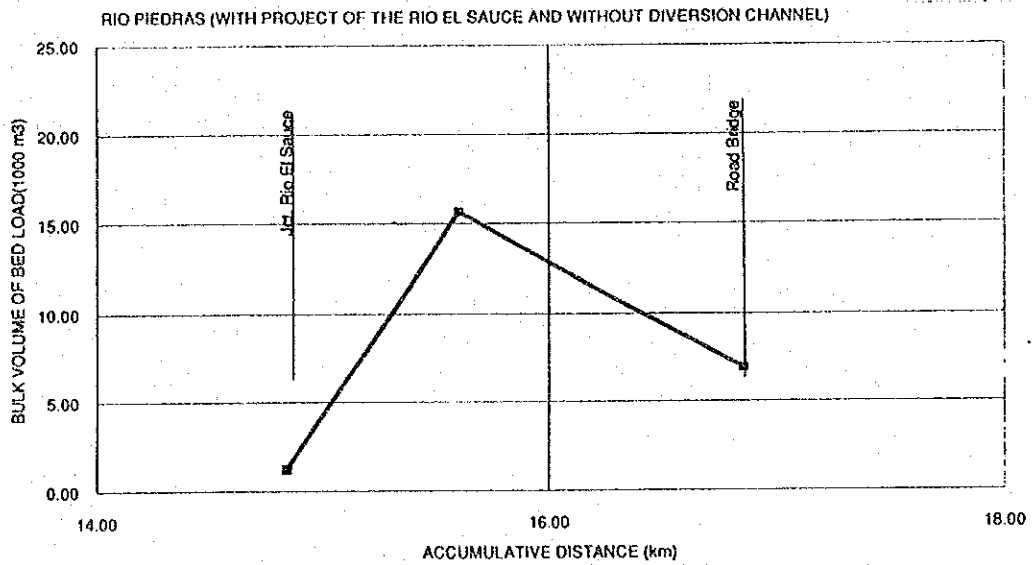


FIG. E.1.18 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO PIEDRAS (CASO 3-2 CON PROYECTO)

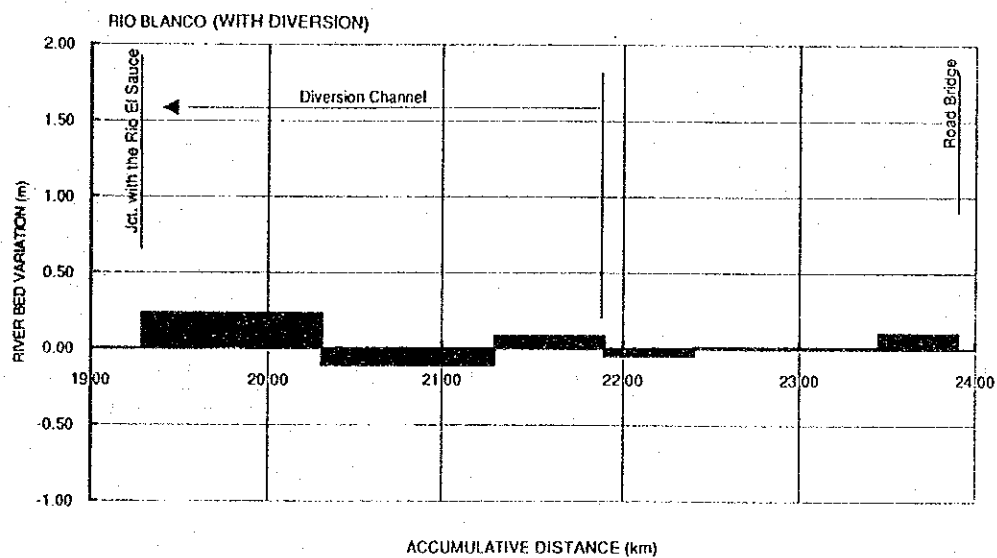
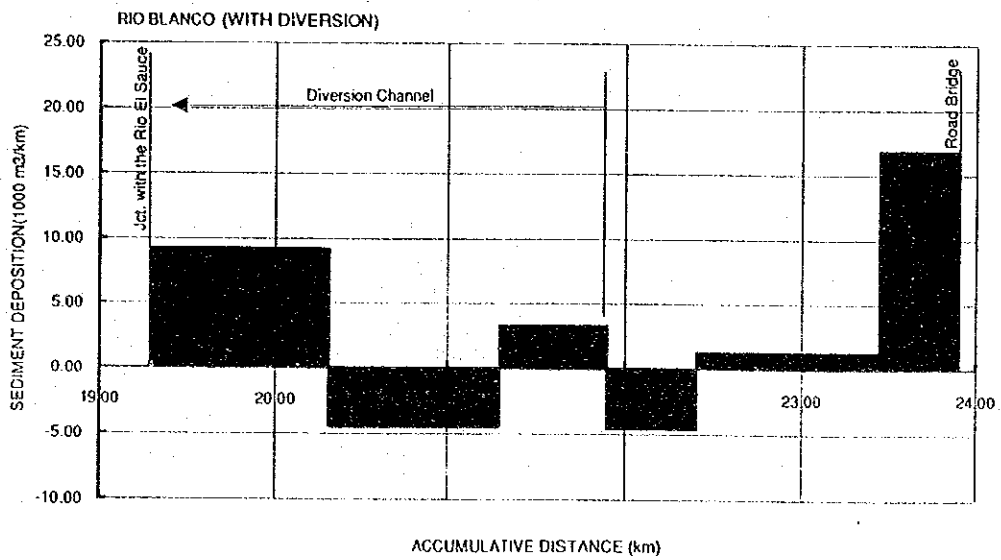
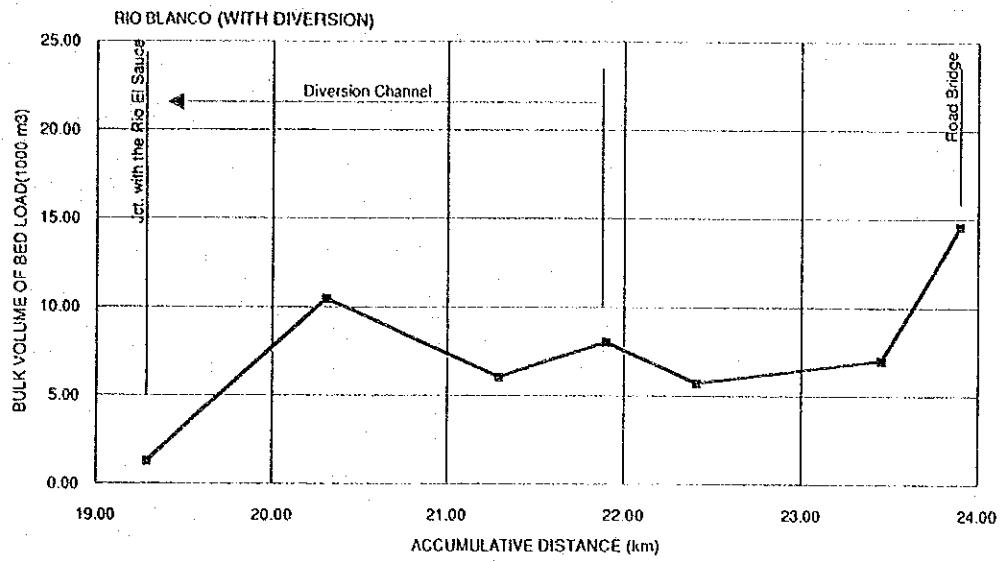


FIG. E.1.19 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO BLANCO (CASO 4-1 CON DESVIACION)

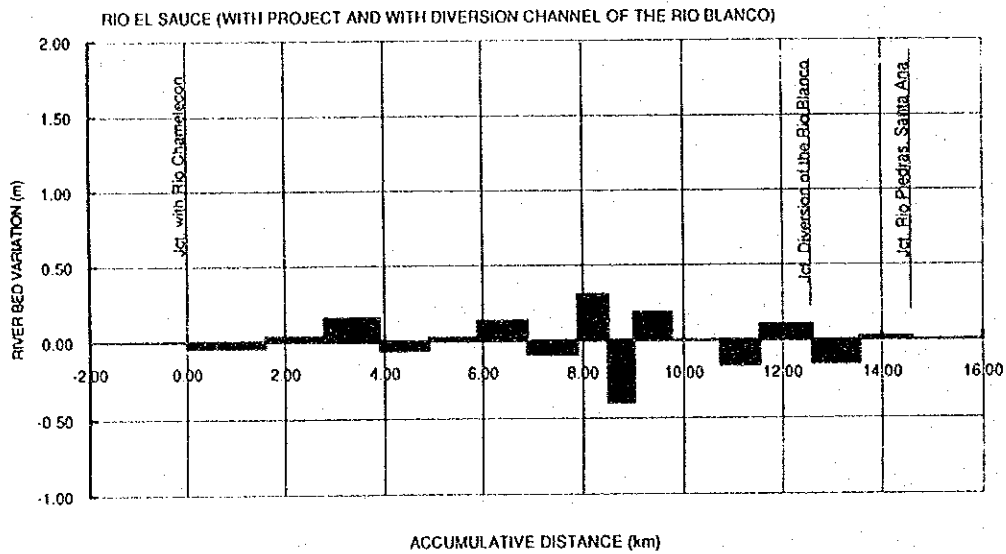
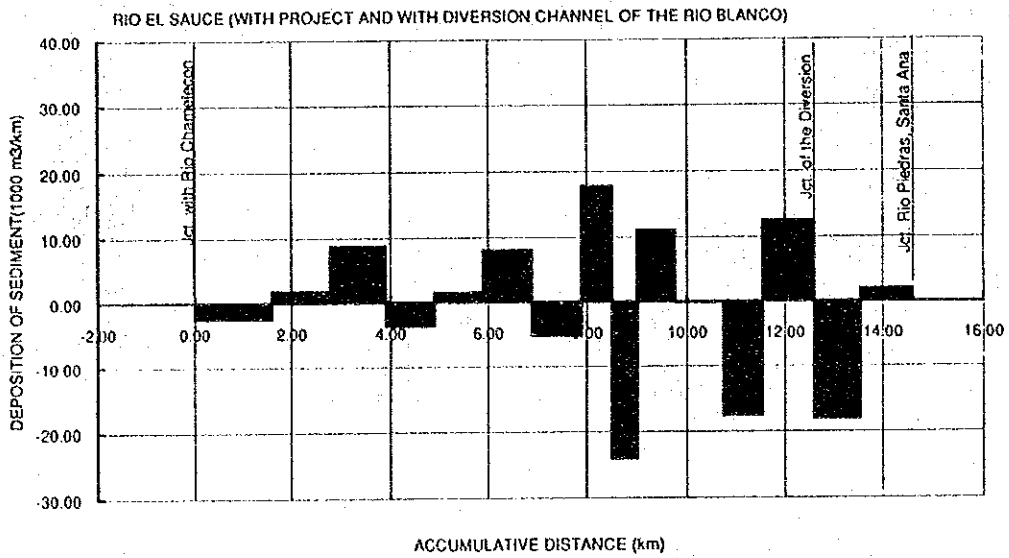
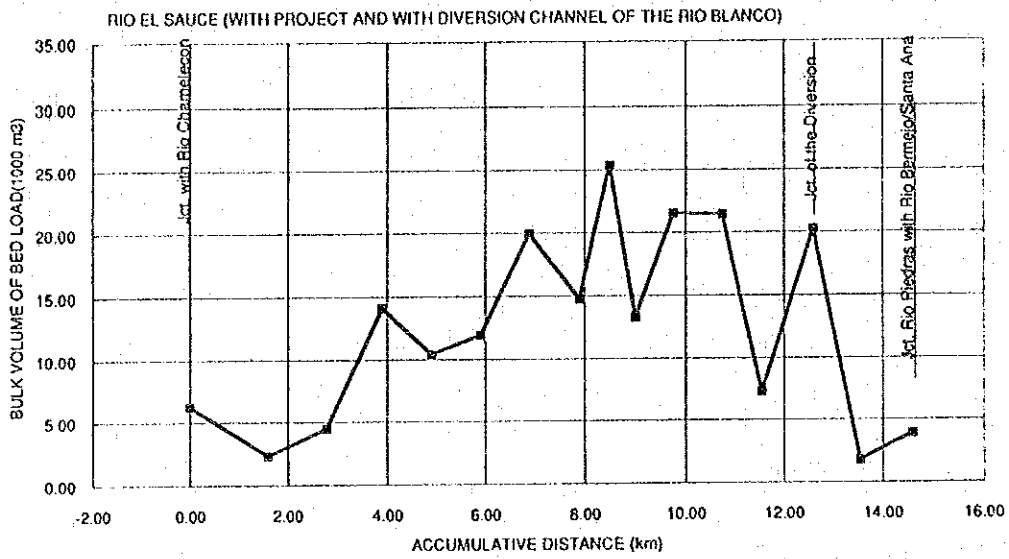


FIG. E.1.20 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO EL SAUCE (CASO 4-1 CON DESVIACION)

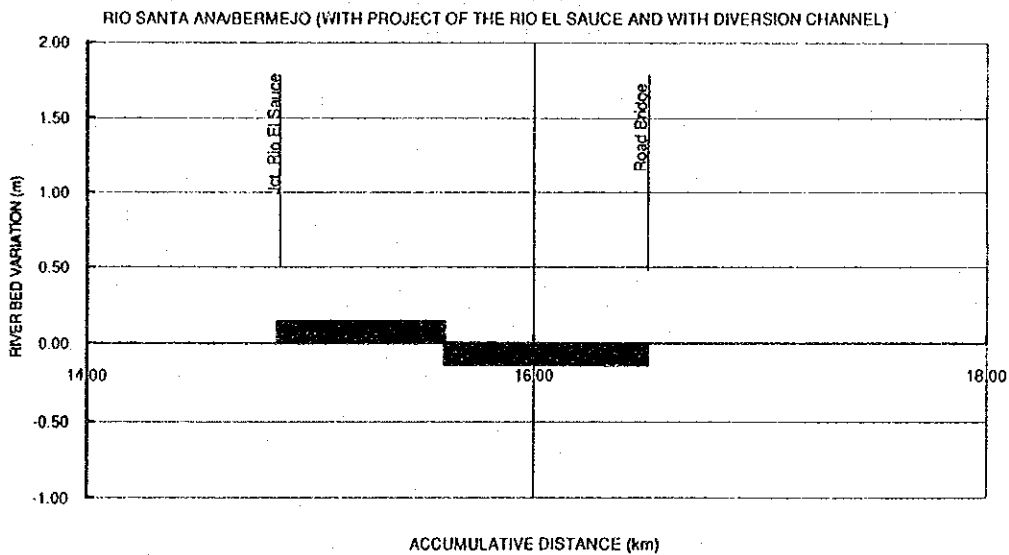
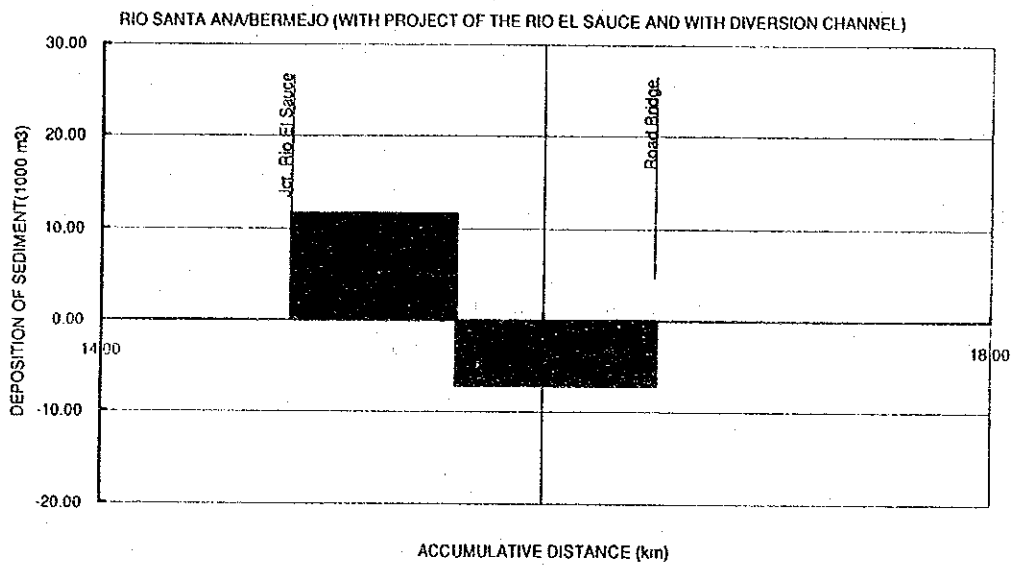
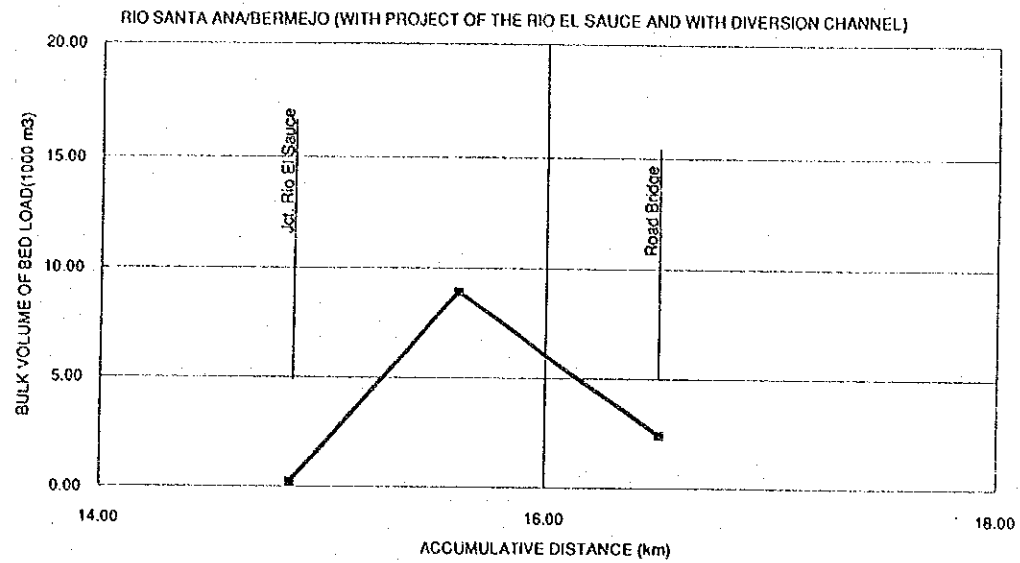


FIG. E.1.21 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO SANTA ANA/BERMEJO (CASO 4-1 CON DESVIACION)

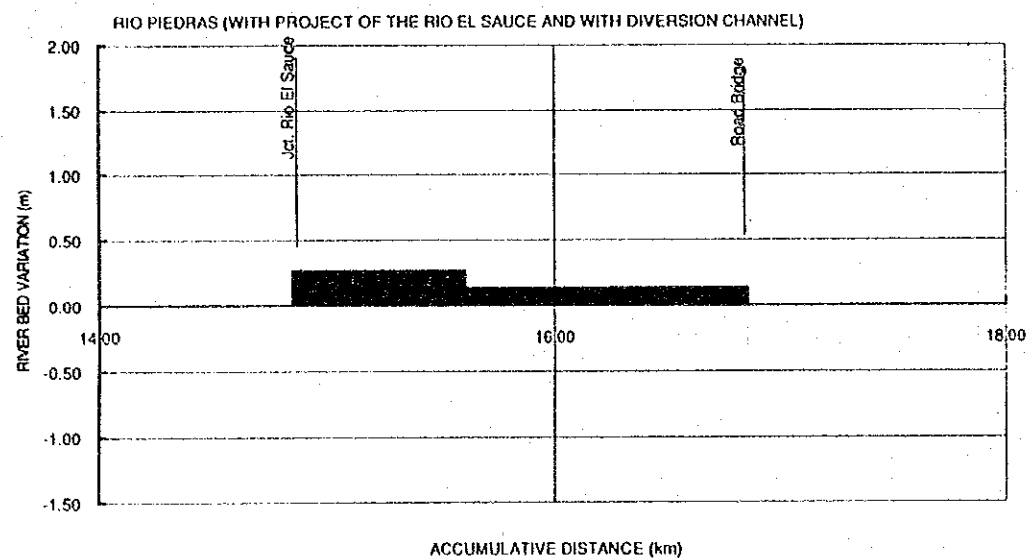
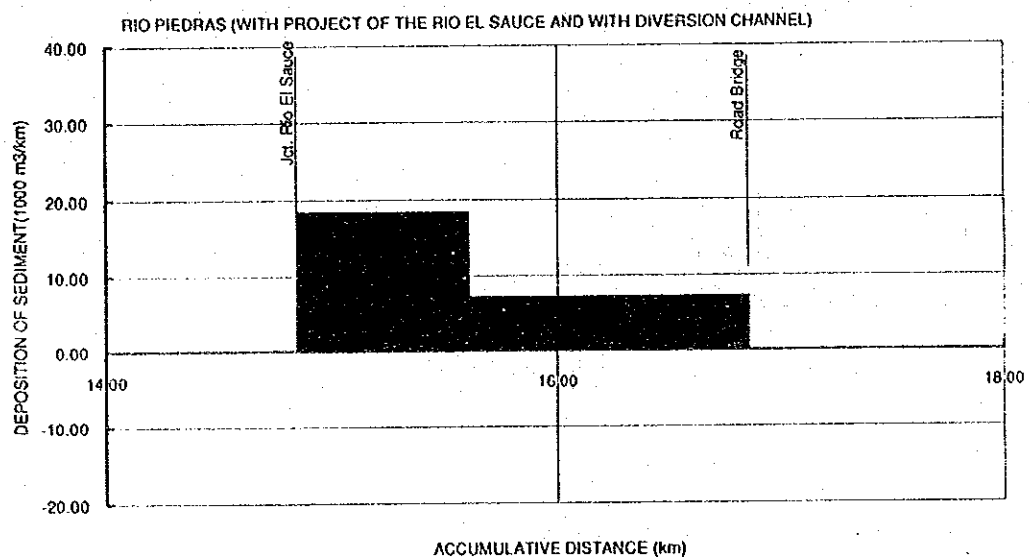
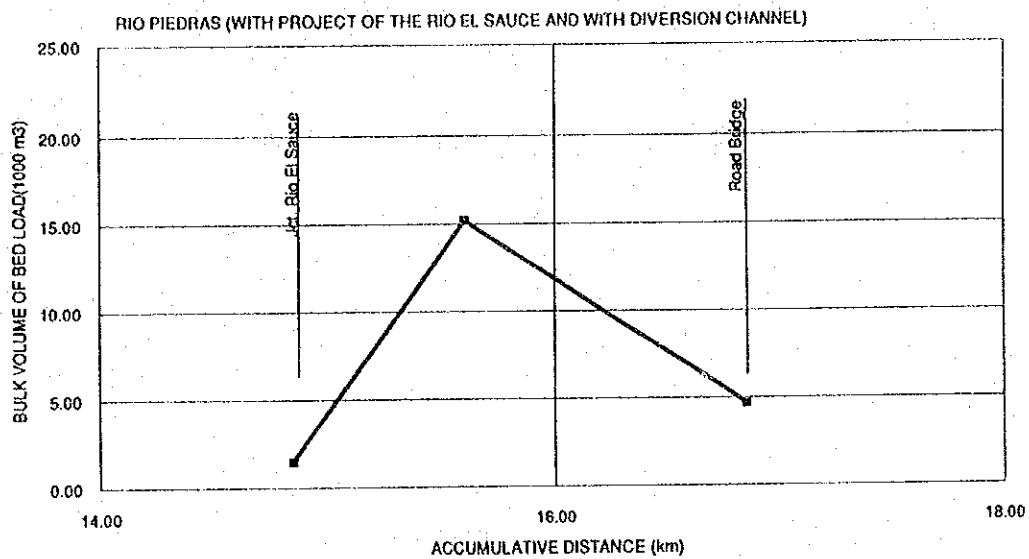


FIG. E.1.22 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO PIEDRAS (CASO 4-1 CON DESVIACION)

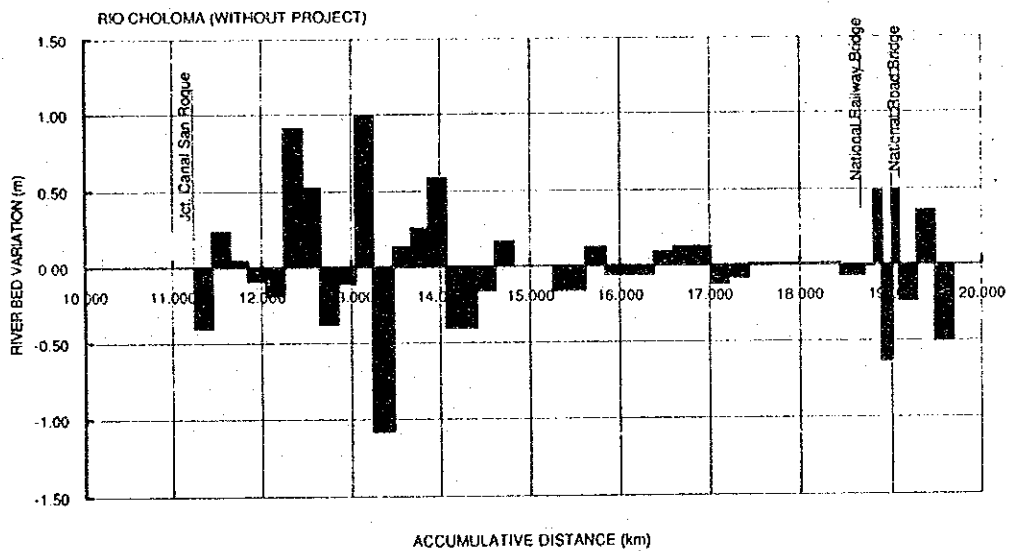
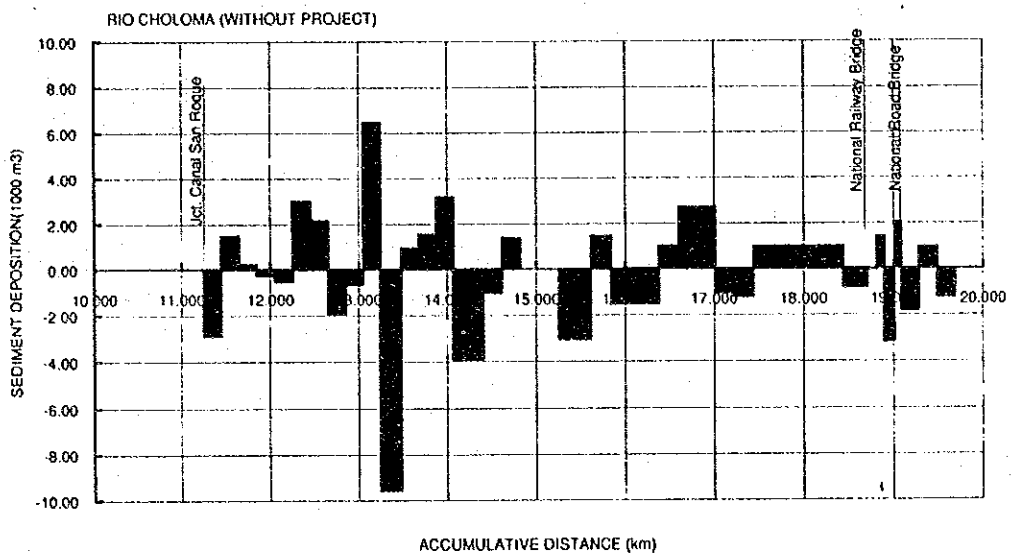
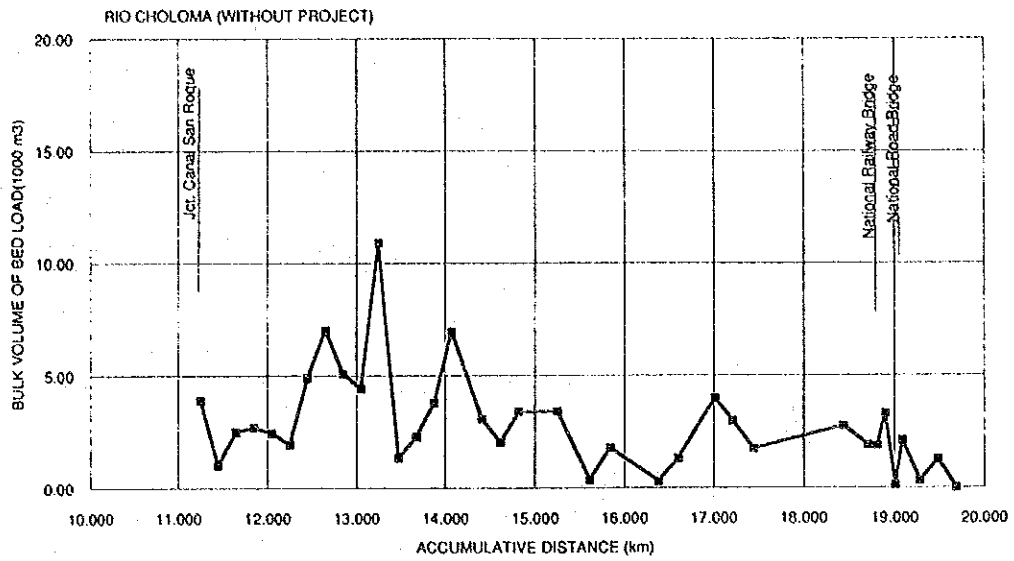


FIG. E.2.1 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (E/F-CASO 1 SIN PROYECTO)

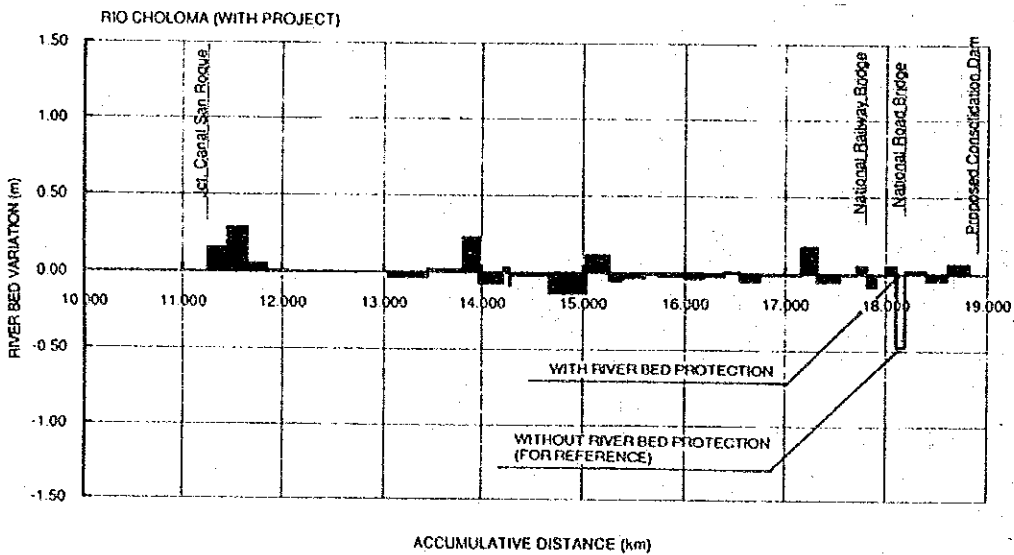
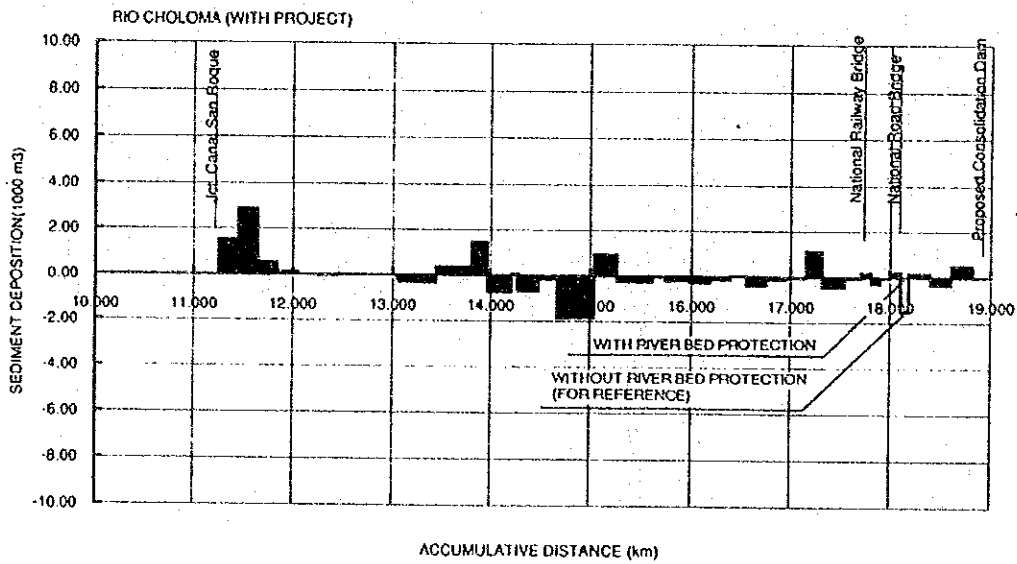
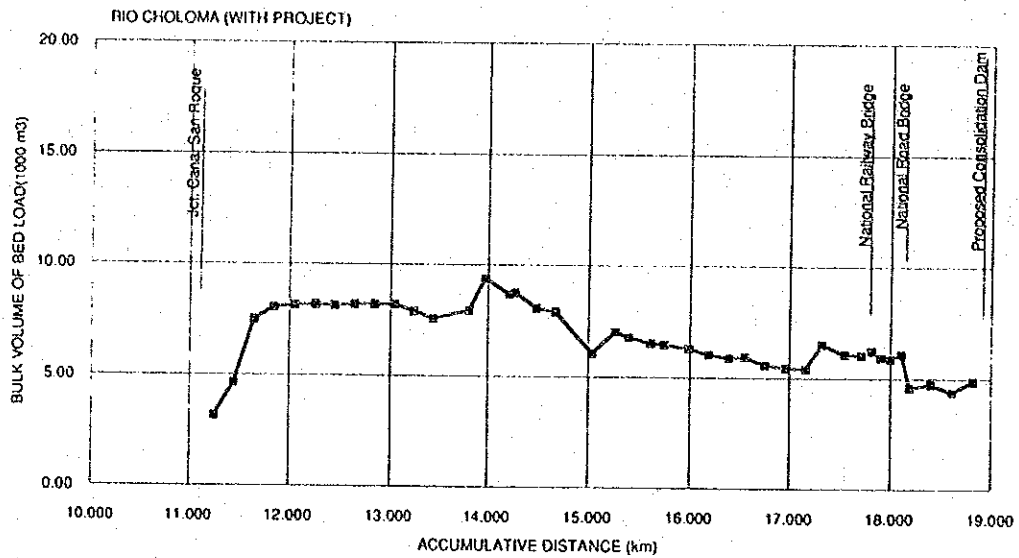


FIG. E.2.2 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (E/F-CASO 2 CON PROYECTO DE LARGO PLAZO)

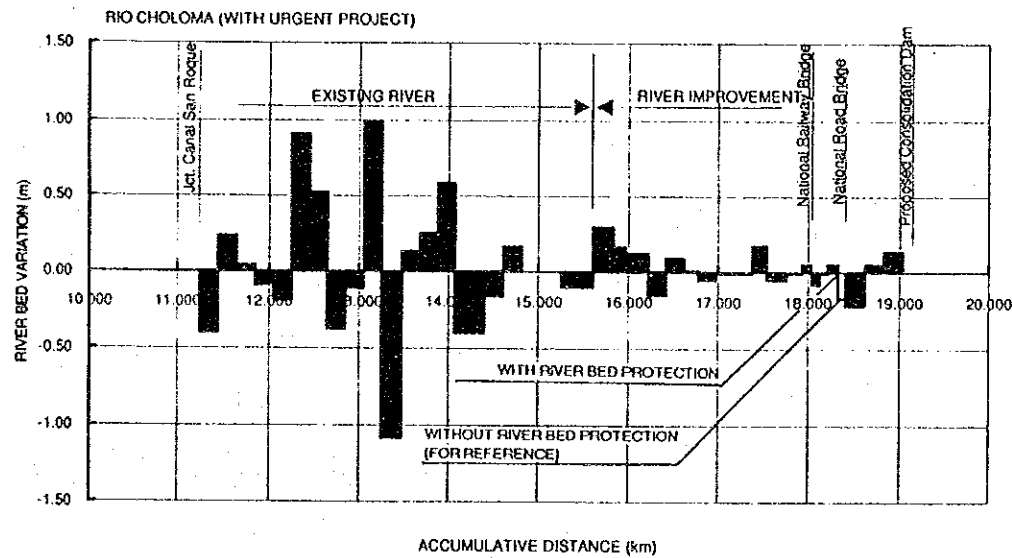
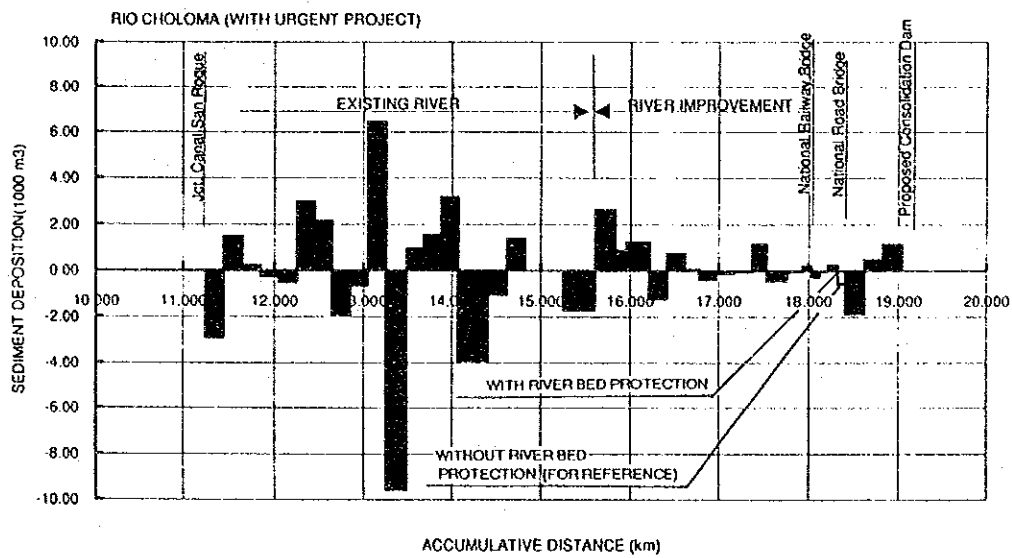
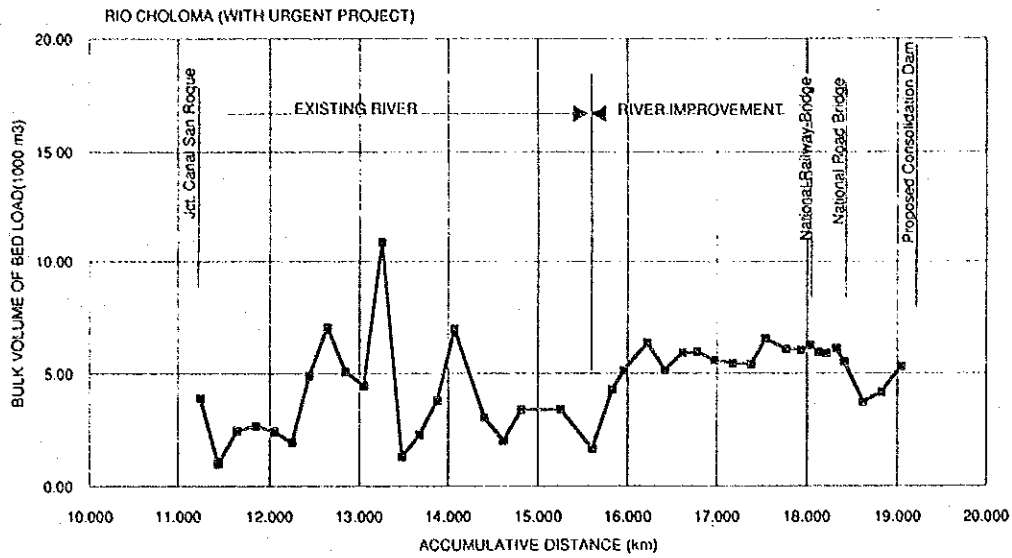


FIG. E.2.3 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (E/F-CASO 3 CON PROYECTO URGENTE)

**INFORME SUPLEMENTARIO F
ESTUDIO DE MITIGACION DE INUNDACIONES**

**INFORME SUPLEMENTARIO F ESTUDIO DE MITIGACION
DE INUNDACIONES**

TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	F-1
2.	ETAPA DE ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO	F-2
2.1	Planes y Facilidades de Mitigación de Inundaciones Existentes y Relacionados	F-2
2.1.1	Planes de Mitigación de Inundaciones Existentes y Relacionados	F-2
2.1.2	Facilidades de Mitigación de las Inundaciones Existentes y Relacionadas	F-3
2.2	Condiciones Existentes de los Ríos	F-4
2.2.1	Sistema Existente de Ríos	F-4
2.2.2	Capacidad de Descarga de los Ríos y Canales Existentes	F-5
2.3	Simulación de las Alturas Probables de las Inundaciones y Areas Inundadas	F-6
2.4	Medidas de Mitigación de Inundaciones	F-8
2.4.1	Conceptos Básicos	F-8
2.4.2	Criterio de Diseño	F-9
2.4.3	Medidas de Mitigación de las Inundaciones del Río Choloma	F-10
2.4.4	Medidas de Mitigación de Inundaciones del Río Blanco (Alternativa 1)	F-12
2.4.5	Medidas de Mitigación de Inundaciones del Río El Sauce (Alternativa 1)	F-16
2.4.6	Medidas de Mitigación de Inundaciones del Río Blanco y el Río El Sauce (Alternativa 2)	F-18
2.5	Conclusión	F-21
3.	ETAPA DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	F-21
3.1	GENERALIDADES	F-21
3.2	Conceptos Básicos al Formular los Planes de Mitigación de Inundaciones	F-22
3.3	Estudio Suplementario de las Condiciones de Inundación	F-22
3.4	Formulación del Plan de Mitigación de Inundaciones	F-23
3.4.1	Criterios de Diseño	F-23
3.4.2	Plan a Largo Plazo de Mitigación de las Inundaciones	F-24
3.4.3	Plan Urgente de Mitigación de las Inundaciones	F-27
4.	RECOMENDACIONES	F-28

LISTA DE TABLAS

Tabla F.2.1	Trabajos Recomendados para el Proyecto por Sir William Halcrow & Partners (1975)	F-30
Tabla F.2.2	Instalaciones Existentes para el Control de Inundaciones y Escombros (1) - (2)	F-31
Tabla F.2.3	Cálculo del Nivel de Agua para una Descarga Probable (1) - (3)	F-33

LISTA DE FIGURAS

Fig. F.2.1	Trabajos Recomendados para el Proyecto por Sir William Halcrow & Partners (1975)	F-36
Fig. F.2.2	Planos de la Presa Recomendada por el Estudio Harza-Cinsa (1979)	F-37
Fig. F.2.3	Plano del Aliviadero y Drenaje Recomendados por el Estudio Harza-Cinsa (1979)	F-38
Fig. F.2.4	Instalaciones Existentes para el Control de Inundación y Planos de Instalaciones	F-39
Fig. F.2.5	Proyectos Bajo el Comité del Valle Sula	F-40
Fig. F.2.6	Sistema Fluvial del Area de Estudio	F-41
Fig. F.2.7 (1)	Sistema Fluvial del Río Choloma y los Canales Corriente Abajo	F-42
Fig. F.2.7 (2)	Sistema Fluvial del Río Blanco y el Canal San Roque	F-43
Fig. F.2.7 (3)	Sistema Fluvial del Río El Sauce	F-44
Fig. F.2.8 (1)	Perfil Longitudinal del Río Choloma y los Canales Corriente Abajo	F-45
Fig. F.2.8 (2)	Perfil Longitudinal del Río Blanco y el Canal San Roque	F-46
Fig. F.2.8 (3)	Perfil Longitudinal del Río El Sauce	F-47
Fig. F.2.9	Area Inundada Estimada mediante las Escalas de Inundación	F-48
Fig. F.2.10	Instalaciones Propuestas para la Mitigación de las Inundaciones y Diseño de la Sección del Río Choloma	F-49
Fig. F.2.11	Diseño de la Sección Longitudinal del Río Choloma	F-50
Fig. F.2.12	Característica Principal de las Alternativas del Sistema Fluvial	F-51
Fig. F.2.13	Instalaciones Propuestas para la Mitigación de las Inundaciones del Río Blanco y del Río El Sauce (Alternativa 1)	F-52
Fig. F.2.14	Diseño de la Sección Longitudinal del Río Blanco (Alternativa 1)	F-53

Fig. F.2.15	Diseño Estándar de la Sección del Río Blanco y del Río El Sauce (Alternativa 2)	F-54
Fig. F.2.16	Diseño de la Sección Longitudinal del Río Blanco y del Río El Sauce (Alternativa 1 y Alternativa 2)	F-55
Fig. F.2.17	Instalaciones Propuestas para la Mitigación de las Inundaciones del Río El Sauce (Alternativa 2)	F-56
Fig. F.2.18	Diseño de la Sección Longitudinal Seccional del Canal de Desviación .	F-57
Fig. F.3.1 (1)	Areas Inundadas Estimadas (Periodo de Retorno de 2 años)	F-58
Fig. F.3.1 (2)	Areas Inundadas Estimadas (Periodo de Retorno de 50 años)	F-59
Fig. F.3.1 (3)	Areas Inundadas Estimadas (Periodo de Retorno de 100 años)	F-60
Fig. F.3.2 (1)	Perfil del Río Choloma (Existente)	F-61
Fig. F.3.1 (2)	Perfil del Río Choloma (Existente)	F-62
Fig. F.3.3	Diseño de la distribución de la Descarga	F-63
Fig. F.3.4 (1)	Mejoras Propuestas para el Río Choloma	F-64
Fig. F.3.4 (2)	Mejoras Propuestas para el Río Choloma	F-65
Fig. F.3.4 (3)	Mejoras Propuestas para el Río Choloma	F-66
Fig. F.3.4 (4)	Mejoras Propuestas para el Río Choloma	F-67
Fig. F.3.5 (1)	Diseño del Perfil del Diseño del Río Choloma	F-68
Fig. F.3.5 (2)	Diseño del Perfil del Diseño del Río Choloma	F-69
Fig. F.3.6 (1)	Diseño de la Secciones Transversales del Río Choloma	F-70
Fig. F.3.6 (2)	Diseño de la Secciones Transversales del Río Choloma	F-71
Fig. F.3.6 (3)	Diseño de la Secciones Transversales del Río Choloma	F-72
Fig. F.3.6 (4)	Diseño de la Secciones Transversales del Río Choloma	F-73
Fig. F.3.7	Sección del Muro de Contención Estándar (Albañilería Húmeda y Guijarro)	F-74
Fig. F.3.8	Trabajos Propuestos para la Rehabilitación del Puente de la Carretera	F-75
Fig. F.3.9	Reconstrucción Propuesta del Puente del Ferrocarril	F-76

**INFORME SUPLEMENTARIO F ESTUDIO DE MITIGACION
DE INUNDACIONES**

1. GENERALIDADES

El área de estudio incluye a ciudades industrializadas o en vías de industrialización tales como la Ciudad de San Pedro Sula, la Ciudad de Choloma y la Ciudad de La Lima. Esta área concentra la parte central de las actividades socio-económicas del Valle Sula, siendo también el área productiva más importante de Honduras. Además, por el área pasa el camino nacional el cual es uno de los más importantes de Honduras, conectando Puerto Cortes, San Pedro Sula y Tegucigalpa.

En el área de estudio hay tres ríos tributarios principales del Río Chamelecon. Ellos son el Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce. En este estudio, a estos ríos se les llama ríos pilotos.

A pesar de la importancia socio-económica del área de estudio, esta área ha tenido severos problemas causados por las inundaciones y los sedimentos traídos por los ríos pilotos también como por las inundaciones de los ríos Chamelecon o el Ríos Ulua en las áreas de tierras bajas. En 1897, 1916, 1935, 1945, 1954, 1969, 1974, 1976, 1988 y 1990 hubieron inundaciones notables. Especialmente, en 1974, el huracán "Fifi" causó las más grandes inundaciones y correntías de sedimentos incluyendo avalanchas en cantidades nunca antes registradas y causó los mayores daños habidos hasta la fecha en el área de estudio.

A pesar de que desde las inundaciones de 1974 se han efectuado varios estudios de control de inundaciones y se han construido algunas facilidades para el control de las inundaciones, tales como malecones para el Río Blanco, Río El Sauce, Río Choloma y el Río Chamelecon, en el área de estudio quedan sin resolver muchos problemas de inundaciones.

En este informe, las condiciones actuales de los ríos, tales como las facilidades existentes en el río, las capacidades de descargas y los planes de mitigación de inundaciones en las cuencas del Río Choloma, cuenca del Río Blanco y en la cuenca del Río El Sauce se examinan y se proponen las medidas necesarias para mitigación de las inundaciones. En la Etapa de Estudio del Plan Maestro se hicieron las evaluaciones y propuestas para los ríos pilotos correspondientes al Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce. En la Etapa de Estudio de Factibilidad, se hicieron propuestas y evaluaciones más detalladas para el Río Choloma.

2. ETAPA DE ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO

2.1 Planes y Facilidades de Mitigación de Inundaciones Existentes y Relacionados

2.1.1 Planes de Mitigación de Inundaciones Existentes y Relacionados

Luego del huracán "Fifi" en 1974, se efectuaron varios estudios de control de inundaciones en el Valle de Sula. Hay dos estudios que son pertinentes a la situación actual. Ellos se describen a continuación.

- 1) Obras de Protección contra Inundaciones por Sir William Halcrow & Partners en septiembre de 1975

En este estudio, se prepararon diseños detallados para efectuar trabajos de remedios incluyendo ensanchamientos y represas para las inundaciones en los canales, siguiendo la frecuencia de inundaciones de 100 años y se reconstruyeron los puentes en el brazo medio del Río Blanco, en el brazo superior a medio del Río El Sauce y en el brazo medio a inferior del Río Piedras y del Río Santa Ana en San Pedro Sula. Los trabajos recomendados se resumen en la *Tabla F.2.1* y *Fig.F.2.1*.

La Municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT han construido el ensanche y diques contra las inundaciones en el Río Blanco, Río El Sauce, Río Piedras y Río Santa Ana y los trabajos de desvío del Río Chiquito basándose en estas recomendaciones. Sin embargo, todavía no se han ejecutado los otros trabajos recomendados.

- 2) Informe del Plan Maestro para el Desarrollo Integral y Control de Inundaciones en el Valle de Sula, en marzo de 1979 e Informe Resumido de Estudio de Factibilidad y Diseño de las Obras Hidráulicas Prioritarias para el Desarrollo Integral y Control Inundaciones en el Valle de Sula, por HARZA-CINSA, en noviembre de 1980.

En este estudio, se preparó un plan maestro para control de las inundaciones de la Cuenca del Río Ulua y del Río Chamelecon, con el fin de controlar las inundaciones del Valle Sula. En este estudio, se propusieron varias represas moderadoras de control de inundaciones en las cuencas altas del Río Ulua y del Río Chamelecon y canales para el Río Uluy y el Río Chamelecon con el fin de controlar las inundaciones con una frecuencia de 50 años. Además, se propusieron en las cuencas aguas abajo del Río Choloma y en las áreas de tierras bajas relacionadas algunos canales de drenaje dimensionados para inundaciones con frecuencia de 20 años. Los planes propuestos se muestran en la *Fig.F.2.2* y *Fig.F.2.3*.

Entre estas propuestas, se construyó el Cajón Dam como una represa multipropósito para controlar las inundaciones y para generar energía eléctrica, etc. en 1985. Pero, no se han implementado todavía otras medidas de control de las inundaciones propuestas, excepto, por la ejecución de trabajos de mejoras en los drenajes. Se han efectuado o se están efectuando los siguientes trabajos de drenaje:

- Canal Copen-Higuero-Cuabanos (14km)
- Canal San Roque-Cuabanos (5.3km)
- Canal San Roque (6.4km)
- Canal Montanuela-San Roque

Como los canales de drenaje anteriores tienen una sección transversal mucho más pequeña que la propuesta en los planes de HARZA-CINSA, necesitan trabajos de remedio en el futuro.

Como se describe arriba, no han habido planes maestros totales de control de las inundaciones de los ríos pilotos en el área de estudio.

2.1.2 Facilidades de Mitigación de las Inundaciones Existentes y Relacionadas

Hay facilidades de mitigación de las inundaciones, tales como malecones y canales con malecones construidos a lo largo de los ríos pilotos del Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce, para controlar las inundaciones de estos ríos. Además hay malecones a lo largo de la ribera izquierda del Río Chamelecon para proteger las tierras bajas del área de estudio contra inundaciones del Río Chamelecon y del Río Ulua. En la *Tabla F.2.2*, *Fig.F.2.4* y *Fig.F.2.5* se muestran las facilidades existentes de mitigación de las inundaciones. Ellas se explican a continuación.

1) Malecones a lo Largo de los Tributarios de los Pilotos

Después del huracán "Fifi", se construyeron malecones en combinación con ensanches de canales del Río Blanco, Río El Sauce, incluyendo al Río Piedras y al Río Santa Ana/Bermejo, diseñados para soportar la inundación con la frecuencia de 100 años. Los trabajos los hizo la Municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT, como se describe en la sub-sección 2.1.1.1). Y también se construyeron malecones en los brazos medios y los brazos aguas abajo del Río Choloma. Estos trabajos los hizo SECOPT. Las distancias de los ríos y de los canales con malecones se resumen a continuación:

- Río Choloma : 5.0km
- Río Blanco y sus tributarios : 21.2km
- Río El Sauce y sus tributarios : 44.1km

- Río El Sauce (viejo)-Chotepe : 12.7km

Los brazos mejorados del Río Blanco y del Río El Sauce parecen tener suficiente capacidad de flujo contra inundaciones causadas por el huracán "Fifi". Pero, los canales mejorados del Río Choloma no parecen tener la capacidad suficiente. Además, no han sido mejorados todavía y presentan problemas en las inundaciones. Además en este estudio se clarificarán los brazos de ríos que tienen capacidad de flujo inadecuada y se propondrán medidas para mitigar las inundaciones.

Además, para construir el aeropuerto de La Lima, SECOPT construyó un malecón circular (11.5km), desde 1981 a 1990. Sin embargo, todavía no se ha construido la estación de bombeo para drenaje que se planeó.

2) Malecones a lo largo del Río Chamelecon

A lo largo de la ribera izquierda del Río Chamelecon hay malecones contra las inundaciones (aproximadamente 54.1km), los cuales han sido construidos por diferentes agencias, tales como la Compañía de Ferrocarril Tela, Municipalidad de San Pedro Sula, SECOPT y el Comité del Valle Sula.

Pero, alrededor de 5.5km de la ribera izquierda todavía no tiene malecón. Además, no es claro que los malecones existentes tengan la altura y la firmeza suficiente para resistir la escala de inundaciones, ya que en las inundaciones de 1990, entró agua al área de estudio desde el Río Chamelecon.

Para proteger las tierras bajas del área de estudio de las inundaciones del agua del Río Chamelecon o del Río Ulua, son muy importantes los malecones a lo largo de la ribera izquierda del Río Chamelecon. Por lo tanto, es necesario comprobar la altura y la estabilidad del malecón en detalle y reforzarlo o rehabilitarlo si es necesario.

3) Otras Facilidades

Hay dos diques para tomas de agua, ocho caminos que cruzan los ríos pilotos. Ellos tienen el efecto de consolidar el lecho del río.

2.2 Condiciones Existentes de los Ríos

2.2.1 Sistema Existente de Ríos

El sistema de río con sus cuencas de captación se muestran en la *Fig.F.2.6*. La distancia y el perfil longitudinal de los canales principales de los ríos se muestran en la *Fig.F.2.7* y *Fig.F.2.8*, respectivamente. El área de estudio (716.71km²) se divide en

seis (6) zonas de subdesagüe. Ellas son 1) Río Choloma (106.89km²), Río Blanco-Canal San Roque (190.24km²), 3) Río El Sauce (118.33km²), 4) Río El Sauce (viejo)-Canal Chotepe (97.37km²), 5) Canal Cuabanos (123.02km²) y 6) Río Chamelecon y Aeropuerto La Lima (80.86km²).

El Río Choloma y el Río Blanco se unen en los brazos superiores del Canal San Roque-Cuabanos y fluyen en el Río Chamelecon. El Río Sauce (viejo)-Chotepe fluye en el brazo extremo aguas abajo del Río El Sauce y luego el Río El Sauce fluye en el Río Chamelecon. A continuación se muestra la longitud del río y la pendiente del lecho del río entre la confluencia y los puntos de control de diseño del plan de control de la sedimentación (refiérase al Informe de Soporte D):

- Río Choloma	7.8 km	1/420~1/120
- Río Blanco	18.9 km	1/520~1/240
- Río El Sauce	14.6 km	1/1000~1/210

Antes del huracán Fifi en 1974, el Río Blanco desaguaba en el Río Chamelecon a través del curso actual del Río El Sauce y parcialmente desaguaba en la Laguna El Carmen. El Río El Sauce fluía a través del curso del Río Chotepe. Como ocurrió el bloqueo del canal del Río Blanco alrededor del punto de distribución por la acumulación de sedimentos provocados por el huracán Fifi, el curso del Río se ha desplazado al curso actual hacia la laguna El Carmen, luego de 1974. El curso del Río El Sauce se ha desplazado hacia el curso actual del río, al igual como lo ha hecho el Río Blanco.

2.2.2 Capacidad de Descarga de los Ríos y Canales Existentes

La capacidad de descarga de los ríos y canales existentes fueron comprobadas usando las secciones transversales de los ríos mediante este estudio en la Etapa de Estudio del Plan Maestro y mapas topográficos con escala 1/2000. Los cálculos hidráulicos fueron hechos usando la Fórmula de Manning. El coeficiente de rugosidad fue de 0.035 para canales de agua baja y de 0.050 para canales de agua alta. Las pendientes de los lechos de ríos y canales son las mismas que las que se muestran en la Fig. F.2.8.

Las capacidades de descarga son las siguientes:

(1) Río Choloma	:	40 ~ 60 m ³ /seg (11.25 (~) 17.0 km)
	:	100~170 m ³ /seg (17.0 (~) 18.7 km)
	:	170~910 m ³ /seg (18.7 (~) 19.1 km)

La capacidad de descarga en el puente del ferrocarril nacional (18.70 km) es de sólo 170 m³/seg. La capacidad de descarga entre el puente del camino nacional (19.08 km) y el puente del ferrocarril nacional disminuye desde 900 m³/seg a 170 m³/seg.

(2) Río Blanco : 1600~3600 m³/seg (20.5~23.45 km)

La capacidad de descarga de los brazos del río entre el puente de la carretera nacional y la entrada de la Laguna El Carmen disminuye desde 3600 m³/seg a 1600 m³/seg. Los brazos del río entre la salida de la Laguna El Carmen al Canal San Roque (6.40 km ~ 23,45 km) se llama la Quebrada de San Agustín. Mientras la Quebrada de San Agustín fluye por un área montañosa, la capacidad de descarga del río es de más de 2000 m³/seg. Pero, el brazo superior de la Quebrada de San Agustín tiene sólo una capacidad de descarga de 460 m³/seg.

(3) Río El Sauce : 600 m³/seg (0.0~5.0 km)
: 1000~2000 m³/seg (5.0 (~) 14.6 km)

La capacidad de descarga de los brazos del río aguas abajo es menor que la capacidad en los brazos medios y de aguas arriba. La capacidad de descarga del Río Piedras es de alrededor de 1200 m³/seg. La capacidad de descarga del Río Santa Ana/Bermejo es de alrededor de 900~1300 m³/seg.

La capacidad de descarga de los canales es muy pequeña.

(4) Canal Copen-Higuero-Cuabanos : 60 (~) 100 m³/seg

(5) Canal San Roque-Cuabanos : 30 (~) 60 m³/seg

(6) Canal San Roque : 20 (~) 80 m³/seg

2.3 Simulación de las Alturas Probables de las Inundaciones y Areas Inundadas

Las inundaciones en el área de estudio son causadas no sólo por los tributarios del Río Chamelecon, tales como el Río Choloma, Río Blanco y el Río El Sauce sino también por el Chamelecon y el Río Ulua. Las condiciones de la inundación causadas por estos ríos se confirmaron con el estudio investigativo de los daños de la inundación del año 1974 y la del año 1990, etc. efectuadas durante este estudio.

Para formular los planes de mitigación de las inundaciones en los ríos pilotos del Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce, es necesario clarificar las condiciones de la parte de la inundación causada por los ríos pilotos, separándolos de la causada por el

Río Chamelecon y el Río Ulua. Por lo tanto, las simulaciones de las inundaciones de varios grados fueron efectuadas para los efectos de los ríos pilotos con referencia a los resultados del estudio de investigación de los daños de las inundaciones. Estos resultados se usaron para evaluar los daños de las inundaciones y para formular los planes de las facilidades necesarias para mitigar los efectos de las inundaciones.

1) Métodos usados en las Simulaciones

Los métodos usados en las simulaciones son los siguientes:

- | | | | |
|----|--------------------------------------|---|---|
| a) | Método de cálculo | : | flujo no uniforme |
| b) | Coefficiente de rugosidad de Manning | : | 0.035 (canal de aguas bajas)
0.050 (canal de aguas altas) |
| c) | Secciones de río | : | secciones estudiadas (por JICA) o por mapas topográficos de 1/2000 |
| d) | Descarga | : | descargas máximas de inundaciones de frecuencias de 2, 5, 30, 50 y 100 años |
| e) | Niveles de agua corriente abajo | : | niveles de agua estimados para las inundaciones o niveles revertidos del Río Chamelecon |

2) Resultados de la Simulación

Los niveles de agua simulados y las áreas inundadas se muestran en la *Tabla F.2.3* y en la *Fig.F.2.9*, respectivamente.

Las áreas inundadas con diferentes escalas de inundaciones fueron estimadas a partir de los niveles de agua refiriéndose a los mapas topográficos de escala 1/2000 existentes, mapas topográficos 1/20000 y a los resultados del estudio de reconocimiento.

Hay dos tipos de inundaciones. Ellos son las inundaciones con sedimentos y las inundaciones sin sedimentos. Con respecto al Río Choloma, la inundación será con sedimentos. Con respecto al Río Blanco (aguas arriba de la Laguna El Carmen), la inundación será con sedimentos. Con respecto al Canal San Roque, la inundación será sin sedimentos. Con respecto al Río El Sauce, la inundación será sin sedimentos en los brazos aguas abajo y con sedimentos en el Río Piedras y el Río Santa Ana/Bermejo.

Mediante las simulaciones anteriores, puede estimarse que los mayores daños serán provocados en las áreas cercanas a la ciudad de Choloma, áreas entre el Río Piedras y el Río Santa Ana/Bermejo, las áreas aguas abajo del Río El Sauce y ciertas áreas del Río Blanco, cerca de la carretera nacional. Los grandes daños serán provocados por la concentración de propiedades tales como casas y fábricas y por la existencia de infraestructura, tal como medios de transporte. Como el uso de la tierra de las áreas de inundación es agrícola, pastizales y pantanos, los daños a esas áreas serán pequeños. Por lo tanto, existe una elevada prioridad para proveer de medidas de mitigación de los daños provocados por las inundaciones a las áreas que tienen un gran potencial de daños.

2.4 Medidas de Mitigación de Inundaciones

2.4.1 Conceptos Básicos

Debido al huracán Fifi, la mayor parte de las áreas urbanas y las tierras agrícolas en el área de estudio, quedaron sumergidas por el agua de la inundación proveniente del Río Chamelecon y los ríos pilotos. El huracán Fifi causó grandes daños no solo a la gente del área de estudio sino también a infraestructuras principales, tales como sistemas de transportes y comunicaciones. Luego de haber pasado el huracán Fifi se tomaron algunas medidas de mitigación de las inundaciones, tal como la confección de canales con malecones y otros tipos de malecones, pero el área de estudio está tan vulnerable a las inundaciones como siempre. Y, como se describe en la sub-sección 2.3, existen ciertas zonas en el área que presentan elevado potencial de daños por las inundaciones.

El área de estudio es parte del Valle Sula, el cual es una de las áreas productivas más importantes del país. Actualmente, la importancia del área está aumentando, desarrollándose varios parques industriales en las áreas de San Pedro Sula y Choloma. Por lo tanto, en estos días ha aumentado mucho la necesidad de proporcionar medidas de mitigación de las inundaciones.

Además, como los potenciales de erosión y sedimentación de los ríos pilotos es muy alta, como se describe en el informe de soporte D, será necesario proporcionar medidas de control de la sedimentación junto con las medidas de mitigación de las inundaciones. En este caso, es importante formular las medidas de mitigación de las inundaciones considerando conjuntamente las medidas de control de la sedimentación y de balance de la sedimentación en los canales de los ríos.

Los conceptos básicos al formular las medidas de mitigación son los siguientes:

- (1) Protección de la gente, sus bienes y las propiedades sociales de las inundaciones causadas por los ríos pilotos mediante la implementación de medidas estructurales tales como la mejora de los ríos incluyendo malecones y mediante medidas no estructurales.
- (2) Es necesario formular las medidas anteriores considerando las medidas de erosión y control de sedimentos y el balance de los sedimentos en los canales de los ríos.

2.4.2 Criterio de Diseño

Los siguientes son los criterios usados en el diseño de las facilidades de mitigación de inundaciones:

1) Inundación usada en el Diseño

La mayor inundación hasta ahora de la que se tienen registros fue la causada por el huracán Fifi. Corresponde a una inundación con una frecuencia o período de retorno de 50 años con respecto a la descarga pico y a un período de más de 200 años con respecto a la erosión y sedimentos. Por lo tanto, es bueno diseñar los planes de mitigación de las inundaciones usando como inundación de diseño una que tenga una escala mayor a la provocada por el huracán Fifi.

Como una referencia al determinar el flujo de diseño, se hizo la comparación de la eficiencia económica (EIRR), la cual es expresada en relación con los costos de construcción y reducción de los daños de las inundaciones (beneficios). Fue hecha para el Río Choloma, usando frecuencias de inundaciones de 2- años, 5- años, 30- años, 50- años y 100- años. La inundación con un período de retorno de 50 años fue la que tuvo la eficiencia económica, ligeramente mejor que las otras.

Por lo tanto, se ha seleccionado la inundación usada en el diseño a aquella que posee un período de retorno de 50 años.

Las medidas de control de la erosión y sedimentación son formuladas con la escala de erosión y sedimentación causada por el huracán Fifi, como se describe en el Informe de Soporte D.

2) Nivel Elevado del Agua de Diseño

El nivel elevado del agua usado en el diseño (HWL) se determinó con referencia a los resultados de los cálculos no uniformes con el flujo de diseño..

3) Diseño de la Sección Longitudinal

Los diseños de las secciones longitudinales de los ríos pilotos se determinaron de manera que sus lechos tengan prácticamente la misma pendiente que la que tienen los ríos en la actualidad. Además, se evitan excavaciones excesivas en los lechos de los ríos.

4) Sección Transversal de Diseño

En principio se aplica sección compuesta. La sección transversal del canal para aguas bajas se determinó de manera que tenga la capacidad necesaria para soportar los flujos de inundaciones con período de retorno de 2 ó 3 años. La sección transversal del canal de aguas elevadas se ha determinado de manera que la profundidad del agua por sobre el canal de aguas elevadas en caso del flujo de la inundación de diseño, sea menor que la profundidad del agua que causa inundación en las condiciones existentes del río.

La altura libre del malecón es de 1.0 m. La pendiente de los lechos del canal de aguas bajas es de 1:2. El malecón tiene una pendiente de 1:3 y el ancho en la parte superior es 4.00 m.

2.4.3 Medidas de Mitigación de las Inundaciones del Río Choloma

Las medidas de mitigación de inundaciones del Río Choloma fueron formuladas para los brazos del río ubicados entre el puente de la carretera nacional (punto de control de diseño del control de la erosión y sedimentos) y la unión con el Canal San Roque.

Considerando las condiciones de la inundación del Río Choloma y la pequeña capacidad de descarga del río existente, será necesario efectuar mejoras del río mediante la excavación y ensanche del canal de aguas bajas, tanto como de los malecones a lo largo de las dos riberas del canal. En la *Fig. F.2.10* se muestran las facilidades de mitigación de inundaciones propuestas.

Mediante estas mejoras del río, la Ciudad de Choloma, que tiene el mayor potencial de daños, será protegida de las inundaciones. Además, será posible desarrollar las áreas de los brazos medios y bajos del Río Choloma.

A pesar de haber en la actualidad un desbalance en los sedimentos del Río Choloma, se mejorará grandemente y los canales estarán en condición de estabilidad dinámica luego de terminar los trabajos de mejora del río (refiérase al Informe de Soporte E). Pero, será indispensable efectuar mantenimiento del río, especialmente en las cercanías de la confluencia con el Canal San Roque.

A continuación se describen informaciones detalladas de las facilidades de mitigación de inundaciones.

1) Descarga de Diseño

La descarga de diseño en las estaciones principales es de la manera siguiente:

- Confluencia del Canal San Roque (Sta. 11.25 km) : 790 m³/seg
- Puente en la Carretera Nacional (Sta. 19.08 km) : 620 m³/seg

2) Sección Longitudinal de Diseño

Se ha determinado que la sección longitudinal de diseño sea $I=1/360$ e $I=1/330$, considerando la actual pendiente del río. Este diseño de sección longitudinal será estable como se describe en el Informe de Soporte E "Sedimentología". La sección longitudinal de diseño se muestra en la Fig. F.2.11.

3) Sección Transversal de Diseño

Considerando la facilidad de la operación y del mantenimiento se planea una sección transversal compuesta. El canal de aguas bajas está diseñado para tener una capacidad de flujo de las inundaciones con frecuencia de retorno de 2 ó 3 años.

La sección transversal de diseño se determina de la manera siguiente:

- Ancho del canal de aguas bajas (Bl) : 60 m
- Altura del canal de aguas bajas (hl) : 2.0 m
- Ancho del río (B) : 140 m

En la Fig. F.2.11 se muestra una sección transversal típica.

4) Diseño del Nivel de Aguas Elevadas

El diseño del nivel de aguas elevadas en los puntos principales es el siguiente:

- Confluencia del Canal San Roque : El. 12.00 m
- Puente de la Carretera Nacional : El. 32.26 m

En la Fig. F.2.11 se muestra información detallada.

5) Facilidades de Mitigación de Inundaciones y sus Cantidades de Trabajo

Las facilidades de mitigación de inundaciones y las cantidades de trabajo necesarias son las siguientes:

- Malecones	15.6 km	480,700 m ³
- Mejoras del Canal (excavaciones)	7.8 km	1,102,000 m ³
- Muros de contención (albanilería húmeda)	4 lugares, 4.8 km	42,600 m ²
- Empastado	15.6 km	237,700 m ²
- Rehabilitación de puentes:	2 lugares	
a) Puente de la carretera nacional	:	extensión 41 m x 10 m x 2 no., protección de las bases mediante gavión 90 m x 40 m
b) Puente del ferrocarril nacional	:	reconstrucción 160 m x 5 m
- Adquisición de terrenos		91 Ha.

2.4.4 Medidas de Mitigación de Inundaciones del Río Blanco (Alternativa 1)

El Río Blanco fluía por el curso actual del Río El Sauce hasta las inundaciones del huracán Fifi en 1974. Mediante las mejoras hechas al río en 1979, el curso del Río Blanco fue desviado a la Laguna El Carmen. Desde ese momento, el Río Blanco ha drenado a través de la Laguna El Carmen, la Quebrada San Agustín, el Canal San Roque-Cuabanos y el Canal Copen-Higuero-Cuabanos. Además, se ha cambiado el curso del Río El Sauce al curso actual desde el Río El Sauce (viejo), correspondiendo con el cambio anterior del curso del Río Blanco.

A pesar que con las mejoras anteriores se evita la inundación provocada por el Río Blanco cerca de la Ciudad de La Lima, los problemas de descarga de las inundaciones y los problemas de inundaciones del canal San Roque han aumentado. Además, como se ha hecho que los sedimentos arrastrados por el Río Blanco fluyan en la Laguna El Carmen, desde ese tiempo ha ocurrido depositación de los sedimentos en los brazos más bajos del Río Blanco y en la Laguna El Carmen.

Considerando lo anterior, se estudiaron las siguientes dos alternativas de planes de mitigación de las inundaciones (refiérase a la *Fig. F.2.12*).

(a) Alternativa 1

Se harán mejoras del Río Blanco y del Río El Sauce, a lo largo de sus respectivos cursos actuales. Las mejoras del río de la Alternativa 1 correspondientes a las del Río Blanco, incluyen a las del Canal San Roque, etc. y al Río El Sauce.

(b) Alternativa 2

La mejora del Río Blanco se hará mediante un canal de desvío desde el curso superior de la Laguna El Carmen (Sta. 21.90 km) hacia el Río El Sauce (Sta. 12.60 km).

Mediante la alternativa 2, el curso del Río Blanco se hará retornar a su curso original que tuvo el río hasta 1974 y en principio se detendrá el flujo del río hacia la Laguna El Carmen. En este caso, el Canal San Roque tendrá que desaguar sólo el agua captada en su propia cuenca de drenaje. El curso del Río El Sauce permanecerá en las condiciones actuales.

Las mejoras del río en la Alternativa 2 son aquellas por hacer al Río Blanco (curso superior de la Laguna El Carmen), el canal de desvío y el Río El Sauce.

En esta sub-sección, se describen las mejoras al Río Blanco según la Alternativa 1.

Mejoras al Río Blanco según la Alternativa 1

Ya que el canal existente del Río Blanco tiene suficiente capacidad como para soportar el flujo de la inundación de 50 años, excepto en ciertas porciones de los brazos aguas abajo, serán necesarios trabajos en los brazos aguas abajo, para evitar las inundaciones, haciendo malecones. En caso del canal San Roque, serán necesarios trabajos de malecones y también ensanches. En la *Fig. F.2.13* se muestran las facilidades propuestas de mitigación de las inundaciones.

Mediante esta mejora del río, se evitarán las inundaciones en los brazos aguas abajo del Río Blanco, Canal San Roque y en el área de desagüe de la laguna El Carmen. Considerando el uso actual de tales tierras, las tierras a mejorar corresponden casi solo a pastizales o pantanos naturales, cuyo uso será mejorado por las facilidades propuestas.

Con respecto al balance de sedimentos del Río Blanco, el canal del río tendrá buenos balances de sedimentos, excepto en la porción de entrada de la Laguna El Carmen. Los depósitos de sedimentos se estiman que ocurren en los brazos extremos aguas abajo del Río Blanco y la Laguna El Carmen. Por lo tanto, será necesario efectuar mantenimiento periódico en el lecho del río de los brazos aguas abajo.

Además, como la degradación del lecho del río en los brazos medios se debe a la extracción excesiva de arena, debe restringirse el sacar arena en exceso, para poder mantener el lecho del río.

A continuación se describe información detallada de las facilidades de mitigación de inundaciones.

1) Descarga de Diseño

La descarga de diseño en las estaciones mayores es la siguiente:

- Canal San Roque (Sta. 0.00 km, Jct. Río Choloma): 1,110 m³/seg
- Canal San Roque (Sta. 6.40 km, Jct. Qda. San Agustín): 890 m³/seg
- Río Blanco (Sta. 20.50 km, Entrada Laguna El Carmen): 660 m³/seg
- Río Blanco (desvío de Alternativa 2, Sta. 21.90 km): 490 m³/seg
- Río Blanco (Sta. 23.90 km, puente de la carretera nacional): 420 m³/seg

2) Sección Longitudinal de Diseño

La sección longitudinal de diseño fue determinada en $I=1/4210$ para el Canal San Roque, e $I=1/350$ a $1/250$ para el Río Blanco, considerando la pendiente del río existente. Esta sección longitudinal de diseño del Río Blanco será estable, como se describe en el Informe de Soporte E "Sedimentorología". En la Fig. F.2.14 se muestra la sección longitudinal de diseño.

3) Sección Transversal de Diseño

Considerando la facilidad de operación y mantenimiento, se planea una sección transversal compuesta. La sección transversal se ha diseñado de la manera siguiente:

Río Blanco (Sta. 20.50 km-Sta 23.90 km)

En principio, se usa el canal existente.

Canal San Roque (Sta 0.0 km-Sta. 6.40 km)

- Ancho del canal de aguas bajas (Bl) : 60 m
- Altura del agua del canal de aguas bajas (hl) : 3 m
- Ancho del Río : 146 m

Qda. San Agustín (Sta. 6.40 km-Sta 9.80 km)

- Ancho del canal de aguas bajas (Bl) : 60 m
- Altura del agua del canal de aguas bajas (hl) : 2 m
- Ancho del Río : 134 m

La sección transversal típica se muestra en la Fig. F.2.15.

4) Nivel de Aguas Altas de Diseño

El nivel de diseño de las aguas altas en los puntos principales es respectivamente el siguiente:

- Canal San Roque (Sta. 0.0 km)	:	El. 12.00 m
- Canal San Roque (Sta. 6.4 km)	:	El. 15.70 m
- Río Blanco (Sta. 20.50 km)	:	El. 56.10 m
- Río Blanco (Sta. 21.90 km)	:	El. 62.00 m
- Río Blanco (Sta. 23.90 km, puente de la carretera nacional)	:	El. 69.50 m

En la Fig. F.2.14 aparece información detallada.

5) Facilidades de Mitigación de Inundaciones y sus Cantidades de Trabajo

Las facilidades de mitigación de inundaciones de la Alternativa 1 del Río Blanco y sus cantidades de trabajo son las siguientes:

Río Blanco (Sta. 20.50-Sta. 23.90 km)

- Malecones	1.50 km	85,500 m ³
- Empastado	1.50 km	28,500 m ²
- Adquisición de tierras		4.2 ha

Canal San Roque (Sta. 0.0 km-Sta. 6.40 km)

- Malecones	1.50 km	85,500 m ³
- Mejoramiento del canal (excavaciones)	6.40 km	998,400 m ³
- Empastado	12.80 km	28,500 m ²
- Rehabilitación de puentes	2 lugares	146 x 5 m x 2 no.
- Adquisición de tierras		149.8 ha

Oda. San Agustín (Sta. 6.40 km - Sta. 14.07 km)

- Malecones	2.20 km	147,400 m ³
- Mejoramiento del canal (excavaciones)	4.40 km	533,400 m ³
- Empastado	2.20 km	55,700 m ²
- Rehabilitación de puentes	1 lugar	150 x 5 m x 1 no.
- Muros de tierra	3 lugares	70m(L)x4 m(A)x3no.
- Muro de contención (gavión)	3 lugares	3,600 m ²
- Adquisición de tierras		53.7 ha

Laguna El Carmen (Sta. 14.07 km - Sta. 20.50 km)

-	Malecones	1.85 km	536,000 m ³
-	Muro de contención (gavión)	1.85 km	78,800 m ²
-	Empastado	1.85 km	69,600 m ²
-	Desagües	4 lugares	2mx2mx15mx2x4no.
-	Salida	1 lugar	10mx8mx36mx1no.
-	Adquisición de tierras		5.2 ha

2.4.5 Medidas de Mitigación de Inundaciones del Río El Sauce (Alternativa 1)

En esta sub-sección se describen los trabajos de mejoramiento a efectuar al Río El Sauce, correspondientes a la Alternativa 1.

Mejoramiento del Río El Sauce según la Alternativa 1

Como el canal existente del Río Blanco tiene capacidad suficiente para soportar el flujo de las inundaciones que ocurren con un período de 50 años, excepto en los brazos inferiores (0.0 km~9.75 km), será necesario hacer mejoras del río mediante la construcción de malecones o elevación de los malecones existentes, junto con el ensanche del canal, en los brazos aguas abajo del río. En la *Fig. G.2.13* se muestran las facilidades propuestas destinadas a la mitigación de inundaciones.

Debido a que la ribera opuesta de los brazos aguas abajo está siendo convirtiéndose en zona residencial, etc., con esta mejora del río será posible efectuar un uso más intenso de la tierra.

Con respecto al balance de sedimentos del Río El Sauce, en los brazos de río permanecerá cierto desbalance. Por lo tanto, será necesario efectuar periódicamente cierta cantidad de mantenimiento del río.

A continuación se describe información detallada de las facilidades de mitigación de inundaciones.

1) Descarga de Diseño

La descarga de diseño en las estaciones principales será la siguiente;

-	Confluencia del Río Chamelecon (Sta. 0.00 km)	:	1,310 m ³ /seg
-	Confluencia del Río Chotepe (Sta. 1.60 km)	:	790 m ³ /seg
-	Confluencia del desvío de la Alternativa 2 (Sta. 12. 60 km)	:	610 m ³ /seg
-	Confluencia del Río Bermejo (Sta. 14.60 km)	:	610 m ³ /seg

2) Sección Longitudinal de Diseño

La sección longitudinal de diseño fue determinada en $I=1/1000$ a $1/350$, como se muestra en la *Fig. F.2.16*.

3) Sección Transversal de Diseño

Se planea una sección transversal compuesta. La sección transversal de diseño determinada es la siguiente:

Río El Sauce (Sta. 0.00 km - Sta. 9.75 km)

- Ancho del canal de aguas bajas (BI) : 40 m
- Altura del canal de aguas bajas (hl) : 2.0 m
- Ancho del río (B) : 144 m

Río El Sauce (Sta. 9.75 km - Sta. 14.60 km)

Sección existente

La sección transversal típica se muestra en la *Fig. F.2.15*.

4) Nivel de Aguas Altas de Diseño

El nivel de diseño de las aguas altas en los puntos principales es respectivamente el siguiente:

- Confluencia del Río Chamelecon (Sta. 0.00 km) : El. 25.00 m
- Confluencia del Río Chotepe (Sta. 1.60 km) : El. 25.53 m
- Confluencia del Desvío de la Alternativa 2 (Sta. 12.60 km) : EL. 53.97 m
- Confluencia del Río Bermejo/Santa Ana (Sta. 14.60 km) : EL. 58.93 m

En la *Fig. F.2.16* se presenta información detallada.

5) Facilidades de Mitigación de Inundaciones y sus Cantidades de Trabajos

Las facilidades de mitigación de inundaciones de la Alternativa 1 del Río El Sauce y sus cantidades de trabajo son las siguientes:

Río El Sauce (Sta. 0.00 km-Sta. 14.60 km)

- | | | |
|---|---------|------------------------|
| - Malecones (ribera izquierda) | 5.50 km | 296,300 m ³ |
| - Elevación de los malecones existentes | 7.50 km | 300,000 m ³ |
| - Mejoras del canal (excavaciones) | 7.50 km | 510,000 m ³ |

-	Empastado	11.00 km	536,500 m ²
-	Muro de contención (albañilería húmeda)	2.00 km	41,100 m ²
-	Puente (Sta 12.60 km)	1 lugar	10 m x 150 m x 1 no.
-	Adquisición de tierras		95.3 ha

2.4.6 Medidas de Mitigación de Inundaciones del Río Blanco y el Río El Sauce (Alternativa 2)

En esta sub-sección se describen los trabajos de mejoramiento a efectuar los cuales incluyen el canal de desviación del Río Blanco al Río El Sauce, correspondientes a la Alternativa 2.

Mejoramiento del Río según la Alternativa 2

En la Alternativa 2, el Río Blanco y el Río El Sauce serán combinados mediante el canal de desvío del Río Blanco. El curso del Río Blanco será cambiado al curso actual del Río El Sauce. El Canal San Roque y la Qda. San Agustín drenarán sólo el agua de su propia área de captación de agua.

Las mejoras el río de la Alternativa 2 son casi las mismas de las del Río Blanco y el Río El Sauce de la Alternativa 1, excepto por el canal de desviación del Río Blanco (desde la Sta. 21.90 del Río Blanco hacia la Sta. 12.60 del Río El Sauce). Las facilidades de mitigación de inundaciones propuestas se muestran en la Fig. F.2.17.

Con respecto al balance de sedimentos, el sedimento del Río Blanco fluirá hacia el Río Chamelecon, por lo tanto los depósitos de sedimentos del Río Blanco en la Laguna del Carmen se detendrán. Pero, habrá una cierta cantidad de depósitos alrededor del canal de desviación del Río El Sauce y ocurrirá cierto desbalance de sedimentación en los brazos del Río El Sauce. Por lo tanto, será necesario efectuar periódicamente trabajos de mantenimiento del lecho del río.

A continuación se entregan mayores informaciones detalladas sobre las facilidades de mitigación de inundaciones.

1) Descarga de Diseño

La descarga de diseño en las estaciones principales será la siguiente;

Río Blanco y Canal de Desvío

- Punto de desviación propuesto (Sta. 21.90 km) : 430 m³/seg

-	Puente de la carretera nacional (Sta. 23.90)	:	420 m ³ /seg
-	Canal de desviación propuesto	:	600 m ³ /seg

Río El Sauce

-	Confluencia del Río Chamelecon (Sta. 0.00 km)	:	1,660 m ³ /seg
-	Confluencia del Río Chotepe (Sta. 1.60 km)	:	1,170 m ³ /seg
-	Confluencia del Desvío (Sta. 12.60 km)	:	1,050 m ³ /seg
-	Confluencia del Río Bermejo/Santa Ana (Sta. 14.60 km)	:	610 m ³ /seg

2) Sección Longitudinal de Diseño

La sección longitudinal de diseño del Río Blanco y del canal de desvío se muestran en la *Fig. F.2.18*. La pendiente del lecho en el diseño del canal de desvío es de $I=1/300$. La sección longitudinal de diseño del Río El Sauce es la misma de la Alternativa 1, como se muestra en la *Fig. F.2.16*.

3) Sección Transversal de Diseño

Se planea una sección transversal compuesta. La sección transversal de diseño determinada es la siguiente:

Río Blanco (Sta. 21.90 km - Sta. 23.90 km)

Sección existente

Canal de Desvío Propuesto

-	Ancho del canal de aguas bajas (BI)	:	40 m
-	Altura del canal de aguas bajas (hl)	:	1.5 m
-	Ancho del río (B)	:	126 m

Río El Sauce (Sta. 0.00 km - Sta. 9.75 km)

-	Ancho del canal de aguas bajas (BI)	:	60 m
-	Altura del canal de aguas bajas (hl)	:	2.0 m
-	Ancho del río (B)	:	184 m

Río El Sauce (Sta. 9.75 km - Sta. 14.60 km)

Sección existente

La sección transversal típica se muestra en la *Fig. F.2.15*.

4) Nivel de Aguas Altas de Diseño

El nivel de diseño de las aguas altas en los puntos principales es respectivamente el siguiente:

Río Blanco

-	Puntos de desviación propuestos (Sta. 21.90 km)	:	El. 61.20 m
-	Puente de la carretera nacional (Sta. 23.90 km)	:	El. 65.66 m

Río El Sauce

-	Confluencia del Río Chamelecon (Sta. 0.00 km)	:	El. 25.00 m
-	Confluencia del Río Chotepe (Sta. 1.60 km)	:	El. 25.53 m
-	Confluencia del Desvío de la Alternativa 2 (Sta. 12.60 km)	:	EL. 53.97 m
-	Confluencia del Río Bermejo/Santa Ana (Sta. 14.60 km)	:	EL. 58.93 m

En las *Fig. F.2.16* y *Fig. F.2.18* se presenta información detallada.

5) Facilidades de Mitigación de Inundaciones y sus Cantidades de Trabajos

Las facilidades de mitigación de inundaciones de la Alternativa 2 del Río Blanco, el canal de desvío propuesto, El Río El Sauce y sus cantidades de trabajo son las siguientes:

Río Blanco (Sta. 21.40-Sta. 23.90 km)

-	Malecones	1.50 km	85,500 m ³
-	Empastado	1.50 km	28,500 m ²
-	Adquisición de tierras		4.2 ha

Canal de Desvío (Largo 2.60 km)

-	Malecones	5.20 km	296,400 m ³
-	Excavaciones	2.60 km	431,600 m ³
-	Empastado	5.20 km	98,700 m ²
-	Protección del lecho (gavión)	70 m x 50 m	3,500 m ³
-	Represa de desviación y puente	1 lugar	70 m (L) x 3 m (A)
-	Adquisición de tierras		56.7 ha

Río El Sauce (Sta. 0.00 km-Sta. 14.60 km)

- Malecones (ribera izquierda)	5.50 km	296,300 m ³
- Elevación de los malecones existentes	7.50 km	300,000 m ³
- Mejoras del canal (excavaciones)	7.50 km	510,000 m ³
- Empastado	11.00 km	536,500 m ²
- Muro de contención (albañilería húmeda)	2.00 km	41,100 m ²
- Puente (Sta 12,60 km)	1 lugar	10 m x 150 m x 1 no.
- Adquisición de tierras		117.8 ha

2.5 Conclusión

A continuación se describen las conclusiones obtenidas en el estudio de mitigación de inundaciones en la etapa de plan maestro.

- (1) Entre los planes de mitigación de inundaciones del Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce, descritos en la sub-sección 2.4, se seleccionó como plan óptimo a las mejoras del Río Choloma y la Alternativa 2 del Río Blanco y Río El Sauce.

La razón es que estos planes tienen buenos efectos mitigando las inundaciones del área de estudio y además tienen una eficiencia económica suficiente, como se describe en el Informe de Soporte J "Evaluación Económica".

- (2) Con respecto al balance de sedimentos de estos planes, el Río Choloma y el Río Blanco tienen buenos balances de sedimentos desde aguas arriba hasta aguas abajo, de los brazos de río mejorados. Pero, en el Río El Sauce, quedará cierto desbalance de sedimentos.

3. ETAPA DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**3.1 GENERALIDADES**

Como resultado del estudio del plan maestro, la cuenca del Río Choloma (aguas arriba desde la confluencia con el Canal San Roque) fue seleccionada como el área del estudio de factibilidad de las facilidades de mitigación de la erosión y de control de los sedimentos.

En este capítulo, se describen las medidas de mitigación de inundaciones del Río Choloma en la etapa del estudio de factibilidad.