



## Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

**Nombre del estudio en inglés:** Feasibility design for the Rio Indio Water Supply Project

**Nombre del estudio en español:** Diseño de factibilidad para el Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio

**Fecha del informe final:** Abril de 2003

**Fecha de la traducción:** 12 de mayo de 2006

**Nombre del consultor:** Montgomery Watson Harza

## RESUMEN EJECUTIVO

### INTRODUCCIÓN

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE, por sus siglas en inglés) realizó un estudio de reconocimiento para identificar y evaluar proyectos para el suministro potencial de agua al Canal de Panamá. Se identificaron tres proyectos que pudieran tener un potencial significativo. Uno de los tres, el Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio es el objeto de este estudio. El Cuadro 1 contiene un mapa con la ubicación. Al final de este resumen ejecutivo se encuentra una tabla de datos significativos.

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP), anteriormente la Comisión del Canal de Panamá, ha autorizado a Montgomery Watson Harza, anteriormente Harza Engineering Company, para que realice un estudio de factibilidad de ingeniería del Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio (el Proyecto) bajo el Contrato CC-3-536, Orden de Trabajo 0003 del 1° de septiembre de 1999.

### OBJETIVO DEL ESTUDIO

Originalmente, el objetivo de este estudio era determinar la factibilidad técnica y económica del Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio. Bajo la dirección de la ACP se realizará una evaluación de la factibilidad ambiental por separado.



Durante el curso del estudio, no fue posible implementar el programa de investigación del subsuelo ni los estudios de refracción. También durante el curso del estudio, se decidió que la ACP implementaría el Proyecto del Río Indio junto con un plan para añadir las nuevas esclusas al Sistema del Canal de Panamá. En dichas condiciones no se pudieron evaluar la demanda y los beneficios del desarrollo del Proyecto del Río Indio en esta oportunidad. Por lo tanto, no fue posible una determinación de la factibilidad técnica y económica. El objetivo del estudio se cambió a una evaluación de la factibilidad técnica.

## HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DEL RIO

Se realizaron estudios para confirmar la secuencia del caudal a largo plazo adoptada para el estudio de reconocimiento y para estimar el diseño de la avenida (crecida) del vertedero y la sedimentación anticipada del embalse.

La ACP desarrolló la secuencia del caudal a largo plazo. MWH revisó el enfoque y concluyó que era lógico y que los resultados son aceptables. Se estima que el caudal anual medio en el sitio de la represa será de 25.8 metros cúbicos. A continuación se muestra la distribución mensual del caudal en metros cúbicos.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
16.5	8.3	5.4	6.2	15.8	26.9	27.3	32.5	37.3	49.3	48.9	35.2	25.8

La crecida máxima probable en base a la precipitación máxima probable se adoptó como la crecida para el diseño del vertedero para el Proyecto de Suministro de Agua del Río Indio. Sustentada en la información presentada en la publicación del Servicio Meteorológico Nacional sobre la precipitación máxima probable de 1978 y la publicación del Departamento de Meteorología de los datos sobre el área-duración-profundidad de 1965, se estimó que la precipitación máxima probable era de 711 mm. Los resultados de la transposición de tormenta y los procedimientos de maximización resultaron en un estimado levemente más bajo.

La precipitación máxima probable se transformó a crecida máxima probable utilizando el modelo computarizado HEC-1. Para un caudal base de 50 metros cúbicos, que se estimó mediante un análisis de cinco importantes crecidas en la estación de Boca de Uracillo, el hidrograma de la crecida máxima probable tiene un pico de 4,345 metros cúbicos y un volumen de 243 millones de metros cúbicos en cinco días.

## CONDICIONES GEOLÓGICAS

Aunque se habían contemplado originalmente, no se realizaron las investigaciones del subsuelo ni los estudios de refracción. Toda la interpretación geológica es el resultado de varias visitas al campo, foto-interpretación y ensayos de materiales de construcción.

### Geología del sitio de la presa y el túnel de transferencia

Ambos estribos están cubiertos casi totalmente de suelos coluviales y residuales y están moderadamente muy vegetados. Aunque se pueden observar unas cuantas afloraciones rocosas pequeñas, un perfil de moderado a profundamente intemperizado y una espesa cobertura del suelo típica del clima subtropical caracterizan a la mayor parte del área del



proyecto. El lecho de rocas en el emplazamiento de la represa y a lo largo de la ruta del túnel del canal de aducción consiste casi totalmente de rocas terciarias sedimentarias y volcánicas. Las formaciones sedimentarias están compuestas de rocas sedimentarias tobáceas y areniscas, conglomerados y aglomerados que se cree que pertenecen a la Formación de Caimito o a su era equivalente.

El fondo del valle en el emplazamiento de la represa es de aproximadamente 200 metros de ancho y está lleno de depósitos de terracería de aluviones que consisten principalmente de limos y arcillas. El lecho de rocas está expuesto en partes del lecho del río y a lo largo de los cortes de las riberas en la parte inferior del estribo derecho.

El área bajo la cual pasará el túnel de transferencia del agua se caracteriza por una topografía ondulada y con drenaje dendrítico pronunciado con varios cursos pequeños de agua. Las afloraciones rocosas son escasas y difíciles de ubicar. Unos cuantos cerros aislados se elevan sobre los demás, presumiblemente formados por roca más resistente que la de las áreas circundantes.

### **Sismicidad**

En la región de estudio han ocurrido históricamente varios sismos. Los sismos que ocurrieron en 1822 y 1916 al noroeste de Panamá a lo largo de la frontera del Cinturón Deformado del norte de Panamá son los más notables, en tanto que ocurrieron dos sismos a aproximadamente 25 kilómetros de la costa norte cerca de Colón en 1621 y 1882. Hay registro de un evento sísmico en 1914 en la costa noreste en la región de San Blas.

El Proyecto del Río Indio se ha clasificado como un proyecto importante. El proyecto se analizó para un período de retorno de aproximadamente 20 años. A continuación los parámetros de diseño sísmico recomendados para el Río Indio:

- Sismo Máximo de Diseño = 0.21 g
- Sismo de Base Operativa = 0.14 g

Para el sismo máximo de diseño se analizó la represa del Río Indio por la deformación de la escollera.

### **Ingeniería geológica**

En general, no se espera que la cimentación del lecho rocoso en el sitio presente ninguna restricción significativa para el desarrollo del proyecto, que no pueda resolverse con diseños detallados y prácticas de construcción convencionales.

Es probable que la construcción del túnel para la transferencia entre cuencas encuentre una amplia variedad de tipos de rocas. Los tipos de rocas podrían incluir arenisca y epiclásticas más blandas de la Formación de Caimito así como también lavas duras y fuertes (andesitas, dacitas y basaltos) y aglomerados. Para estimar los costos se supuso que en la construcción del túnel se utilizarían técnicas de perforación y voladura desde seis frentes de avance.



La experiencia indica que hay que esperar un caudal afluyente de las aguas freáticas. Se considera remota la posibilidad de encontrar gases peligrosos y problemas relacionados con esfuerzos en las paredes.

### **Materiales de construcción**

Los tipos de materiales de construcción requeridos y la fuente anticipada de estos materiales son los siguientes:

Las ataguías se construirán con relleno no clasificado disponible localmente, que será obtenido del área inmediata al emplazamiento de la represa. La fuente más significativa es la excavación del estribo derecho del vertedero. Otra fuente está ubicada de dos a tres kilómetros aguas arriba de la represa, en las terrazas a lo largo de las riberas del río.

Todos los agregados (incluyendo los agregados gruesos y finos para el hormigón, los filtros, drenajes y escolleras) deben obtenerse de canteras. Los agregados gruesos y finos para el hormigón deben procesarse de materiales de roca ígnea. Se identificaron varias áreas de canteras en un radio de nueve kilómetros.

La escollera para la represa debe obtenerse de la excavación requerida, principalmente de los bloques de arenisca de la excavación para el estribo derecho del vertedero, y de material procesado de cantera. Debido a que la arenisca local parece ser apropiada para la escollera, existe la posibilidad de abrir una cantera de arenisca más cerca del sitio que la cantera de roca ígnea que se menciona arriba. Los materiales del relleno pueden provenir de las excavaciones requeridas, incluyendo el uso de escombros del túnel.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA DEL RÍO INDIO**

Los principales elementos que componen el proyecto de Suministro de Agua del Río Indio, incluyen:

- Una represa de escollera con pantalla de hormigón aguas arriba en el sitio Tres Hermanas con su cresta a una elevación de 83 metros.
- Un túnel de transferencia de agua de 8,350 metros de longitud con un diámetro de 4.5 metros desde el embalse del río Indio al lago Gatún.
- Una instalación para una descarga mínima que incluye una planta generadora de 1.6 MW.

Los Cuadros 2 y 3 muestran un plano general del desarrollo y un plano de la represa y las obras complementarias.

La ubicación de la represa se escogió en base a un estudio para el emplazamiento de la represa que evaluó 7 sitios entre la boca del río y la confluencia de los ríos Indio y Uracillo. El tipo de represa se escogió después de considerar el hormigón compactado a rodillo, la escollera convencional de gravedad de núcleo de arcilla y una represa de escollera con paramento de hormigón aguas arriba. La represa de hormigón compactado a rodillo es una alternativa viable.



La represa contendrá un reservorio o embalse con una capacidad de almacenaje bruto de 1,577 millones de metros cúbicos a una elevación de 80 metros, que es el nivel tope de suministro. El almacenamiento activo entre la elevación de 80 metros y la elevación de 40 metros será de 1,294 millones de metros cúbicos. No se espera que la deposición de sedimentación sea un problema. El área del reservorio al nivel máximo de suministro en la elevación de 80 metros, es de 45.6 kilómetros cuadrados.

Al concluir la construcción de la represa y del túnel de transferencia, el rendimiento del sistema de suministro de agua para el Canal de Panamá aumentará aproximadamente 1,200 millones de metros cúbicos anuales con una confiabilidad de 99.6%. Ello equivale a aproximadamente 15.8 esclusajes adicionales diarios en el sistema del Canal.

La represa del río Indio se construirá con escollera compactada durable de drenaje libre, que se obtendrá de la excavación que se requiere para el estribo derecho y de las canteras vecinas. Las pendientes de los paramentos aguas arriba o aguas abajo se establecerán conservadoramente en 1.4H:1.0V. El cuerpo principal de la represa estará compuesto de escollera, y el paramento aguas abajo será de escollera gruesa. Las armazones de escollera de la represa tendrán un volumen en sitio de aproximadamente 2.7 millones de metros cúbicos. Un paramento de hormigón armado actuará como la membrana impermeable. El espesor promedio de la pantalla de hormigón será de 0.4 m.

Al estar el embalse a un nivel máximo de suministro en la elevación de 80 metros, se requerirán dos presas auxiliares, una en el lado norte del estribo derecho y la segunda a aproximadamente 4 kilómetros al sureste de la represa principal. Las presas auxiliares tendrán un volumen de aproximadamente 860,000 metros cúbicos de material.

En el estribo derecho se ubicará un vertedero de canaleta sin compuerta. El vertedero se ha diseñado para que la crecida máxima probable se descargue sin que sobrepase la represa. La descarga en condiciones de la crecida máxima probable será de 950 metros cúbicos utilizando una sobrecarga de 4.0 metros sobre el nivel máximo de suministro.

El vertedero consistirá de un canal de acceso, una sección de control cimacio, una canaleta de transición, un deflector y un canal excavado para dirigir el agua de vuelta al cauce natural del río.

Las instalaciones para la desviación del río Indio durante la construcción consistirán de ataguías aguas arriba y aguas abajo del emplazamiento de la presa y un túnel en el estribo derecho. El túnel servirá para:

- Pasar la crecida de 1 en 50 años
- Controlar la tasa de llenado inicial del embalse.
- Ayudar a la evacuación del embalse.

El túnel de desviación será un túnel de herradura modificado de 4.0 m de diámetro con paredes verticales y piso horizontal de 635 metros de longitud. En el caso de una crecida de una en 50 años, el túnel descargará aproximadamente 113 metros cúbicos con la superficie aguas arriba en la elevación de 21.6 metros y la superficie aguas abajo a la elevación de 7.8 metros. Las ataguías aguas arriba y aguas abajo estarán a la elevación de 22.5 metros y 8.5



metros, respectivamente. El volumen total de ambas ataguías será de aproximadamente 107,500 m<sup>3</sup>.

Se construirá una estructura de bocatoma de bajo nivel en el portal de bocatoma y un pozo de compuerta aproximadamente en el punto medio del túnel para facilitar su uso como salida de bajo nivel para la evacuación del embalse.

En el estribo derecho se ubicará una instalación de un tamaño para una descarga mínima de 2.6 metros cúbicos. La estructura de la bocatoma estará ubicada en el frente de la presa de escollera justo debajo de la elevación de 40 metros, que es el nivel de operación mínimo del embalse. La bocatoma conectará a través del paramento de la represa con un tubo de acero de entrada, cuyo tamaño nominal es de 1.0 metro. En la instalación de descarga mínima se incluirá un turbogenerador de 1.6 MW para proporcionar energía al área de reasentamiento de la población y para la operación del proyecto.

El túnel de transferencia de agua consiste de un canal de acceso, una estructura de bocatoma, el túnel y una estructura de salida. El canal de acceso mide 100 metros de longitud y tiene su fondo a una elevación de 30 metros. El canal se excava como una sección trapezoidal. La estructura de la bocatoma es de hormigón armado con una apertura de 5 metros por 10 metros protegida con rejillas para evitar la acumulación de basura. Las velocidades del agua en la bocatoma a una descarga máxima se limitan a 1.5 metros cúbicos. La bocatoma hace una transición hacia el túnel, que tiene forma de una herradura modificada y es de 8,350 metros de longitud con lados verticales y un piso horizontal. El diámetro del túnel acabado es de 4.5 metros y la capacidad es de 94 metros cúbicos y 43 metros cúbicos al nivel máximo de suministro a la elevación de 80 metros y al nivel mínimo del embalse de elevación de 40 metros, respectivamente. En el extremo aguas arriba del túnel se instalarán un pozo y una compuerta para desaguar. En el extremo aguas abajo del túnel, una estructura de salida alojará dos compuertas ocultas de seguridad de 2.5 metros de ancho y 3.6 metros de alto y compuertas de control ocultas en serie. Esto proporcionará redundancia para la operación y el mantenimiento confiables y el control adicional del flujo.

Las facilidades de operación incluirán un sistema SCADA para el monitoreo y operación remota del proyecto, seguridad e iluminación en la represa, el vertedero y la bocatoma y salida del túnel de transferencia. También se proporcionará paisajismo y drenaje en estas áreas del proyecto. De las instalaciones temporales de construcción se retendrán instalaciones limitadas de mantenimiento.

Se estima que el proyecto requerirá aproximadamente 8 años para su implementación y 5 años (58 meses) para su construcción. Los primeros 16 meses del período de construcción de 5 años se requerirán para movilizar, completar la mayoría de los caminos de acceso y establecer el campamento de construcción. La construcción de la represa y las obras auxiliares y el túnel de transferencia requerirán aproximadamente 42 meses. El Cuadro 4 contiene un cronograma de implementación.

## **POTENCIAL PARA AÑADIR ENERGÍA HIDROELÉCTRICA**



Como parte de estos estudios, se realizó un estudio del mercado energético para confirmar la necesidad de la generación adicional y se evaluó el potencial para agregar energía hidroeléctrica al proyecto del río Indio.

### El mercado energético existente

Las estimaciones más recientes de la demanda de energía del Sistema Nacional Integrado de Panamá (SNIP) desarrollado en el año 2000 para los escenarios de crecimiento mediano y alto, aparecen a continuación:

Año	Escenario de crecimiento medio		Escenario de alto crecimiento	
	Capacidad (MW)	Energía (GWh)	Capacidad (MW)	Energía (GWh)
2000 (Real)	790	4,732		
2002 (Real)	857	4,998		
2005	1,107	5,304	1,777	5,655
2010	1,608	7,616	1,832	8,691

El Sistema Nacional Integrado de Panamá existente tiene una capacidad instalada de 1,079 MW (año 2002). En base a una carga pico y a los requisitos de energía, existente comprometida, y el retiro programado, el balance energético del año 2010 debe ser aproximadamente el siguiente:

	Demanda de capacidad
Año 2010	1,608 MW
Capacidad disponible (2000)	1,058 MW
Capacidad comprometida	119 MW
Retiro planificado	80 MW
Capacidad neta	1,097 MW
Capacidad requerida	>500 MW

Por lo tanto, se puede concluir que hay un mercado sustancial para añadir energía adicional en el futuro cercano y que la generación hidroeléctrica del río Indio será fácilmente absorbida en el Sistema Nacional Integrado de Panamá.

### El potencial para añadir generación hidroeléctrica al Proyecto de Río Indio

Se realizaron estudios para determinar si la adición de generación hidroeléctrica al proyecto de suministro de agua era viable. Los estudios consistieron en estimar el potencial para la



generación de energía bajo una variedad de condiciones, evaluando lugares alternos para la generación de electricidad y la determinación de la viabilidad de las alternativas más atractivas.

Se evaluaron las tres alternativas para generar electricidad como parte del Proyecto del Río Indio:

1. Maximizar la generación en la planta generadora del túnel.
2. Maximizar la generación en la planta generadora de Gatún.
3. Maximizar la generación en la Represa del Río Indio.

El valor económico del desarrollo se basó en la información proporcionada por el Departamento de Electricidad de la ACP. Se sugirió que los beneficios se computaran en base al valor actual de la energía y la capacidad, que es \$45 por MW hora y \$60 por kW al año, respectivamente.

Se escogió la Alternativa 1 en base a una comparación, maximizando la generación en la estación generadora del túnel como la que proporciona la mejor oportunidad para el desarrollo de generación hidroeléctrica debido a que produce aproximadamente 2.5 veces la energía y durante el período cuando la demanda es menor que el rendimiento, se utilizaría el exceso de agua transferida del río Indio al lago Gatún para generar energía en la Planta Generadora de Gatún.

Las principales instalaciones de la alternativa de generación de energía que se escoja, incluirán:

- Una planta generadora de 2.5 MW en la represa del río Indio.
- Una planta generadora de 14 MW a la salida del túnel de transferencia de agua
- Un aumento en el diámetro del túnel de transferencia de agua de 4.5 metros a 5.0 metros por motivos hidráulicos.
- Una línea de transmisión de 115 kV de 47 kilómetros de longitud desde la planta generadora del túnel a la subestación de La Chorrera y una línea de transmisión de 13.8 kV de 12.6 kilómetros de longitud desde la represa hasta la planta de generación del túnel.

Se estima que el costo de esta alternativa será más de \$35 millones. El proyecto generaría anualmente un promedio de 55 GWh. De acuerdo con el análisis del ciclo de vida, la tasa interna de retorno económico para esta configuración es 9.1%. Como este retorno es significativamente menor al costo de oportunidad del capital para la ACP (12%), no se recomienda en este momento añadir generación hidroeléctrica al Proyecto de Río Indio.

Aunque la generación de energía no se recomienda como un propósito del proyecto, la ACP instalará una planta generadora al pie de la represa para generar con la descarga ambiental mínima. La electricidad de esta planta se utilizará para beneficios sociales, tanto para la irrigación como para las necesidades domésticas en el área de reasentamiento y para operar las instalaciones del proyecto.



## POTENCIAL PARA AÑADIR AGRICULTURA COMERCIAL

Se realizó un estudio para evaluar el potencial para agricultura comercial irrigada en las tierras alrededor del embalse. Los principales componentes del estudio fueron:

- un estudio del uso de la tierra,
- una determinación de la capacidad de la tierra,
- la identificación de áreas potencialmente irrigables de la cuenca,
- la definición de los patrones de cultivos potenciales y sus requisitos de agua y
- un análisis económico para evaluar la factibilidad.

El uso de la tierra se identificó inicialmente revisando las fotografías aéreas disponibles y verificándolas con un reconocimiento en el campo. La capacidad de la tierra para la irrigación en la cuenca se basó en un estudio del suelo parcialmente detallado que se realizó como parte del Proyecto Nacional de Catastro Rural en el año 1970 y las observaciones suplementarias en el campo y las muestras de suelos. Como resultado de las investigaciones de los recursos terrestres, se identificaron ocho áreas que tenían un potencial de desarrollo con un área bruta de aproximadamente 5,500 hectáreas y un área neta para la agricultura de aproximadamente 3,500 hectáreas.

Los cultivos incluidos en un patrón sugerido son de arroz por grano seco y transplantes, maíz, plátano, yuca, vegetales, ñame, pasto y cultivos de viveros. Estos cultivos fueron escogidos para equiparar las preferencias actuales de los agricultores y permitir a la vez la producción de un excedente comerciable, cumpliendo también cumple con las necesidades de una granja familiar.

La evaluación de un desarrollo factible consistió en el desarrollo de esquemas de irrigación para cada una de las áreas capaces de entregar el flujo del diseño, estimando la construcción y los costos de operación anual del sistema, estimando los beneficios netos y evaluando la viabilidad económica de cada área.

Se estimaron que los costos promediarían aproximadamente \$16,000 por hectárea en las ocho áreas. En base a las opciones del patrón de cultivo para cada área, se estimaron los beneficios netos promedio por hectárea y para cada área potencial utilizando datos del Servicio de Extensión del Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

Las tasas de retorno del desarrollo agrícola variaron de 7% a 12%. Por lo tanto, se concluyó que existe un potencial para la agricultura de irrigación. Sin embargo, en este momento no se justifica la implantación de este desarrollo.

## EL COSTO DEL PROYECTO

El costo estimado de la construcción del Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio se ha desarrollado en base al presente diseño de factibilidad y el cronograma de construcción. Los estimados representan los precios que prevalecían a mediados del año 2001. Los estimados se basan en el supuesto de que un contratista internacional construirá las instalaciones de almacenamiento y el túnel de transferencia de agua sin restricciones en las fuentes de los



suministros y equipos. Se han estimado los precios unitarios al nivel del estudio de factibilidad. Las cantidades se han estimado con la restricción de que no ha habido investigaciones del subsuelo. La siguiente tabla muestra un resumen del costo de construcción.



## RESUMEN DEL COSTO DEL PROYECTO RÍO INDIO

Rubro	Costo estimado
Adquisición de tierras y reasentamiento	\$26,100,000
Costos generales incluyendo la construcción y las vías permanentes de acceso	\$23,839,000
Desvío del río	\$3,603,000
Represa principal	\$52,704,000
Vertedero	\$6,043,000
Descarga de fondo	\$3,049,000
Presas auxiliares	\$7,427,000
Túnel de transferencia de agua entre cuencas	\$46,765,000
Instalación de descarga mínima	\$837,000
Instalaciones de operación	\$1,139,000
<b>Subtotal de costo directo</b>	<b>\$171,506,000</b>
Contingencias	\$28,868,000
<b>Costo directo</b>	<b>\$200,374,000</b>
Ingeniería y administración	\$30,056,000
<b>Costo de onstrucción (nivel de precios de mediados del 2001)</b>	<b>\$230,430,000</b>

Los costos anuales de operación incluyen los costos de la operación y el mantenimiento de las diferentes estructuras, el costo del reemplazo del equipo de corta duración, la administración por parte del dueño, los seguros y asignaciones anuales para el reasentamiento, administración de la cuenca y la implementación de un plan de mitigación.

Los costos anuales de operación y el mantenimiento se resumen a continuación:

### COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL

Rubro	Costo anual
Operación y mantenimiento	\$1,020,000
Reemplazo del equipo	\$114,000
Gastos generales y de administración	\$228,000
Seguros	\$230,000
Administración del reasentamiento	\$100,000
Administración de la Cuenca	\$150,000
Implementación del Plan de Mitigación	\$100,000
<b>Total</b>	<b>\$1,940,000</b>



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de los estudios descritos en este informe y sus Cuadros, se concluye que:

- El Proyecto de Suministro de Agua del Río Indio es técnicamente factible;
- El sitio de la presa escogido en el Informe de Reconocimiento es el sitio más apropiado para el desarrollo de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Indio;
- Una presa de escollera con pantalla de hormigón, o una presa de hormigón compactado a rodillo sería apropiada para el sitio y es rentable. Se escogió una presa de escollera con pantalla de hormigón en base a un análisis preliminar y las discusiones con la ACP;
- La falta de investigaciones del subsuelo ha aumentado el potencial de imprecisiones en el estimado del costo. Sin embargo, nuestra opinión razonada es que no hay ningún problema geológico ni geotécnico en cuanto al sitio que no pueda resolverse utilizando soluciones convencionales;
- El rendimiento del sistema del Canal de Panamá aumentará en aproximadamente 1,200 millones de metros cúbicos por año (aproximadamente 15.8 esclusajes por día) con la adición del Proyecto del Río Indio.
- La adición de generación hidroeléctrica al Proyecto no se justifica en la actualidad. Sin embargo, se ha incluido una planta de 1.6 MW para generar electricidad con la descarga mínima para la operación del proyecto y para atender las necesidades de la población reasentada. Cualesquier planes para implementar cualquier otro proyecto al oeste del Proyecto del Río Indio mejorará la economía de la adición de generación hidroeléctrica y deberá hacer que el tema se examine nuevamente.
- La inclusión de un desarrollo de agricultura comercial es técnicamente factible, pero actualmente no se justifica debido a la falta de servicios gubernamentales, infraestructura y fuerza laboral adecuada.
- Se estima que el proyecto costará aproximadamente \$230 millones en dólares del 2001. Suponiendo una inflación del 3% anual, el aumento durante la construcción de los precios a un 3% anual y del interés al 10% anual, el costo de capital del proyecto en dólares corrientes será de aproximadamente \$303 millones.
- Un proyecto que produce aproximadamente 1,200 millones de metros cúbicos al año a un costo en el orden de los \$300 millones es una propuesta muy atractiva.

Como resultado de estas conclusiones, se recomienda que:

1. El Proyecto del Río Indio se considere como una fuente apropiada de agua para cualquier ampliación del Canal.
2. Conforme a la evaluación de esquemas de las nuevas esclusas y fuentes alternas de agua, las investigaciones del subsuelo y los estudios ambientales del Proyecto del Río Indio deben continuar sin interrupciones.



### TABLA DE DATOS IMPORTANTES

Ambiente del proyecto	Cuenca del Río Indio, al noroeste de la ciudad de Panamá y al suroeste de Colón
<b>Hidrología</b> Promedio de precipitación anual Caudal anual promedio	3,078 mm 25.8 metros cúbicos
<b>Instalaciones de almacenamiento</b>  <i>Embalse</i> Área de drenaje Nivel máximo normal de agua Volumen Área de superficie Nivel mínimo del embalse Volumen Área de superficie Almacenamiento activo Almacenamiento (muerto) de Sedimento  <i>Represa</i> Tipo de represa Elevación de la cresta Elevación del cauce del río Altura hidráulica Pendiente aguas arriba y aguas abajo Volumen de la escollera Pendiente aguas arriba y aguas abajo  <i>Vertedero</i> Tipo de vertedero Cesta del vertedero  Volumen de excavación Volumen de hormigón  Crecida de diseño del vertedero Caudal pico de entrada Volumen en 5 días Caudal pico de salida Nivel del embalse con crecida	381 kilómetros cuadrados Elevación a 80 metros del nivel medio del mar 1,577 millones de metros cúbicos 45.6 kilómetros cuadrados Elevación a 40 metros del nivel medio del mar 283 millones de metros cúbicos 17.7 kilómetros cuadrados 1,294 millones de metros cúbicos 283 millones de metros cúbicos  Represa de escollera con pantalla de hormigón 83 metros 5 metros 78 metros 1.4H:1.0 V 3,078,000 metros cúbicos 1.4H:1.0 V  Cimacio sin compuerta 80 metros  402,000 metros cúbicos 13,700 metros cúbicos  4,34 metros cúbicos 243 millones de metros cúbicos 950 metros cúbicos Elevación a 84 metros del nivel medio del mar



**TABLA DE DATOS IMPORTANTES  
(continúa)**

<b>Sitio del proyecto</b>	<b>Cuenca del Río Indio, al noroeste de la ciudad de Panamá y al suroeste de Colón</b>
<p><i>Desvío durante la construcción</i></p> <p>Tipo de la sección</p> <p>Diámetro</p> <p>Longitud</p> <p>Crecida de desvío</p> <p>Capacidad de descarga</p> <p>Altura de la ataguía aguas arriba (hidráulica)</p> <p>Altura de la ataguía aguas abajo (hidráulica)</p> <p>Volumen de la ataguía</p> <p><i>Instalación de descarga mínima</i></p> <p>Tipo</p> <p>Capacidad</p>	<p>De herradura modificada, paredes verticales, piso horizontal</p> <p>4.0 metros</p> <p>635 metros</p> <p>820 metros cúbicos</p> <p>113 metros cúbicos</p> <p>18 metros</p> <p>3 metros</p> <p>107,500 metros cúbicos</p> <p>Tubería de acero empotrada en hormigón debajo de la represa</p> <p>2.6 metros cúbicos</p>
<p><b>Túnel de transferencia de agua</b></p> <p><i>Bocatoma</i></p> <p>Tipo de estructura</p> <p>Elevación del fondo</p> <p><i>Túnel</i></p> <p>Forma</p> <p>Longitud</p> <p>Diámetro</p> <p>Capacidad a la elevación máxima del embalse</p> <p>Capacidad a la elevación mínima del embalse</p> <p><i>Salida</i></p> <p>Tipo de estructura</p> <p>Elevación del fondo</p>	<p>Hormigón armado</p> <p>Elevación de 32 metros del nivel medio del mar</p> <p>Herradura modificada</p> <p>8,350 metros</p> <p>4.5 metros</p> <p>94 metros cúbicos</p> <p>43 metros cúbicos</p> <p>Hormigón armado</p> <p>Elevación de 27 metros del nivel medio del mar</p>



**TABLA DE DATOS IMPORTANTES**  
(continúa)

<b>Sitio del proyecto</b>	<b>Cuenca del Río Indio, al noroeste de la ciudad de Panamá y al suroeste de Colón</b>
<b>Costo estimado del proyecto</b>	
Costo de Construcción	\$230,430,000
Costo anual	\$1,940,000
<b>Rendimiento estimado del proyecto</b>	
Confiabilidad volumétrica	99.6%
Rendimiento en esclusajes diarios	15.8
Rendimiento en millones de metros cúbicos por año	1,200 millones de pies cúbicos por año

**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN**

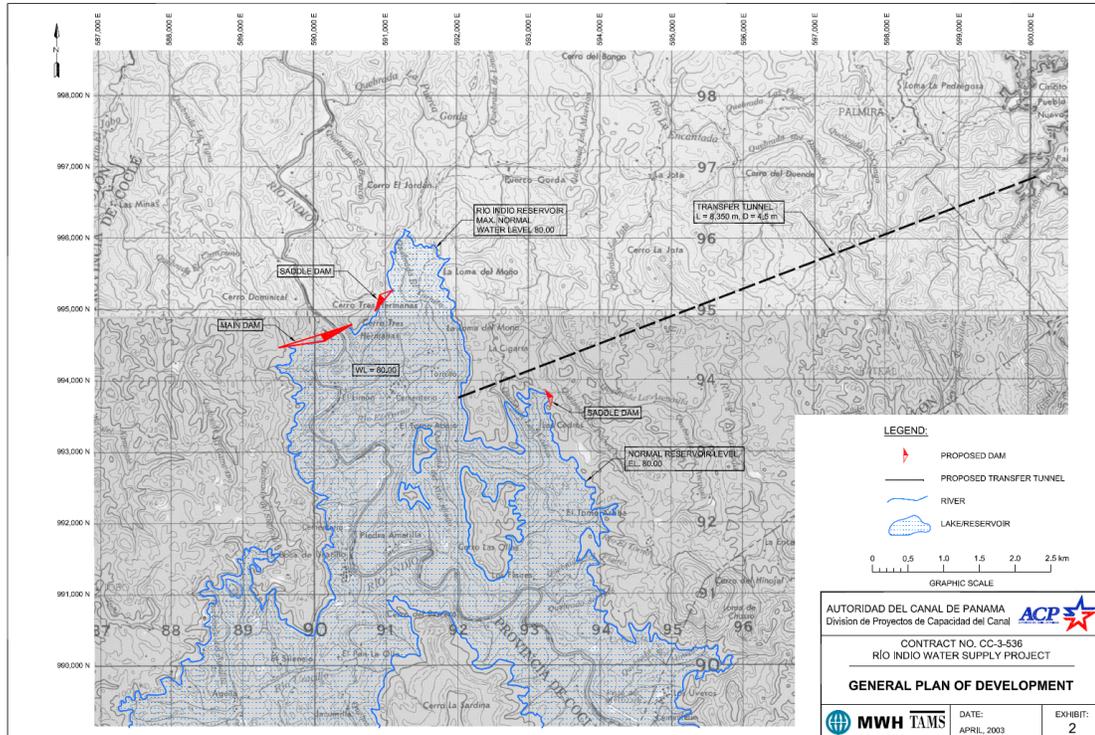


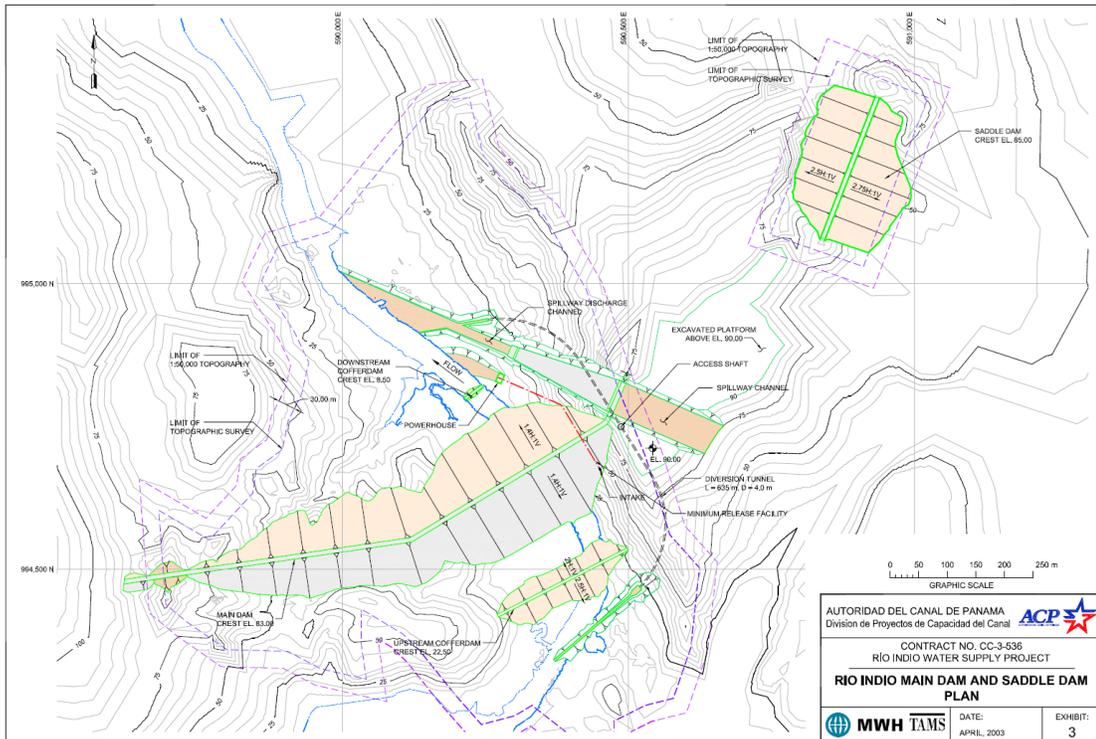
Nombre de la tarea	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Conclusión del Estudio de Factibilidad		◆								
Estudios ambientales y Plan de Administración		■								
Confirmar la factibilidad y configuración del proyecto		■								
Plan de reasentamiento			■							
Financiamiento			■							
Estudios ambientales en el campo				■						
Reasentamiento				■						
Diseño final				■						
Adjudicación de construcción de los contratos de los caminos de acceso y del campamento de construcción				■						
Adjudicación del contrato principal de construcción					■					
<b>Construcción</b>					■					
Caminos de acceso, campamento, canteras					■					
Túnel de transferencia de agua						■				
Instalaciones de almacenamiento						■				
Limpieza del embalse							■			
Llenado del embalse									■	

Cronograma de implementación



## PLAN GENERAL DE DESARROLLO





PLAN DE LA REPRESA PRINCIPAL DE RIO INDI0 Y  
PRESA AUXILIAR



### MAPA DE LOCALIZACIÓN

