Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés:	**Managerial Recommendations for the Lower Trinidad Project**
Nombre del estudio en español:	**Recomendación Gerencial sobre el Proyecto de Bajo Trinidad**
Fecha del informe final:	**31 de marzo de 2003**
Fecha de la traducción:	**12 de mayo de 2006**
Nombre del consultor:	**Parsons Brinckerhoff / Montgomery Watson Harza**

INFORME FINAL

1. Introducción

En virtud del Contrato de Asesoramiento de Gestión de Programa y Servicios de Asistencia, se le ha solicitado al Equipo Asesor Gerencial del Programa (PMAT, por sus siglas en inglés), a modo de actividad separada, que efectúe una recomendación sobre el Proyecto de Bajo Trinidad, a partir de la cual la ACP pueda tomar una decisión de gestión respecto de la conducción futura de estudios adicionales. La recomendación debe basarse en la revisión de estudios anteriores, investigaciones de proyectos y evaluaciones técnicas realizadas para evaluar la factibilidad. Además, el PMAT deberá considerar otros elementos críticos no técnicos de desarrollo de proyecto para dar su recomendación de gestión. Sin embargo, dicha Solicitud de Actividades no está destinada a realizar ningún análisis nuevo mayor sobre el Proyecto de Bajo Trinidad.

2. Antecedentes

Considerando la necesidad de proveer más agua al sistema del Canal o mejor manejo del agua disponible para los fines de satisfacer las demandas operativas del sistema actual y de proporcionar expansión de la capacidad, la División de Proyectos de Capacidad del Canal ha estudiado 30 opciones de proyectos individuales a nivel de detalle de reconocimiento que fueron calificadas sobre la base de la viabilidad técnica, el rendimiento de agua, los impactos operativos, la

factibilidad económica y los factores ambientales, incluyendo los impactos socioeconómicos. La factibilidad económica incluyó el cálculo de primer costo del proyecto, costo de inversión, beneficios y relación costo-beneficio. De los 30 proyectos evaluados, se evaluó una configuración de proyecto para el Proyecto de Bajo Trinidad que consideraba un incremento de almacenamiento detrás de la presa que se construiría en el brazo Trinidad del lago Gatún. El proyecto consistía en una presa con una longitud a lo largo de su eje de aproximadamente 4.100 metros y 30 metros de altura máxima, que se construiría bajo el agua en condiciones de suelo suave, caracterizado por la formación de lama del Atlántico (*Atlantic muck*). Asimismo, el proyecto incorporaba un aliviadero adicional, una esclusa pequeña e instalaciones asociadas. Se confeccionó un Informe de Reconocimiento para este proyecto y para otras opciones de proyecto, realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (*USACE*, por sus siglas en inglés), a través del *Mobile District*, que fue entregado a la ACP en diciembre de 1999. Por su parte, *Black and Veatch* realizó una revisión de reconocimiento ambiental y socioeconómico para este estudio. Este proyecto también fue estudiado en 1962 y en 1963 por *Tudor Engineering Company y Shannon and Wilson, Inc*., pero no avanzó mucho más allá de la fase inicial de estudio.

Los proyectos que se consideraron en el Informe de Reconocimiento fueron calificados y la ACP luego seleccionó las opciones más prometedoras para un mayor análisis a nivel del Diseño de Factibilidad. La lista de opciones de proyecto recomendadas no incluía el Proyecto de Bajo Trinidad, debido a que su calificación no lo ubicaba entre las mejores opciones de proyecto.

En el año 2001, el Proyecto de Bajo Trinidad fue reformulado y se realizaron análisis de ingeniería sobre las condiciones de fundación muy suave. El proyecto reformulado consistía en el mismo arreglo básico de presa estudiado previamente, pero con la adición de un sistema de almacenamiento bombeado para almacenar el agua que normalmente se vertía desde el reservorio del Gatún hacia el océano Atlántico a través del aliviadero del Gatún. El esquema del proyecto reformulado consiste en niveles de almacenamiento de agua iguales o mayores (a los que se contemplaron originalmente) y una capacidad de operación a niveles por debajo de la elevación mínima del reservorio de Gatún mediante bombeo. No incluye una esclusa pequeña para el paso de tránsito pesquero por el lago.

Para comparar esta nueva configuración de proyecto, se le solicitó al *Mobile District* de *USACE* y a *Black and Veatch* la realización de un desarrollo y una evaluación de proyecto utilizando el mismo esquema de trabajo básico de los Estudios de Reconocimiento originales. El nuevo esquema de proyecto de Bajo Trinidad se comparó al mismo nivel de detalle y según los mismos factores de calificación utilizados para los 30 proyectos originales. Esta evaluación tenía el beneficio adicional de considerar los estudios de la fundación realizados por el personal geotécnico de la ACP, para determinar las condiciones existentes del sitio de acuerdo con el perfil geológico y el cálculo de asentamientos esperados y parámetros de diseño para las condiciones de la fundación. Este esquema de proyecto también fue estudiado en combinación con los proyectos de río Indio y presa de Caño Quebrado, destinados a incrementar la capacidad de almacenamiento de agua y aumentar la producción de agua para el sistema operativo del Canal.

Como parte de la evaluación realizada por *USACE-Mobile* en el nivel de reconocimiento, dos ingenieros consultores contratados por *USACE-Mobile* revisaron el informe y dieron su dictamen profesional sobre los méritos de construir este proyecto. El estudio se concluyó y se presentó un informe a la ACP en enero de 2002, junto con el dictamen técnico de dos consultores independientes. Más tarde, la ACP solicitó a la Junta de Asesores Geotécnicos[1] la revisión de todos los documentos técnicos pertinentes asociados a la evaluación del Proyecto de Bajo Trinidad, incluyendo análisis adicionales y presentaciones preparadas por el personal de la ACP. La Junta de Asesores Geotécnicos expresó su disconformidad con el trabajo de *USACE* y recomendó que el proyecto se avanzara hacia la fase de factibilidad para determinar la viabilidad de su construcción.

A la luz de las características exclusivas de este proyecto, los esfuerzos y los costos asociados a la realización de otros estudios de factibilidad, sería conveniente que el PMAT emitiera una recomendación de gestión sobre la viabilidad del proyecto y su potencial de alcanzar la etapa de diseño completo para desarrollar un proyecto que pueda competir con otras opciones disponibles para suministrar agua adicional al Canal.

[1] La Junta de Asesoramiento Geotécnico de la ACP está compuesta por James M. Duncan, Robert L. Schuster, William F. Marcuson III, Robert L. Wesson y Norbert R. Morgenstern.

3. Proceso de Evaluación y Revisión de Referencias

Para realizar la revisión a nivel de gestión del Proyecto de Bajo Trinidad se organizó un Equipo Multidisciplinario de Revisión. Este equipo estaba compuesto por especialistas en medio ambiente, geotécnicos y de recursos de agua, y estaba complementado por el personal de base del PMAT, integrado por profesionales del medio ambiente e ingenieros.

El Equipo de Revisión verificó la información disponible, visitó el sitio y el área del reservorio de la presa de Bajo Trinidad, asistió al taller dictado el 4 de diciembre de 2002, participó en los debates con el personal de la ACP y visitó el laboratorio de suelos.

La ACP brindó los siguientes documentos e información:

a. Incremento del Suministro de Agua para el Canal de Panamá, *Tudor Engineering*, 1962.
b. Informe Tudor (incluyendo el Informe de Shannon y Wilson), 1963.
c. Informe de Reconocimiento, diciembre de 1999, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.
d. Informe de Reconocimiento, Bajo Trinidad, diciembre de 2001, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.
e. Formulación del Proyecto de Bajo Trinidad, análisis geológicos y perfil de la fundación de la ACP.
f. Informes de Consultores sobre el Informe de Reconocimiento de Bajo Trinidad.
g. Presentaciones del personal de la ACP a la Junta de Asesores Geotécnicos de la ACP.
h. Evaluación de la Junta de Asesores Geotécnicos de la ACP.
i. Mapas de ubicación del proyecto e información disponible ambiental y socioeconómica.

Además de las referencias mencionadas, el equipo de estudio también revisó los materiales de presentación, datos y propuestas de esquemas presentados por la ACP en el Taller realizado el 4 de diciembre.

4. Descripción del Proyecto de Bajo Trinidad

El Proyecto de la Presa de Bajo Trinidad ha sido estudiado desde el año 1960. Inicialmente, el concepto del proyecto consistía en una propuesta única de almacenamiento de agua. Recientemente se introdujo el Concepto de Almacenamiento Bombeado de Trinidad. Este concepto incorpora una estación de bombeo que pueda transferir agua entre el reservorio de Trinidad propuesto y el reservorio de Gatún. El concepto permite separar de forma parcial la línea de navegación de la función de almacenamiento/regulación y permite que el reservorio de Gatún opere con un nivel mínimo de fluctuación. Este control del nivel del reservorio de Gatún facilita el mantenimiento del calado requerido para la navegación, y busca evitar la necesidad de que los buques transiten las esclusas con cargas livianas.

Las estructuras principales del Proyecto de Agua de Bajo Trinidad propuesto, según está formulado actualmente, y concebido por la ACP como una instalación de almacenamiento de bombeo, incluye:

- Presa Trinidad. Esta presa se ubica a lo largo del brazo Trinidad del reservorio existente. Se construiría mayormente bajo el agua y tendría una longitud cercana a los 4.100 metros, con una altura máxima de 30 metros, e implicaría un volumen de relleno total en el orden de 20 millones de metros cúbicos. La elevación de la cresta sería de aproximadamente 32,5 metros.

- Presa de Caño Quebrado y Canal de Desviación. Estas características permitirían un control de la cuenca de Caño Quebrado y máxima regulación del suministro de agua, a la vez que proveería un almacenamiento activo adicional de alrededor de 80 millones de metros cúbicos.

- Reservorio de Trinidad. La presa embalsaría agua en el brazo Trinidad y Caño Quebrado a un nivel normal máximo de elevación de 30,48 metros, para mantenerse dentro de la línea de propiedad actual de la ACP. Entre las elevaciones 30,48 y 22,86 metros, se proveería de un almacenamiento activo adicional de 1.140 millones de metros cúbicos. Se inundarían cerca de 4.700 hectáreas de tierra densamente forestada (matorral y crecimientos secundarios, rastrojos), línea de costa de reservorio y algunas tierras de pasturas bajas.

- Estación de Bombeo de Trinidad. El proyecto incluiría una estación de bombeo que permitiría trasegar agua en ambas direcciones.

- Aliviadero de Trinidad. Se proveería un aliviadero con capacidad de pasar crecidas. Esto permitiría mitigar la falta de capacidad del actual aliviadero de Gatún.

Estudios anteriores han sugerido que el Proyecto de Bajo Trinidad, tal como está concebido actualmente, tardaría cerca de 7 años en construirse.

Tal como está concebido, el Proyecto de Bajo Trinidad formaría parte de una estrategia general para proveer una fuente de agua y un sistema de navegación completos y confiables al Canal. Otros proyectos alternativos (o en algunos casos complementarios) podrían incluir reciclaje, tinas de reutilización de agua, el Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio y la profundización del canal de navegación.

5. Revisión Técnica General del Proyecto de Bajo Trinidad

Los comentarios de revisión técnica del PMAT que se presentan a continuación se refieren específicamente al diseño conceptual, los parámetros de diseño, los análisis de ingeniería, aspectos de construcción, estimaciones de costos y riesgos de exceso de escorrentía. Las observaciones se centran principalmente en el concepto de diseño propuesto por la ACP, pero también se hace referencia a la evaluación de la *USACE* donde se considera apropiado.

5.1 Diseño Conceptual

- La configuración de diseño de corte transversal de la presa propuesta por la ACP (es decir, con una inclinación promedio/equivalente de 8,3H:1V) se considera razonable. Se anticipa que la estabilidad adecuada del diseño propuesto puede alcanzarse mediante el uso de drenajes verticales en los suelos de la fundación, dragado de la parte superior de sedimentos muy suaves, colocación de una capa de drenaje inicial y otras técnicas de mejoramiento de cimientos. El esquema de inclinación de 15H:1V basado en la evaluación del *Mobile District* de *USACE* resulta demasiado conservador.

- El concepto de diseño de la ACP no incluye el uso de geotextiles de alta resistencia previo a la colocación del relleno del terraplén. Estos geotextiles pueden proveer gran resistencia a la tensión, de hasta un par de miles de libras por pulgada. La utilización de geotextiles de alta resistencia otorga las siguientes ventajas:
  (1) sirve de separador para proteger al suelo superficial de la fundación contra perturbación/degradación proveniente de la colocación del relleno (en el caso de ser volcado a bombeo)
  (2) evita el método de colocación mediante cucharón sugerido por el estudio de *Mobile District*, el cual resulta costoso y consume mucho tiempo
  (3) aumenta la estabilidad del talud durante la construcción, y permite maximizar las pendientes laterales y minimizar el volumen de relleno requerido (en particular durante las etapas iniciales de construcción), y
  (4) reduce la cantidad de suelo superficial que debe ser dragado previamente (por ejemplo, de los 5 metros propuestos a 2,5 metros).

  Los geotextiles de alta resistencia han sido instalados exitosamente en profundidades de agua similares en Europa (referirse al Apéndice A) y en aplicaciones similares (con anterioridad a la instalación de los drenajes verticales), como es el caso del proyecto de ampliación de pista del aeropuerto de La Guardia en Nueva York, salvo que la profundidad del agua en este caso era mucho más superficial (menos de 5 metros). Por consiguiente, el uso de geotextiles se considera probable, si bien la aproximación y el costo de la instalación de geotextiles en condiciones de aguas tan profundas requerirían una evaluación pormenorizada por parte de contratistas especializados.

- El espaciado de los drenajes verticales propuesto por la ACP es de alrededor de 10 metros. Este espaciado es mucho más amplio que el que ha sido usado generalmente en la práctica, y puede ser aún más cerrado si las propiedades de resistencia del suelo o el coeficiente de consolidación del suelo no resultan tan favorables, según se ha anticipado sobre la base de la investigación de Shannon y Wilson de 1963. Estimamos que un espaciado de drenajes verticales de alrededor de tres metros podría resultar más apropiado.

- El concepto de construcción indica que los drenajes verticales se colocarían <u>con anterioridad</u> a la colocación de la capa de piedra triturada. Consecuentemente, los drenajes no se extenderían a través de la capa de drenaje, lo que provocaría un retraso potencial del trayecto de drenaje. No obstante, si la capa de piedra triturada se coloca primero, la colocación del drenaje vertical a través de la capa de piedra se tornaría difícil. Debería considerarse el uso de una capa delgada del tamaño de arena/grava como material de drenaje, de forma tal que los drenajes verticales puedan instalarse sin complicación y se alcance un drenaje efectivo.

- Los criterios de diseño sísmico y las cuestiones asociadas a ello no han sido tratadas. Estos son temas importantes que pueden afectar el diseño y la construcción de la presa, y por lo tanto deben ser abordados. En particular, las metas de desempeño requeridas por el nivel de diseño de movimiento de tierra deberían ser definidas de forma clara y razonable para evitar un diseño no realista que pueda derivar en costos de construcción innecesarios. Para este estudio deberían desarrollarse criterios de diseño basados en el desempeño y en la deformación.

- La capa de drenaje del tamaño de arena/grava al igual que el cuerpo de la presa podrían requerir densificación para incrementar la resistencia del material y minimizar el potencial de licuefacción bajo el terremoto de diseño. Por este motivo, el concepto de diseño de la ACP propone utilizar vibro-compactación. Por lo general, las técnicas de vibro-compactación son las más efectivas en el uso de materiales de relleno granulares pequeños (por ejemplo, de hasta 10 centímetros). La factibilidad de utilizar esta técnica en una mezcla tan gruesa de arena-piedra (tamaño de piedra de hasta 30 centímetros) debería investigarse más exhaustivamente. Generalmente, si el porcentaje de la piedra más grande es mayor (por ejemplo, mayor al 30% del relleno, con tamaños de piedra de más de 25 centímetros), la vibro-compactación podría no ser factible. Podrían estudiarse otros métodos de mejoramiento de suelo efectivos en términos de costos, tales como pilotes de compactación de arena (existe equipamiento disponible para instalar pilotes de compactación de arena de gran diámetro de hasta 60 ó 70 metros por debajo del agua), si bien estos son utilizados más comúnmente en materiales de relleno cohesivos. Por otro lado, si los materiales de la presa consisten principalmente en relleno de roca, entonces la licuefacción podría no resultar un problema y la densificación no sería necesaria. No obstante, podría requerirse la adición de un núcleo impermeable. Consideramos que el control de las características del relleno para minimizar la necesidad de densificación in situ podría ser el enfoque más efectivo en términos de costos.

5.2 Propiedades del Suelo

- La columna de suelo típica (estratigrafía) utilizada por la ACP en los análisis representa una sección más crítica, es decir, un perfil de suelo suave más profundo que el promedio dentro del área de la sección base de la presa. Es conservador pero razonable.

- De acuerdo con la presentación de la ACP en el taller, el rango típico del coeficiente vertical de consolidación (Cv) basado en los datos de prueba de laboratorio está entre 0,02 y 0,045 cm^2/min. (correspondiente aproximadamente a 0,03 y 0,07 pies cuadrados por día). Sobre la base de nuestra experiencia con suelos similares, este rango de valores Cv se considera razonable y adecuado para la ingeniería preliminar. Para el coeficiente horizontal C_h, puede asumirse un valor razonable de cerca de 2 a 3 veces el del Cv.

- Sin embargo, los parámetros de ingeniería, retrocalculados con base en los datos del muro de aproximación sur de las esclusas del Gatún, indican valores mucho mayores de Cv (por el orden de 0,13 a 0,37 cm^2/min.). La razón de esta diferencia significativa no es clara. Las causas posibles incluyen las diferencias en las características del suelo y el hecho de que el muro está soportado por un grupo de pilotes. La utilización de estos altos valores de Cv para calcular el aumento de la resistencia del suelo debido a la consolidación no resulta conservadora y no deberían utilizarse para el diseño.

- El rango típico de coeficientes de compresión calculados según los datos de prueba de laboratorio está entre 0,25 y 0,3 (esfuerzo por ciclo de registro de tensión). Los coeficientes promedio de compresión equivalentes, retrocalculados a partir de los datos obtenidos en la medición del muro de aproximación sur, oscilan entre 0,28 y 0,33. Estos valores están en línea con los datos publicados y el uso de los mismos para confeccionar cálculos de asentamiento de largo plazo se considera apropiado.

- Para calcular el valor del módulo de deformación (es decir, el valor de E), la ACP sugirió cinco métodos. Entre ellos, el método 2 y 3 están basados en las correlaciones con número de golpes de la Prueba de Penetración Estándar (SPT, por sus siglas en inglés) (valores de N). El gráfico resultante suministrado por la ACP muestra valores de N provenientes de los números de golpes en un rango que va de 3 a 49. Estos números de golpes reportados por Shannon y Wilson (1963) eran resistencias de hincado CPT y por ende no pueden ser utilizados para correlaciones SPT. Más aún, dada la naturaleza suave de los suelos de cimiento, los valores SPT anticipados de N deberían estar en el rango de 0 (peso de la barra o peso del martillo) a 1.

- En los métodos 2 y 5, el módulo drenado fue calculado utilizando módulos no drenados con una corrección para el efecto de Poisson. Por lo general, estos métodos arrojan sobreestimaciones de módulos drenados en vista de que el efecto de la consolidación de la dureza del suelo no es equivalente al efecto de Poisson.

- El estudio de Shannon y Wilson de 1963 indica que el coeficiente de esfuerzo cortante no drenado a la cobertura efectiva está en el rango de 0,39 a 0,46. Estos números son altos y pueden provocar una derivación no conservadora del esfuerzo cortante no drenado. Para arcilla normalmente consolidada puede ser correlacionado al Índice de Plasticidad (IP) del suelo. Utilizando IP=7, el coeficiente se calcula en 0,11+0,0037IP=0,369. La ACP ha informado que el suelo está ligeramente sobreconsolidado y derivó un coeficiente de relación de esfuerzo utilizando $0{,}23(OCR)^{m}$, en donde OCR es el coeficiente de sobreconsolidación y m=0,8. Este método también se considera adecuado en razón de que OCR está determinado de manera confiable.

- En los análisis de estabilidad de la ACP, las propiedades del esfuerzo cortante del relleno fueron asumidas de la siguiente manera:

  Zona 1 (piedra triturada): ángulo de fricción=35, cohesión=0
  Zona 2: ángulo de fricción=25, cohesión=100 psf
  Zona 3: ángulo de fricción=25, cohesión=100 psf
  Zona 4: ángulo de fricción=25, cohesión=500 psf

  Los ángulos de fricción de los materiales de las Zonas 2 y 3 están subestimados, en especial si el material se va a densificar. Las características asumidas de los materiales de las Zonas 1 y 4 parecen apropiados.

- Debido a la incertidumbre sobre las propiedades del suelo (que se encuentran diseminadas en varios resultados de pruebas de suelo de estudios anteriores), consideramos conveniente llevar a cabo una investigación adicional limitada utilizando las técnicas actuales de prueba de penetrómetro de cono (CPT) con medición del exceso de presión de poro (así como también pruebas de disipación) y mediciones de velocidad de onda sísmica (es decir, CPT sísmico). Este tipo de prueba de campo es rápido y efectivo en términos de costos y puede proveer de información de suelo in situ para el diseño y el análisis, tanto desde el punto de vista l diseño sísmico como estático.

- Coincidimos con la sugerencia de la Junta de Asesores Geotécnicos en que antes de tomar cualquier decisión para adoptar el esquema propuesto, sería conveniente realizar una sección de prueba del relleno para acotar las incertidumbres respecto del diseño y la construcción de la presa.

5.3 Análisis de Asentamiento

- Se formularon varias predicciones respecto de la finalización de la construcción y de la vida útil de servicio esperada de la presa (por ejemplo, 50 años). Dada la gran incertidumbre actual sobre la tasa de consolidación (ver la discusión sobre el coeficiente de consolidación más arriba), como del uso de los drenajes verticales de los suelos de la fundación, resulta más importante contar con una predicción confiable sobre el asentamiento de consolidación total en lugar de predecir los asentamientos de consolidación en las diferentes etapas de la construcción, a pesar de que esto afectará el tiempo de construcción y las cantidades iniciales de relleno. La ACP ha pronosticado un asentamiento total debido a consolidación primaria cercano a 10,5 metros. Este pronóstico incluía un asentamiento de 3,3 metros en el material superficial de gran suavidad (2,1 metros superiores). Cabe advertir que no es razonable asumir que una capa de suelo de 2,1 metros podría experimentar un asentamiento de 3,3 metros. Además, es probable que este suelo superior muy blando sea pre-dragado. Al sustraer los 3,3 metros, el asentamiento resultante total es de alrededor de 7,3 metros. Hemos realizado un análisis rápido de asentamiento de consolidación cuyos resultados indican que el asentamiento de consolidación primario total sería de alrededor de 7,3 metros en la línea central de la cresta, y alrededor de 6 metros en el punto medio sobre el talud con promedio 8:3H:1V. En nuestra opinión, un asentamiento de aproximadamente 9 metros en la línea de centro de la presa es una estimación razonable para esta etapa de diseño conceptual, si se considera la incertidumbre de las propiedades del suelo y el alto contenido orgánico de los suelos de la fundación.

5.4 Análisis de Estabilidad

- Se han presentado tres métodos en el análisis de estabilidad de la ACP: (1) utilizando el esfuerzo drenado, (2) utilizando parámetros de esfuerzo no drenado, y (3) utilizando un método de elementos finitos continuos (programa PRAXIS) con un modelo modificado de Cam-Clay para los suelos de la fundación. Los datos suministrados por la ACP en la presentación del taller no son suficientes para que podamos hacer una evaluación pormenorizada. Al parecer, el Método 1 (utilización de parámetros drenados) no es adecuado para este tipo de análisis, puesto que el comportamiento de no drenado de los suelos de la fundación durante las diferentes etapas de construcción no puede ser cuantificado de forma confiable utilizando parámetros drenados, a menos que la generación de presión de poro esté debidamente cuantificada en el proceso.

- Las metodologías generales empleadas en los Métodos 2 y 3 se consideran adecuadas. No obstante, los resultados provenientes de los tres métodos no coinciden y en algunos casos se contradicen. Se recomienda realizar análisis adicionales más refinados utilizando los Métodos 2 y 3.

- Los Métodos 1 y 2 muestran que los factores de seguridad aumentan cuando el reservorio se llena. La experiencia previa de estudios analíticos y los datos reales de registro de casos indican que llenar el reservorio es equivalente a imponer cargas adicionales a la presa, y por lo tanto debería reducir el margen de seguridad de estabilidad de la presa, en lugar de mejorarlo.

- En el Método 2, la superficie de falla, al parecer, es asumida como principalmente de forma circular. No está claro si se ha investigado un modo de falla potencial de tipo bloque o cuña a baja profundidad. Según nuestra experiencia, un modo de falla de ese tipo tiende a volverse más crítico particularmente en las etapas tempranas de construcción, en donde no se ha logrado ninguna ganancia significativa de resistencia de suelo a baja profundidad.

- Las superficies de falla presentadas entre la etapa 3 y la 5 muestran que las superficies de falla más críticas se extienden por lo general sobre una gran longitud, desde el pie del terraplén hasta detrás de la cresta. No está claro si se han investigado otras superficies de fallas localizadas. En la parte final de la etapa 3, por ejemplo, la superficie de falla más crítica puede pasar a través del pie del tercer vaciado del terraplén en lugar del pie del terraplén construido en la primera etapa.

- Los resultados de los análisis de estabilidad muestran que en algunos casos el factor de seguridad está marginalmente arriba de 1,0. Esto generalmente no es algo aceptable en la práctica de diseño. Creemos que el factor de seguridad mínimo requerido para la condición de construcción temporal es de 1,2.

- A pesar de los comentarios vertidos arriba, se cree que puede alcanzarse una estabilidad adecuada de la presa propuesta mediante el uso de drenajes verticales, geotextiles de alta resistencia, propiedades de resistencia mejorada del relleno del terraplén mediante vibro-compactación, o una combinación de ellas y otras medidas de mejoramiento de suelos.

5.5 Aspectos de la Construcción del Proyecto

5.5.1 Fundaciones

- La presa propuesta se construirá en suelos profundos compresibles. Las etapas y la tasa de construcción alcanzables dependerán de la tasa de consolidación y del incremento del esfuerzo de corte resultante en los suelos de la fundación.

- La consolidación de los suelos de la fundación puede acelerarse utilizando drenajes verticales.

- El pre-dragado de los suelos suaves superiores eliminaría los asentamientos en ese estrato, contribuiría a reducir las olas de lodo y, por lo general, mejoraría la capacidad de soporte de los cimientos. La extensión del pre-dragado quedará determinada por la profundidad y extensión de la capa blanda más alta del sitio de la presa. La cantidad del pre-dragado puede reducirse mediante el uso de geotextiles de alta resistencia. La ACP puede realizar el pre-dragado de los

suelos blandos más altos de la fundación por medios hidráulico y vertido en sitios existentes de desecho.

- El uso de geotextiles de alta resistencia cuando sea requerido podría mejorar la estabilidad de las etapas iniciales de construcción, reducir la perturbación de los suelos in situ y la cantidad requerida de material de relleno.

- La utilización a gran escala de geotextiles en estas condiciones no es común y la aproximación de instalación y los costos probables de los mismos deberían ser evaluados más exhaustivamente y probados en campo durante la instalación del relleno de prueba, siempre y cuando se considere el uso de geotextiles. Debería proveerse una capa de arena / grava encima de los geotextiles para el dragado y para asistir en el anclaje de dichos geotextiles. Esta capa debería ser montada de forma controlada (probablemente bombeada lateralmente mediante barcaza) e inmediatamente luego de colocar los geotextiles en el área.

- Si el uso de geotextiles fuera impracticable o inefectivo en términos de costos, debería entonces considerarse la utilización de pre-dragado y de la capa de dragado de arena / grava para la construcción de la presa, con drenajes verticales, como se propuso anteriormente; no obstante, el riesgo de falla de los cimientos durante la construcción se vería incrementado y por consiguiente podría ser necesario alargar el período de construcción.

- Este proyecto es típico de obras de reclamación mayor en depósitos marinos blandos y existen muchos precedentes exitosos del mismo en todo el mundo, y como tal, su construcción resulta posible.

5.5.2 Material de Relleno

- La estructura de la presa debería construirse idealmente con material de roca de relleno gruesa, dura y resistente al tiempo. De esta forma podría minimizarse el potencial de licuefacción sin necesidad de densificación subacuática por vibro-compactación u otro tipo de técnicas. La gradación de la roca debería estar en un rango aproximado de entre 2,5 y 30 centímetros.

- La utilización de una presa con relleno de roca probablemente requiera la adición de un núcleo impermeable. Este núcleo puede construirse utilizando sedimentos de dragado de limo o arcilla, tal como se hizo para la presa de Gatún, o de lo contrario se podría colocar un muro en una trinchera de la presa con arcilla o bentonita. Deberían efectuarse análisis de estabilidad, filtración, potencial de licuefacción para evaluar y refinar este concepto.

- El material de relleno puede obtenerse a partir de una combinación de fuentes, incluyendo los depósitos de dragado existentes, dragados nuevos y nuevas excavaciones de tierra. Si el proyecto se considera como un proyecto aislado, entonces la fuente más económica de material sería la excavación de tierra en las proximidades, ya que minimizaría los costos de transporte y manejo. La presunción de la primera estimación realizada por el *Mobile District*, es decir, el material de relleno para ser obtenido mediante excavaciones en tierras cercanas a la presa, es razonable, siempre y cuando realmente se cuente con material suficiente.

- El uso de materiales provenientes de excavaciones realizadas como parte del programa de ampliación del Canal podría resultar en costos importantes de manejo, procesamiento y transporte. El estudio actual de alternativas de despojo de desechos realizado por Moffatt & Nichol provee estimaciones de costos de transporte y manejo para el sitio Trinidad, comparados con otras opciones de desecho de dragado generadas por la construcción de la esclusa del Pacífico y el dragado de cauces. Debería investigarse también una opción de desecho de dragado proveniente de la construcción de la esclusa del Atlántico.

- Las propiedades de ingeniería de los materiales componen todos los requerimientos de diseño, incluidos el drenaje, el esfuerzo cortante, la filtración y el potencial de licuefacción. El uso selectivo de materiales adecuadamente procesados dentro del terraplén ahorrará costos de construcción y reducirá la extensión de los esfuerzos de densificación requeridos (por ejemplo, vibro-compactación). Los beneficios y costos potenciales de incrementar el pre-procesamiento de los materiales comparados con el costo de las técnicas de mejoramiento in situ deben ser analizados más exhaustivamente.

- Los métodos y tasas de colocación tendrían un impacto significativo en los costos y el cronograma de construcción, y la descarga en el fondo por medio de barcazas se considera el método más apropiado como continuación de las mejoras de cimientos tratadas previamente. Sin embargo, podrían necesitarse ciertos componentes para la descarga lateral o la colocación mediante cucharón.

5.5.3 Cronograma de Construcción

- Existen tres factores principales que afectan el cronograma de construcción: (1) la tasa de consolidación y la ganancia de resistencia de la lama de del Atlántico (*Atlantic muck*), (2) las necesidades de mejoramiento del suelo, tales como el uso de drenajes verticales, geotextiles de alta resistencia y densificación del terraplén y (3) la disponibilidad y la proximidad de fuentes de relleno aptas y la logística del transporte y la colocación. Todos estos factores requieren ser estudiados y evaluados en mayor profundidad antes de efectuar una evaluación definitiva.

- La tasa de consolidación de los suelos de la fundación depende de sus características de permeabilidad y del desempeño efectivo de los drenajes verticales y de la primera capa de drenaje.

- Dado que las etapas de construcción dependerán de la tasa de consolidación de los suelos de la fundación, el método de observación sería empleado mediante el monitoreo del desempeño real en el campo. Este método ha sido utilizado de manera rutinaria y exitosa en proyectos de construcción de gran envergadura sobre suelos blandos. El control de la construcción mediante el monitoreo del desempeño en el campo eliminaría retrasos indebidos en la construcción y disminuiría los riesgos de deformación excesiva y las fallas en la capacidad de soporte durante la construcción.

- El período de construcción de 7 años asumido actualmente puede ser conservador, especialmente si se utilizan drenajes verticales. Dependiendo de la disponibilidad del material de relleno, podría resultar pertinente acortar de forma significativa el período de construcción.

5.5.4 Estructura de Entrega del Proyecto

- El método de observación propuesto de la construcción requiere de extensas evaluaciones de ingeniería de desempeño de campo y revisión del diseño durante la construcción, y como tal, no es recomendable para un contrato de diseño-construcción. El proyecto sería mejor implementado bajo un contrato convencional de diseño-licitación-construcción.

5.6 Estimaciones de Costos de Construcción

- Las dos estimaciones de costos de *USACE*, $ 351 millones en 1999 y $ 811 millones ($830 millones incluyendo a Caño Quebrado) en 2002, difieren en gran medida de la estimación formulada por la ACP de entre $300 y $ 400 millones. El incremento significativo en la estimación de *USACE* en el 2002 respecto de la primera estimación se cree que se debe en gran parte al cambio de fuente de material de relleno de los dos cálculos, que pasó de una presunción de excavación de tierra adyacente en la primera estimación, a los trabajos nuevos de dragado y excavación, como así también a los depósitos existentes asumidos en la segunda estimación.

- Los costos de construcción son extremadamente sensibles al costo unitario del material de relleno. El rango variado de estimaciones formuladas por la ACP y el *Mobile District* de *USACE* van desde alrededor de $7 por metro cúbico hasta cerca de $23 por metro cúbico. El relleno más costoso fue el asumido por el estudio de *Mobile District* de 2002, sobre la base del relleno transportado desde los depósitos existentes del ensanche del Corte Culebra, la nueva excavación para el tercer juego de esclusa y fuentes adicionales de canteras desde el Corte Culebra. Claramente, es mucho más económico obtener el relleno desde las fuentes más cercanas, como fue asumido en el estudio de 1999 del *Mobile District*, en el caso de que el costo total de la excavación y del transporte de materiales se incluyan en los costos del proyecto. Los costos de materiales, incluyendo la excavación, el dragado, el transporte, el procesamiento/trituración y la colocación deben ser estimados con base en los precios locales.

- La diferencia sustancial entre las estimaciones de USACE y la ACP viene dada por la diferencia en las secciones transversales conceptuales de la presa que producen una cantidad estimada de relleno de alrededor de 30 millones de metros cúbicos y 21 millones de metros cúbicos respectivamente, lo que implica una disminución del 30 por ciento. En nuestra opinión, la sección transversal conceptual de la presa asumida por la ACP es más razonable que la asumida por el *Mobile District*, y la diferencia de cantidades debería implicar una gran reducción en la estimación de costos de *USACE*.

- El trabajo actual de Moffatt & Nichol sobre opciones de disposición de desechos permitirá una evaluación mejorada de los costos de transporte de material de relleno.

- Sin embargo, los costos de las mejoras de las fundaciones recomendados son altos y reducirán en gran medida el costo de la presa por encima de las normas para condiciones de cimientos menos complicadas.

- Las estimaciones de *USACE* prevén una asignación del 50% de los costos de construcción de fundaciones para ingeniería, supervisión, administración, costos indirectos de campo y contingencias. Para guardar una coherencia en las comparaciones con otros proyectos a nivel del Estudio de Reconocimiento, y a la luz de la falta de estudios detallados sobre elementos de costos mayores, este porcentaje debería mantenerse para esta etapa.

- Si bien puede esperarse que los costos del proyecto Trinidad serán mucho menores a las estimaciones más recientes hechas a nivel del reconocimiento (cuya reducción se prevé en el orden de los $ 600 millones), no se prevé que el proyecto sea competitivo en términos de costo con las opciones más económicas de suministro de agua (por ejemplo, Indio) en el caso de considerarlo de forma aislada.

- Se anticipa que los estudios adicionales recomendados en este informe contribuirán a reducir las diferencias entre los estimados de costos existentes, a la vez que arrojarán una estimación más realista y confiable.

5.7 Uso Provechoso del Dragado

- Si el proyecto Trinidad se emprendiera como parte de un aumento de la capacidad del Canal, el esquema podría ser percibido como un uso provechoso del dragado generado por la ampliación del Canal. En este escenario, el costo de excavación de material de relleno puede considerarse como parte del proyecto de ampliación y no como un costo del proyecto Trinidad, y los costos de transporte y manejo del relleno podrían compensarse con los costos que se incurrirían en desechar el material dragado en cualquier otra parte. En este caso, para comparar opciones de suministro de agua, debería tomarse en cuenta únicamente el costo marginal adicional de desecho del material dragado para construir el proyecto Trinidad, en comparación con otras opciones de eliminación de desechos. Por consiguiente, dado que los costos de excavación y desecho del material dragado constituyen un elemento importante de los costos del proyecto Trinidad, el proyecto podría volverse mucho más rentable en comparación con otros esquemas de recursos de agua, con un costo adicional marginal estimado menor a $400 millones.

- Otro enfoque potencial es posible si se considera al proyecto Trinidad como un componente a largo plazo de los planes de ampliación de Canal, y si su implementación no fuese requerida hasta luego de un cierto número de años. En este caso, sería conveniente reducir significativamente el número de obras de mejoramiento de suelo (quizás limitándolo a extraer la capa superior de los sedimentos blandos) y utilizar el sitio como sitio de desecho de dragado para los trabajos de excavación del Canal. Esto permitiría un asentamiento y una consolidación a lo largo de varios años antes de construir la presa en el futuro, lo que traería aún mayores reducciones en los costos del proyecto por debajo de $ 250 millones.

5.8 Riesgos de Sobrecostos

- Los dos principales factores de riesgo son (1) asentamientos excesivos, deformaciones laterales y fallas por cortantes locales durante la construcción que puedan requerir relleno adicional; y (2) una tasa de consolidación más baja que la anticipada, que pueda atrasar la construcción.

- Ambos riesgos pueden minimizarse estableciendo parámetros de diseño de ingeniería realistas para la lama del Atlántico, elaborando planes de contingencia e implementando el método de observación durante la construcción a través de un programa de instrumentación y monitoreo.

- El relleno de prueba ayudará a contestar preguntas esenciales que afectan a los costos, tales como el desempeño de los drenajes verticales, los aspectos de la construcción de la instalación de los geotextiles, la necesidad y la efectividad de la vibro-compactación, y el tiempo real de compactación medido en el campo. Estos datos provenientes de desempeños de campo reales brindarán parámetros de diseño confiables y ayudarán a responder preguntas sobre aspectos de construcción, y reducirán el riesgo de sobrecostos de construcción.

6. Impacto Ambiental y Social Potencial del Proyecto de Bajo Trinidad

El objetivo del Proyecto de Bajo Trinidad es garantizar suficiente suministro de agua para satisfacer la creciente demanda actual y futura de esclusajes por el Canal. Ninguno de los impactos ambientales potenciales del Proyecto de Bajo Trinidad es insuperable ni amenaza la viabilidad ambiental de este proyecto. No obstante, se requeriría de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para evaluar los impactos del proyecto con relación a los requerimientos locales y de instituciones financieras internacionales.

La ubicación del Proyecto de Bajo Trinidad dentro del brazo del reservorio de Gatún actual reduce la magnitud de la mayoría de los impactos ambientales negativos.

Hay cuatro problemas ambientales y sociales principales que se debe considerar:

1. Reubicación forzosa
2. Especies amenazadas o en vías de extinción
3. El impacto de la presa propuesta para el reservorio de Trinidad; e
4. Impactos de la construcción

La reubicación de los habitantes que se han establecido dentro de las áreas que inundaría la presa de Bajo Trinidad es el único impacto que eleva al Proyecto de Bajo Trinidad a la categoría de proyecto Clase A del Banco Mundial, es decir, que requiere un EIA completo. Éste sería entonces el asunto más importante del EIA con respecto a este proyecto.

La ACP analizó estas áreas principales de impacto ambiental y social durante los estudios iniciales. Si se recomienda un estudio más detallado del Proyecto de Bajo Trinidad, deben realizar esfuerzos adicionales en las áreas ambientales y sociales para poder continuar definiendo los impactos potenciales adversos y planificar su mitigación.

7. Opciones de Manejo de Recursos de Agua para el Proyecto de Bajo Trinidad

7.1 Perspectiva de Recursos de Agua

Un gran número de estudios ha corroborado un crecimiento continuo del tráfico marítimo global, la demanda creciente de tránsito por el Canal de Panamá y la presión también creciente sobre los suministros de agua del Canal actual. Cada esclusa del Canal de Panamá tiene 33,5 metros de ancho por 305 metros de largo, y el tránsito de un solo buque libera cerca de 200.000 metros cúbicos de agua al océano. Esta enorme demanda de agua la satisfacen actualmente las presas de Gatún y

Madden (Alhajuela). Además, el uso de agua proporcionada por el Canal para consumo humano es de aproximadamente 800.000 metros cúbicos diarios, o el equivalente a cuatro (4) esclusajes.

La ACP está estudiando la adición de un tercer juego de esclusas dentro de la estructura del Plan Maestro para satisfacer la demanda del mercado, lo que requeriría de suministros adicionales de agua. Existen varias opciones de suministro o manejo de agua disponibles para cumplir con las necesidades futuras del Canal de Panamá y los usuarios municipales e industriales de agua. Los beneficios operativos y comerciales de estas opciones deben ser juzgados conjuntamente con los costos de construcción, ambientales y sociales y los costos considerables de oportunidad de financiamiento de la ampliación.

Durante los períodos secos, la ACP restringe el calado disponible para los barcos que transitan el Canal. Según los niveles de demanda actual (es decir, la Opción de "No Acción"), la navegación a través del Canal habría sido afectada por escasez de agua (estación seca) durante algunos períodos de tres de los últimos 30 años. Durante 1997-98, el año más reciente en el cual se registró la estación seca más severa, los buques debieron reducir el calado en agua fresca de los usuales 12 metros a tan sólo 10.8 metros. Entre el 12 de marzo y el 20 de mayo de 1998, se produjeron 2,612 tránsitos, y de estos, 289 buques (el 11%) tuvieron que reducir su calado para poder transitar por el Canal.

7.2 Confiabilidad de Calado

La ACP ha estado estudiando y monitoreando la confiabilidad del desempeño histórico en el mantenimiento del calado establecido para las operaciones de navegación. La ACP está comprometida con un alto grado de confiabilidad y actualmente utiliza un método volumétrico para calcular la disponibilidad histórica del calado de diseño en un 99.6%. Durante las temporadas de sequía extrema, algunas veces atribuibles al fenómeno de El Niño, la ACP debe solicitar a los armadores que coloquen cargas livianas para poder transitar con el calado restringido.

El desarrollo de una estrategia de confiabilidad de agua para el Canal es un elemento clave del Plan Maestro, y se está llevando a cabo. La evaluación detallada del desempeño de programas alternativos va más allá del alcance de esta evaluación, pero algunos rasgos principales del desempeño de las opciones más importantes se tratan a continuación.

7.3 Opciones de Manejo de Recursos de Agua

El Proyecto de Bajo Trinidad es una de las opciones para incrementar los suministros de agua de las operaciones de la ACP. Hay un gran número de opciones de recursos de agua en consideración, y las opciones o proyectos complementarios para el Proyecto de Bajo Trinidad abarcan las siguientes:

7.3.1 Tinas de Reutilización de Agua

Las tinas de reutilización de agua se construirían junto con las nuevas esclusas y costarían en total entre $250 millones y $400 millones, dependiendo de la configuración de la esclusa y la tina. La efectividad de las tinas de reutilización de agua para reducir la demanda de agua de las nuevas esclusas dependería de la configuración de elevación, la configuración de la tina y el número de esclusajes a través de estas esclusas, incluyendo su uso para los esclusajes de buques múltiples para buques de menor tamaño.

Por principio, las instituciones internacionales, como el Banco Mundial, prefieren brindar su apoyo a las opciones de manejo de demanda de agua que a las de nuevos suministros de agua.

7.3.2 Profundizar el Canal de Navegación del lago Gatún a una elevación de 8,3 metros.

Esta opción implica una ampliación del programa actual de ensanche y profundización para ahondar el canal de navegación de El. 10,4 metros a El. 8,4 metros, y así aumentar la capacidad de almacenamiento natural del lago Gatún. Este programa está bien comprendido y definido, y podría ser llevado a cabo por la ACP complementado con la adición de nuevos equipos. Podría implementarse a lo largo de siete años, con un costo por el orden de los $400 millones.

Al igual que el proyecto Trinidad, la profundización del Canal tiene el objetivo de maximizar el uso y el desempeño de la cuenca de toma y el sistema de almacenamiento del Gatún actuales. El programa posee la gran ventaja operativa de permitir el tránsito de buques de calado más profundo (15 metros y más) durante la mayor parte del año, cuando el lago Gatún está en sus niveles más altos de almacenamiento.

7.3.3 Proyecto de Suministro de Agua de Río Indio

Este proyecto consiste en una represa de 80 metros de alto sobre el río Indio y un túnel de transferencia entre cuencas de gran longitud. Podría ejecutarse a lo largo de aproximadamente cuatro años y costaría cerca de $250 millones. El programa de río Indio tiene la ventaja de desviar el agua de una cuenca diferente al lago Gatún, y así proveer una nueva fuente de agua disponible para el Canal.

7.3.4 Sistema de Reciclaje

La opción de reciclaje permitiría el bombeo de retorno de agua salina desde aguas abajo de la esclusa más baja en las nuevas esclusas propuestas. Los estudios sobre reciclaje no han avanzado lo suficiente como para permitir una estimación confiable de costos, aunque los costos esperados están por el orden de los $100 millones y $150 millones.

El reciclaje sería utilizado únicamente cuando existiera un riesgo de limitación de calados proveniente de la entrada en vigencia de alguna reglamentación, y probablemente se utilizaría en conjunto con otras opciones de manejo o suministro de agua. Existe un gran número de preocupaciones ambientales con relación a la intromisión de agua salada que debería solucionarse antes de adoptar este esquema. Los costos operativos del reciclaje en los años secos se prevé que sea mayor que otras opciones de manejo de recurso de agua. No obstante, los mismos serían compensados por los bajos costos de capital.

7.4 Desempeño del Manejo de Recursos de Agua

Generalmente, los proyectos de recursos de agua se evalúan sobre la base de esclusajes adicionales que podrían proveerse manteniendo los niveles actuales de confiabilidad de calado. Los pormenores de las diferentes opciones de recursos de agua se analizan como parte de la evaluación de la confiabilidad de calado del Canal.

Según los datos disponibles actualmente, todas las opciones principales descritas anteriormente, incluyendo la represa de Bajo Trinidad, serían aptas para proveer agua suficiente para entre 13 y 15

esclusajes adicionales por día, según la confiabilidad actual, o un ahorro de agua equivalente a este número de esclusajes, dependiendo de los escenarios operativos considerados. La sensibilidad de estas estimaciones está estrechamente relacionada con las presunciones utilizadas en los análisis y simulaciones.

Por consiguiente, sobre la base de la información limitada disponible sobre el desempeño de las diferentes opciones para permitir que la ACP mantenga el calado objetivo durante los períodos de sequía, el desempeño de Trinidad puede ser comparable con otras opciones principales de suministro de agua consideradas. Se requiere de un análisis más detallado sobre el rango de demandas y escenarios operativos para identificar ventajas / desventajas significativas bajo diferentes regímenes climáticos y operativos.

7.5 Compatibilidad de Opciones

Las opciones no son alternativas al Proyecto de Bajo Trinidad, pero algunas poseen características que pudieran llegar a complementarlo. La ACP ha desarrollado escenarios de trabajo conjunto entre el Proyecto de Bajo Trinidad, una versión reducida del Proyecto de Río Indio, sistemas de tinas de reutilización de agua y sistemas de reciclaje.

El análisis detallado de las opciones para la administración de los recursos fluviales debe tener en cuenta las combinaciones de opciones y el orden que más favorezcan la implementación de las opciones para optimizar el rendimiento del Canal a largo plazo.

El calado es un factor importante para establecer el rendimiento de las combinaciones de opciones. Dos posibilidades en lo que a éste se refiere para la ampliación del Canal incluyen proveer un calado de 45 pies (13,7 m), con un espacio libre bajo la quilla de 6 pies (1,8 m), o un calado de 50 pies con un espacio libre bajo la quilla de 6 pies. La primera de estas posibilidades, la de 45 pies, podría ponerse en práctica sin necesidad de ampliar el Canal. En ese caso, el nivel mínimo del lago Gatún sería de 85 pies (25,9 m). La puesta en práctica de cualquiera de las opciones potenciales para el suministro de agua conduciría a restricciones ocasionales de calado en niveles altos de demanda de navegación. El Cuadro 1 muestra una comparación de la frecuencia y la magnitud de las restricciones del calado para una demanda de agua (que incluye la demanda municipal) de alrededor de 46,4 esclusajes por día (1,2 veces más que la demanda actual). Se compara el rendimiento del sistema actual con el que tendría trabajando conjuntamente con el Proyecto de Bajo Trinidad, el Proyecto de Río Indio o el Proyecto de Ampliación del Canal.

El Cuadro 2 muestra el efecto de la organización del proyecto en secuencias para hacer frente a una demanda de agua cada vez mayor, en este caso, de alrededor de 58,0 esclusajes por día (1,5 veces más que la demanda actual). Si primero se amplía el Canal a una elevación de 27,5 pies (8,4 m), y el máximo permitido de calado se deja en 45 pies, la implementación del Proyecto Trinidad, comparado con el Proyecto de Río Indio, parecería limitar los beneficios en cuanto a la reducción de las grandes restricciones de calado. Esto parece deberse a que el Proyecto de Ampliación del Canal dará como resultado un almacenamiento suficiente para controlar casi completamente el flujo de agua desde la tradicional cuenca hidrográfica del Canal. El almacenamiento que presenta el Proyecto Trinidad no puede ser utilizado totalmente debido a que no hay suficiente flujo de agua para llenar nuevamente la presa durante una sequía. El río Indio representa una "nueva" fuente de agua; por lo tanto, se espera que la implementación del Proyecto de Indio provoque una pronunciada reducción de las restricciones de calado. De todas formas, debe tenerse en cuenta que si el máximo de calado permitido aumenta a 50 pies, se "perderían" cinco pies de almacenamiento

en el lago Gatún debido a restricciones de nivel, y se esperaría que el Proyecto de Bajo Trinidad ofreciera beneficios similares a los que se muestran en el Cuadro 1.

8. Comparaciones Generales en Materia Ambiental y Socio-Económica de Opciones de Suministro de Agua

Esta revisión ambiental y socio-económica considera solamente cuatro opciones que ofrecen mejoras potenciales al caudal de agua para la navegación. Estas cuatro opciones son: 1) Tinas de Reutilización de Agua ($250-400 millones); 2) Profundización del Canal de Navegación Gatún (350-400 millones); 3) Proyecto de Bajo Trinidad ($400-800 millones); y 4) Proyecto de Presa y Túnel de Río Indio ($250 millones). El Proyecto de Bajo Trinidad incluiría seguramente los componentes de Caño Quebrado.

Las opciones se consideraron desde el punto de vista ambiental y socio-económico. El Cuadro 1 muestra un resumen de las comparaciones realizadas.

Punto a considerar	**Tinas de Reutilización de Agua**	**Profundización del lago Gatún**	**Proyecto de Bajo Trinidad/Caño Quebrado**	**Presa y túnel de Río Indio**
¿Se requiere Financiamiento Internacional?	Sí	No	Sí	Sí
Reasentamientos Forzosos	No	No	<200 Familias	300 Familias
Impacto Ambiental	Bajo	Bajo	Moderado	Alto
Aumento de Esclusajes	Varía con el diseño	15	14 con Caño Quebrado	15
¿Se requieren Análisis Ambientales?	No (Parte de Esclusas EIA – Categoría A)	Banco Mundial Categoría B	Banco Mundial Categoría A	Banco Mundial Categoría A
Fuentes Materiales	Cemento y Concreto	Mejora de Equipos	20-30 Mm3	10 Mm3
Desecho del Material Excavado	Bajo: 3 Mm3	Alto: 15 Mm3	No	No
Requisitos de Autorización	Ninguno	Ninguno	ARI y ANAM	ANAM
Fluctuaciones de Reservorio Natural	Gatún 0,8 m	Gatún 2,7 m	Trinidad 8 m Gatún 0,8 m	Indio 40 m Gatún 0,8 m
Zona inundada	0	0	4.720 ha (+713 ha de Caño Quebrado)	4.635 ha
Riesgo de Especies en Extinción	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado

Desde el punto de vista ambiental, la mejor elección serían las tinas de reutilización de agua y/o las opciones de profundización de los canales. Estas últimas tienen la importante ventaja de que pueden llevarse a cabo usando fondos provenientes del Canal como parte de las actividades de corte y dragado. No se requeriría recurrir a los mercados internacionales para conseguir el

financiamiento necesario, y, por lo tanto, no se requerirían Estudios de Impacto Ambiental exhaustivos, que seguramente serían objeto de análisis de las instituciones de crédito internacionales.

El Proyecto de Profundización de los Canales de Navegación elevaría el fondo del Canal de El. 10,4 m a El. 8,4 m, en un período de alrededor de siete años. El material de dragado se desecharía en sitios actualmente designados y aprobados dentro de la Reserva Natural Gatún. Un análisis ambiental, actualmente en desarrollo, para la profundización del canal de El. 11,3 m a El. 10,4 m puede modificarse para adaptarse a la nueva fase de excavación. El Proyecto de Profundización de los Canales de Navegación no requiere nuevos permisos ambientales.

Las tinas de reutilización de agua serían construidas conjuntamente con el tercer juego de esclusas. Ocuparían entre 20 y 30 hectáreas adicionales de hábitat terrestre cerca de cada grupo de esclusas. El impacto ambiental y los permisos que se requirieran para su construcción se incluirían en los Estudios de Impacto Ambiental de las nuevas esclusas, y se evitaría de este modo realizar nuevos estudios y obtener nuevos permisos.

Las dos opciones restantes tienen mayor impacto socio-económico y ambiental. El cómputo completo de los costos socio-económicos y medioambientales del Proyecto de Presa y Túnel del Río Indio o del Proyecto de Bajo Trinidad está fuera del alcance de esta revisión de gestión. A los fines esta revisión, la pregunta más importante en lo que se refiere a cada uno de estos proyectos es: "¿Cuáles son las probables cuestiones ambientales y socioeconómicas?"

Ambos proyectos presentan intensidades distintas de impacto positivo y negativo de corto y largo plazo. Ambas requieren una Consulta Pública en cuanto a las leyes y regulaciones del gobierno de Panamá, permisos medioambientales del ANAM *(Autoridad Nacional del Ambiente)* y un estudio de impacto ambiental completo basado en las directivas medioambientales del Banco Mundial. Ambos también requerirán la construcción de rutas nuevas y mejoradas para el tránsito pesado. Las zonas de construcción y campamentos y las canteras producen un impacto de corto plazo, pero éste puede convertirse en un impacto de largo plazo si, por ejemplo, se modifican los desagües, o los accesos a las rutas crean caminos que aumentan la migración, etc. La inundación de campos de agricultura puede mitigar los costos ecológicos directos, pero aumenta las consecuencias sociales y las cuestiones de reubicación. De todas formas, los costos ambientales del proyecto aumentarían considerablemente si fuera necesario deforestar áreas con propósitos de reasentamientos.

La reserva natural creada por el Proyectote Río Indio tendrá mayor impacto ambiental y socio-económico que la del Proyecto de Bajo Trinidad, incluso con los componentes de Caño Quebrado. El Proyecto Indio involucra el reasentamiento de comunidades enteras; la gente que debe abandonar sus hogares a causa del Proyecto de Bajo Trinidad podría fácilmente ubicarse dentro de sus comunidades, las cuales se encuentran mayormente fuera de la zona potencial de inundación.

El vertedero del Proyecto de Bajo Trinidad será una cuestión medioambiental importante si no desemboca en la Reserva Natural Gatún. Si desemboca en otra cuenca, el Estudio de Impacto Ambiental requerirá un análisis del impacto de las entradas (los túneles de acceso) a los túneles.

Una vez finalizado, el Proyecto de Bajo Trinidad implicará la subida y bajada del nivel del agua de un brazo de la actual Reserva Natural Gatún. Esta reserva fue creada con el único fin de almacenar agua para la construcción del Canal de Panamá. Es solo la reubicación forzada de la gente que vive a lo largo de la rivera de la reserva lo que hace que este proyecto sea elevado a la Categoría A del

Banco Mundial, es decir, que requiera un Estudio de Impacto Ambiental completo. Una revisión preliminar de la *Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Mundial para la Naturaleza* observa que el Proyecto de Bajo Trinidad podría afectar solo al manatí americano (*Trichechus manatus*), que fue introducido en el Río Chagres en 1964.

Por otro lado, el Proyecto de Indio implicará la expansión hacia la cuenca del oeste y la construcción de un dique sobre un río para crear una nueva reserva, con la consiguiente inundación de nuevas zonas. También implicará el reasentamiento forzoso de las poblaciones locales. Esta gente no es ocupante ilegal de la zona donde se desarrollará el proyecto, como parece ser el caso de muchos en la zona del Proyecto de Bajo Trinidad, pero muchos de ellos tienen o tendrán pronto el título de la propiedad que deberán abandonar. Bajo la jurisdicción de la ACP, recientemente se ha adjudicado responsabilidad por el desarrollo sustentable de los recursos de agua de la Región Occidental de la Cuenca, lo que constituye una fuente para un potencial conflicto de cuestiones legales y sociales que podría dar lugar a la crítica internacional del proyecto. El Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Río Indio podría requerir estudios biológicos adicionales para determinar el potencial impacto del proyecto sobre las especies en peligro de extinción.

Por lo tanto, el impacto negativo, tanto ambiental como socio-económico, del Proyecto de Río Indio será considerablemente más complejo que el del Proyecto de Bajo Trinidad. Es muy probable que la comunidad internacional vea el Proyecto de Río Indio como la primera etapa de una serie de proyectos interconectados entre sí, que eventualmente resulten en grandes proyectos para el suministro de agua en dos cuencas adyacentes, Coclé del Norte y Caño Sucio/Miguel de la Borda.

9. Consideraciones de Financiamiento

Un proyecto de gestión de agua o de suministro de agua como el Proyecto de Bajo Trinidad puede ser financiado e implementado en una serie de escenarios, entre los que se incluyen:

- Maximización del uso de las ganancias operativas
- Mercados de capitales
- Financiamiento de proyecto

La discusión completa sobre las opciones de financiamiento para el suministro de agua y ampliación del Canal excede el ámbito de este estudio, y será expuesta en detalle en la preparación del Plan Maestro.

La ACP podría realizar una parte de las obras, antes de obtener fondos completos de otras fuentes, por medio de la distribución anual del presupuesto. El riesgo que esto presenta es que los fondos finales podrían no materializarse nunca y, de esta manera, se estancaría el gasto de construcción inicial y no se recuperarían los costos. La presa, una vez terminada, continuaría proporcionando cantidades de agua adicionales para alcanzar el crecimiento acumulativo de la demanda del mercado para el sistema.

El financiamiento a través de los mercados de capitales o del financiamiento de proyecto involucraría a la comunidad financiera internacional, que prestará mucha atención y se centrará en los riesgos presentados por todos los elementos de cualquier proyecto propuesto, además de los riesgos presentados por las operaciones de la ACP y los planes en su totalidad. En consecuencia, la

presa Trinidad (o cualquier proyecto de suministro de agua propuesto por la ACP) no será juzgado por sus méritos como proyecto único, sino como parte del sistema de la ACP.

El Proyecto de Bajo Trinidad presenta circunstancias especiales que serán cuidadosamente consideradas por la comunidad financiera, ya que la presa, aunque se haya considerado técnicamente viable, presenta desafíos técnicos importantes, tal como se expone en el Artículo 5 de este informe.

La comunidad financiera contrataría los servicios de consultores técnicos y de riesgo para revisar y opinar sobre los proyectos propuestos. El Proyecto de Bajo Trinidad presenta una serie de riesgos importantes para tener en cuenta, que tendrán un impacto sobre su potencial para la aceptación por parte de las instituciones financieras. Los siguientes temas recibirán considerable atención:

- El diseño de la presa será crucial para la viabilidad técnica del Proyecto de Bajo Trinidad. La ACP tendrá la responsabilidad de probar a la comunidad bancaria que el diseño es aceptable y que el proyecto puede ser realizado y funcionar como fue planeado. Consideramos que un de relleno de prueba sería un requisito para apoyar dicho diseño. También se requeriría la exploración completa de todas las fuentes de material, que confirme la cantidad y calidad de los materiales de relleno en el diseño.

- El riesgo de demora en la construcción también sería de gran importancia para la comunidad financiera. Estos asuntos deberían ser mitigados a través de la inclusión de soluciones en los términos de todos los contratos de construcción. Se debería haber otorgado una importante contingencia de programación al proyecto (probablemente, superior a un año) para evitar el impacto de terminación tardía en las operaciones y ganancias de la ACP. Dada la naturaleza acumulativa del aumento de las demandas de agua anteriores a la construcción de nuevas esclusas, y el importante período de construcción requerido para nuevas esclusas, debería ser posible permitir un período de construcción con una contingencia de programación apropiada para la construcción de la presa. Además, se deberían establecer daños por mora en los contratos de construcción para cubrir los costos de la ACP por demora, entre los cuales se incluyen ganancias no percibidas por la ACP, cargos por intereses adicionales, costos operativos adicionales y costos de supervisión adicionales. Dada la naturaleza de las obras, existiría una resistencia importante por parte de los contratistas al pago de dichos daños y perjuicios y la exigencia de su cumplimiento podría ser un asunto importante para tener en cuenta.

- El riesgo sobrecostos sería también de gran importancia para la comunidad bancaria. Nuevamente, deberían incluirse recursos legales en la documentación de la construcción. Tal como se indica en el artículo 5, es improbable prever que un contratista tenga la intención de contemplar un contrato por una suma total para el diseño y construcción de una presa, transfiriendo, de esta manera, el exceso de costos de potencial y riesgo de diseño a la ACP. Los riesgos serían mitigados al realizar un relleno de prueba que incorpore un fondo de contingencia apropiado, y mediante el desarrollo de estrategias apropiadas de gestión y distribución de riesgos, que incluyan incentivos para el cumplimiento y multas por el desempeño del contratista.

En vista de lo anterior, parecería ser más difícil obtener la aprobación de las instituciones financieras para el Proyecto de Bajo Trinidad que para otras opciones de suministro de agua, las cuales implican prácticas de diseño y construcción más convencionales. Sin embargo, esto

también podría ser compensado por los impactos moderados sociales y ambientales cuando se lo compara con los nuevos desarrollos en la Cuenca Occidental, tal como se indica en el Artículo 8. Los riesgos de potenciales retrasos o costos adicionales asociados con impactos sociales y ambientales y de gestión también resultarían de gran importancia para la comunidad financiera.

Se debería continuar explorando las opciones y preocupaciones mencionadas anteriormente dentro de los esfuerzos de planificación progresivos.

10. Resumen de las Principales Conclusiones

Las principales conclusiones que resultan de la revisión y evaluación del Proyecto de Bajo Trinidad se indican a continuación:

1. El Proyecto de Bajo Trinidad se ha estudiado en varias oportunidades a lo largo de muchos años, con lo cual existe un gran caudal de información disponible. La cantidad y la calidad de la información es generalmente aceptable; sin embargo, debido a los espacios de tiempo prolongados y las metodologías cambiantes, hay algunas dudas e inconsistencias respecto de dicha información.

2. En general, el diseño propuesto y el concepto de construcción presentados por la ACP y la Junta de Asesores Geotécnicos se considera técnicamente viable, ya que utiliza técnicas desarrolladas para obras de restauración mayores en depósitos marinos sensibles, con numerosos precedentes exitosos en todo el mundo.

3. Sin perjuicio de lo anterior, la presa presenta importantes desafíos de construcción y técnicos, relacionados particularmente con:

    - Características de la formación de la lama del Atlántico
    - Condiciones y métodos de construcción subacuática, que incluyen la instalación de costoso sistema de geotextiles en profundidad, si fuera necesario.
    - Requisitos de fuente y calidad para amplias cantidades de relleno
    - Relación de la presa con otras actividades de la ACP, particularmente la ampliación del Canal y un tercer juego de esclusas, y su influencia sobre el uso del material y su eliminación.

4. El Proyecto de Bajo Trinidad es considerado el proyecto favorito en comparación con el Proyecto del Río Indio, desde el punto de vista ambiental y social. Desde una perspectiva ambiental y socio-económica, las tinas de reutilización de agua registran las menores consecuencias negativas en comparación con otras opciones de proyectos de agua considerados. El Proyecto de Profundización de los Canales de Navegación tendrá algunos posibles impactos negativos debido a las perforaciones y explosiones que pueden afectar a los manatíes, si los hubiera, en la zona. El Proyecto de Bajo Trinidad tendrá la mayoría de los asuntos considerados en el Proyecto de Río Indio. Sin embargo, la magnitud de los impactos ambientales y socio- económicos negativos del Proyecto de Río Indio pueden hacer más difícil la obtención del financiamiento internacional. El hecho de que el Proyecto de Bajo Trinidad se encuentre en la represa de Gatún existente más que en expansión hacia la cuenca occidental es la única consideración más importante desde un punto de vista ambiental. Las personas desplazadas por el Proyecto de Bajo Trinidad serán muy

probablemente reubicadas dentro de las mismas comunidades sobre la zona de inundación, pero el Proyecto de Río Indio requiere la reubicación de comunidades enteras en otra área.

5. El Proyecto de Bajo Trinidad, a El.30.5 m., se ubica dentro de los límites de las tierras de la ACP, y al parecer podrían ser implementados más rápidamente que otros proyectos importantes de almacenamiento, tales como el Proyecto de Río Indio, que se encuentra ubicado fuera de la tradicional cuenca de la ACP. En consecuencia, hasta que los costos del Proyecto de Bajo Trinidad sean finalmente considerados prohibitivos o que el Proyecto de Río Indio sea considerado viable desde un punto de vista ambiental y social, sería prematuro descartar el Proyecto de represa de Bajo Trinidad para posteriores consideraciones.

6. El costo del proyecto puede resultar prohibitivamente alto en comparación con otros proyectos de agua viables. Los pronósticos de costos previos para la Represa Trinidad varían entre $350 millones y $800 millones. El rango más alto parece estar basado en consideraciones de construcción y diseño demasiado simplificadas y / o conservadoras, y se considera alto. El pronóstico de costos depende en gran medida del volumen total de relleno, la fuente del material y los requisitos de calidad del material. Calculamos que el costo del esquema con las mejoras de financiamiento descritas anteriormente, como un proyecto único, estaría en el orden de $600 millones.

7. Alternativamente, si el proyecto se realiza como parte de una ampliación principal del Canal, puede ser considerado como una potencial mina de uso provechoso para dicho programa, lo cual permite calcular los costos en el costo adicional marginal del esquema sobre otras opciones de colocación de mina. Esto ayudará a percibir al esquema de Trinidad de forma mucho más competitiva en términos de costos que otras opciones de recursos hídricos.

8. La Junta de Asesores Geotécnicos ha establecido una lista de pasos y un acercamiento para definir mejor el concepto de diseño y el pronóstico de costos concurrente para el Proyecto de Bajo Trinidad. Este acercamiento fue considerado tanto razonable como lógico, pero implicaría, relativamente, un gran compromiso de las personas y los recursos de la ACP.

11. Resumen de las Recomendaciones Principales

Se detallan a continuación los puntos de acción recomendados:

1. En este momento, la ACP no debería seguir adelante con un estudio de viabilidad del Proyecto de Bajo Trinidad.

2. Sin embargo, la ACP debería seguir investigando el Proyecto de Bajo Trinidad. El propósito de esa investigación sería definir mejor el diseño conceptual del proyecto y estimar los costos, con un nivel de detalle que permita comparar objetivamente el Proyecto de Bajo Trinidad con las otras opciones disponibles de manejo de recursos de agua.

3. En este momento, el estudio debería limitarse a cuatro o seis meses para cumplir con los requisitos de la preparación del Plan Maestro, y debería centrarse en varios de los puntos de

acción identificados por la *Junta de Asesores Geotécnicos*. Dicho estudio incluiría lo siguiente:

a. Programas limitados de pruebas de perforación por cono a lo lago del dique, para definir con más precisión y confirmar las características más prominentes de las bases propuestas.
b. Identificación de fuentes potenciales de material de relleno.
c. Desarrollo de estudios sobre rendimiento basados en criterios de diseño sísmico.
d. Unión de las ideas y los diseños actuales en un diseño conceptual para la zona del dique que permita una evaluación exacta de todos los materiales que sean necesarios.
e. Definición de métodos de construcción adecuados, que incluyan la división en secuencias de las operaciones.
f. Preparación de una estimación preliminar de costos detallada, que incluya una evaluación del proyecto desde el punto de vista de los beneficios de utilizar los desechos.
g. Preparación de informes y esquemas que documenten los resultados.

4. Como parte de los procesos de análisis alternativos, la ACP debería comparar panoramas posibles de desarrollo del suministro de agua con la información de costos del Proyecto de Bajo Trinidad, y decidir así los próximos pasos a seguir, ya sea desechar el proyecto o implementar un estudio completo de viabilidad, u otros.

5. Si, luego de la investigación y análisis de las alternativas, se decide continuar con un estudio de viabilidad, éste debería incluir una prueba de la zona de relleno, que se utilizaría después para obtener datos respecto de la calidad y cantidad necesarias para minimizar puntos aún no esclarecidos, mitigar riesgos y facilitar la obtención de licitaciones al incluir contingencias razonables dentro del precio de dichas licitaciones.

6. La evaluación ambiental del Proyecto de Bajo Trinidad se debe demorar hasta tanto se decida proseguir con un estudio completo de viabilidad. Si se toma tal decisión, deben llevarse a cabo simultáneamente, de manera coordinada e integrada, una evaluación ambiental y un estudio técnico de viabilidad.