



## Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

**Nombre del estudio en inglés:** Panama Concept Design of Atlantic Locks Structure, Third Lane Lock, Triple Lift Structure

**Nombre del estudio en español:** Diseño Conceptual del Canal de Panamá de las Estructuras de Esclusas del Atlántico, Tercera Vía de Esclusas, Configuración de Tres Niveles

**Fecha del informe final:** 16 de mayo de 2003

**Fecha de la traducción:** 5 de julio de 2006

**Nombre del consultor:** USACE

### RESUMEN EJECUTIVO

El Apéndice N complementa el Informe Principal y continúa con el objetivo de la Modificación No. 2 de IAPWO No. SAA-80640 sobre Cambios del Alcance del Trabajo que la Autoridad del Canal de Panamá expidió el 24 de enero del 2003. Las entregas principales que se especifican en la Modificación 2 incluyen un informe de Estudio de Preselección de Esclusas de cuatro configuraciones alternas para una esclusa de dos niveles, la reconfiguración de los diseños conceptuales de la esclusa de dos niveles, la escogencia de un sistema de llenado y vaciado para la esclusa de tres niveles y la preparación de un estimado de costo de construcción de una esclusa de tres niveles. El Estudio de Preselección de Esclusas se presentó en febrero del 2003 y se incluyó como el Apéndice J – Estudio de Preselección del Sistema de Llenado y Vaciado en el Informe del Diseño Conceptual de la Esclusa de Dos Niveles que fue presentado en marzo del 2003. La ACP proporcionó guías al equipo de diseño del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. para que procediera con la esclusa de tres niveles utilizando un sistema de llenado y vaciado de alcantarilla longitudinal en la cámara, y para que explorara el alineamiento A-1 como un sitio de consideración, en marzo del 2003. Este apéndice proporciona un estimado del costo de una esclusa de tres niveles en base a un diseño realizado a un nivel que garantice una operación segura y confiable.

Este Apéndice presenta el diseño al nivel conceptual de una configuración de la estructura de una esclusa de tres niveles mediante narraciones abreviadas, dibujos, cálculos de diseño y cómputos de costos. Este diseño demuestra que las esclusas pueden construirse en el sitio A-1 de Gatún utilizando



técnicas convencionales de construcción. Para construir los muros de la entrada desde el lago Gatún de la manera más eficiente se necesitarían las técnicas de construcción en húmedo. Esta práctica de construcción se ha utilizado con éxito en varias esclusas y represas que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. ha construido recientemente. La localización del sitio de las esclusas proporciona una administración segura y eficiente del tráfico. El estimado del primer costo de la construcción de la esclusa es de \$1,080,000,000. El tiempo estimado de construcción para terminar todos los elementos es de cinco años y medio, lo que puede reducirse según se analiza a continuación.

## 1.1 Elementos del proyecto

La presente es una reseña breve de la evaluación, las conclusiones logradas y las recomendaciones de los elementos principales del proyecto. A continuación se presenta un resumen de los elementos principales:

### 1.1.1 Las compuertas de la esclusa

La compuerta de inglete es el tipo de compuerta que se recomienda para su utilizando en la esclusa del Atlántico. La operación de las compuertas se lograría utilizando cilindros hidráulicos de conexión directa similares a los que se están instalando en las esclusas existentes. Se desarrollaron dos métodos de manejo de las compuertas para su mantenimiento, que se han presentado en el Informe Principal. En el Apéndice B sobre el Estudio de la Sección de Compuertas aparece una explicación sobre la evaluación de las alternativas de las compuertas.

Para la esclusa de tres niveles se necesitan únicamente dos diseños diferentes de compuertas. Las compuertas del lago Gatún serían de una altura de 22.34 metros y las demás compuertas serían de 30.43 metros de altura. El peso total de todas las compuertas sería de aproximadamente 24,000 t, incluyendo los bloques de contacto y los metales incrustados. Al igual que algunas compuertas de propiedad y operadas por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., las compuertas pueden dividirse de manera que una sección inferior de las compuertas más altas pueda utilizarse como compuertas desde el lago para minimizar los componentes de la compuerta de repuesto.

Como elemento del proyecto, se recomienda un sistema de cierre de emergencia capaz de cerrar el flujo abierto que proviene del canal del lago Gatún a través de la tercera vía de esclusas. Esta estructura estaría ubicada aguas arriba de las compuertas de las esclusas de Gatún. El uso de una sola compuerta en la entrada de Gatún en comparación con compuertas dobles podría justificarse como una medida de ahorro adicional de costo, considerando la protección que un sistema de cierre de emergencia ofrece y la implementación de sistemas rápidos de cambio de compuertas. La reducción del costo podría lograrse en la fabricación de la compuerta, en la construcción de albañilería, en el equipo de operación y mediante una reducción de la longitud de construcción del muro de entrada de agua.

### 1.1.2 Alineación de la estructura de las esclusas



La alineación de la estructura de las esclusas de tres niveles se optimizó tanto longitudinal como transversalmente mediante un proceso progresivo del estudio de varias alineaciones y posibilidades de ángulos. Debido a la longitud de la esclusa de tres niveles y al tamaño limitado de la masa de tierra en las inmediaciones, se solicitó un cambio en el Alcance del Trabajo que fue concedido, para situar la esclusa a lo largo de la alineación A-1. Esta alineación se encuentra en la mejor ubicación para utilizar la estratigrafía geológica del sitio de Gatún y la excavación que se llevó a cabo en 1939, lo que reduciría los costos de excavación. La alineación recomendada está a un ángulo de 7.9 grados del canal de entrada del Atlántico. Solamente tiene un impacto menor en la instalación de atraque y de yates del lago Gatún. Al compensar la alineación con la adición de las tinas de reutilización de agua, se cuenta con una distancia suficiente hasta el costado de la entrada del canal desde el océano Atlántico y el lago Gatún para manejar fácilmente los buques que entran y salen de las esclusas existentes y de la nueva. La separación adicional entre las esclusas existentes y la esclusa nueva que se obtiene con la alineación A-1 también puede proporcionar beneficios desde una perspectiva de los riesgos contra la seguridad institucional.

### 1.1.3 Sistema de llenado y vaciado

De acuerdo con la Modificación 2 del Alcance del Trabajo, se adoptó el sistema de alcantarilla longitudinal en la cámara para el diseño de tres niveles. No se llevó a cabo un análisis detallado para filtrar las alternativas debido a que el sistema de llenado y vaciado se había determinado con anticipación. En los siguientes párrafos se ofrece un resumen breve de algunas consideraciones y recomendaciones relativas a la configuración de tres niveles. En la Sección 2.5 de este informe se presenta mayor información, y aparecen detalles en la Sección 11 del Adjunto 2 sobre los Análisis y el Diseño Hidráulico.

El sistema de alcantarilla longitudinal en la cámara tiene las alcantarillas ubicadas longitudinalmente a lo largo del piso de la esclusa. El sistema de llenado y vaciado con características para ahorrar agua (las tinas de reutilización de agua) se ha diseñado como un sistema combinado que funciona en conjunto y proporciona un tiempo requerido de llenado o vaciado de alrededor de 8 a 10 minutos. El sistema de llenado y vaciado también se diseñó para minimizar los impactos de las operaciones sin las tinas de reutilización de agua. También se evaluó el desempeño en condiciones de mantenimiento. El diseño del sistema de alcantarilla longitudinal en la cámara proporciona tiempos de equiparación que varían de 6.8 a 8.4 minutos para las operaciones sin las tinas de reutilización de agua. Se espera que los tiempos de equiparación del sistema longitudinal de fondo con el uso de las tinas de reutilización de agua varíen de 9.5 a 10.3 minutos. La resistencia del calabrote estará dentro de los límites aceptables y ligeramente menor que el sistema de alcantarilla longitudinal del diseño de dos niveles. Se espera que el sistema de llenado y vaciado se desempeñe adecuadamente en la configuración de tres niveles, y que sea compatible con otros elementos recomendados del diseño. El sistema se ha diseñado para que funcione de manera segura y eficiente con las tinas de reutilización de agua durante la operación regular. El desempeño hidráulico podría degradarse ligeramente con el sistema de alcantarillas longitudinales en la cámara al funcionar bajo las condiciones de mantenimiento, a causa de una pérdida potencial de la simetría.



El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. recomienda que se le dé consideración seria al sistema de llenado lateral de fondo entrelazado en cualquier estudio futuro de los tres niveles, ya que proporcionaría un desempeño mejor que el sistema de alcantarilla longitudinal en la cámara, especialmente durante el mantenimiento. En base a los estudios de comparación con los dos niveles, se espera que la diferencia del costo de los dos sistemas sea poca. El Adjunto 2 sobre los Análisis y el Diseño Hidráulico contiene información limitada sobre el sistema lateral de fondo para el arreglo de tres niveles.

#### 1.1.4 Muros de la esclusa

Los muros de la esclusa se han diseñado tomando en cuenta las características pertinentes, proporcionando el espacio para el uso de locomotoras como el sistema de posicionamiento de buques, al igual que para brindar la solución más económica para integrar los elementos del proyecto. Las tinas de reutilización de agua se encuentran ubicadas en el lado oeste de la esclusa y se integran espacialmente (no estructuralmente) en la parte posterior de los muros. Los monolitos de operación de las válvulas se incorporan en los muros y en las tinas. Las alcantarillas se han quitado de los muros, excepto según se requiera para incluir las válvulas de las alcantarillas. Los monolitos de operación de las válvulas se incorporan en los muros y en las tinas. Se hace un uso extenso de concreto compactado con aplanadora para economizar en la construcción de los muros de las esclusas y se utiliza el concreto convencional en las áreas de las alcantarillas, galerías y el revestimiento de la cámara de la esclusa y en la superficie superior y el lado de tierra de los monolitos. Los muros de la esclusa contienen 3,930,000 m<sup>3</sup> de concreto, de los cuales 1,115,000 m<sup>3</sup> se moldean in situ y 2,815,000 m<sup>3</sup> son de concreto compactado con aplanadora. Los agregados para el concreto provendrían de la excavación del Pacífico y podrían llevarse por ferrocarril hasta el sitio de la esclusa del Atlántico. El caso de la carga de control es la carga por sismo. Se ha permitido espacio en la parte superior de los muros para incluir un sistema de posicionamiento de buques similar al de las esclusas existentes. Los monolitos de las compuertas de la esclusa se construirán como estructuras convencionales de gravedad con cimientos de roca.

#### 1.1.5 Muros de entrada

Estos muros presentan una condición especial debido al tamaño de las cargas del impacto que serán transmitidas por los grandes buques Pospanamax. Las cargas que se desarrollaron según conversaciones con los prácticos del Canal se encontraron excesivamente altas. Los criterios del impacto de los buques se desarrollaron conforme a consultas con los fabricantes de las defensas y las recomendaciones de diseño de la Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación (PIANC). No obstante, hay que realizar una investigación detallada antes del diseño final para definir la necesidad y el tamaño de estas cargas. La longitud del muro representa una eslora y media de un buque según lo solicitó la Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal. Los muros de la entrada del Atlántico se construirán sobre concreto compactado y los muros de entrada del Gatún serán de cubierta de concreto fresco moldeado in situ con cimientos en pozos perforados y se construirán mayormente en húmedo utilizando técnicas de construcción especializadas. Si se utilizan remolcadores para maniobrar los buques



para entrar a la esclusa, la longitud y el tamaño de estos muros pueden reducirse para lograr ahorros significativos en el costo del proyecto.

## 1.2 Recomendaciones

Al proceder con este proceso de diseño, se recomienda que los Informes sobre el Memorandum de Diseño de los Elementos se preparen conjuntamente con el modelo físico de las principales características del trabajo antes de proceder con el diseño de la construcción y la preparación de los planos y las especificaciones de construcción. Este informe proporcionaría una evaluación final de las opciones disponibles para las condiciones específicas del sitio, para escoger los elementos más apropiados, para optimizar el diseño y para establecer los parámetros del diseño. Los planos y especificaciones finales para la construcción podrán prepararse utilizando este documento. Aunque el informe sobre el diseño al nivel conceptual presenta el diseño de los diferentes elementos según el sitio específico, no optimiza el diseño ni considera los cambios que posiblemente que estén llevando a cabo. Estos cambios podrían incluir el método de maniobrar los buques, lo que cambiaría las dimensiones de las esclusas y reduciría las cargas sobre los muros al eliminar las cargas que se transmitirían a los muros con el uso de las locomotoras. Para escoger los sistemas de cierre de emergencia hay que considerar el desarrollo de cualquier proyecto específico de seguridad institucional. También hay que tomar decisiones sobre los métodos de mantenimiento de las esclusas y compuertas, los que podrían cambiar ciertos detalles y/o diseños de los elementos que hemos presentado. Debe llevarse a cabo el análisis económico del costo del ciclo de vida para evaluar la viabilidad de la compra de una grúa levadiza de alta capacidad para las compuertas, que sirva para atender casos de respuesta a emergencias y apoyar otras actividades del sistema del mantenimiento del Canal. El uso de una sola compuerta de esclusa en la entrada de Gatún debe reevaluarse conjuntamente con un sistema de cierre de emergencia, como una medida potencial de ahorrar costos.

Hay que investigar un sistema de llenado y vaciado mediante alcantarillas laterales de fondo entrelazado para determinar si se pueden lograr ahorros adicionales de costo. Una investigación somera indica que la excavación y la elevación de los cimientos de los muros de la esclusa podrían elevarse 4 metros en comparación con el diseño de llenado y vaciado de alcantarilla longitudinal en la cámara. Es probable que este diseño redujera los requisitos de concreto y de excavación. Se prefieren las características del sistema de llenado y vaciado mediante alcantarillas laterales de fondo entrelazado en comparación con el sistema de llenado y vaciado mediante alcantarilla longitudinal en la cámara.