



Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés: Measurement of pressures related to vessel movement within Miraflores Upper West Lock

Nombre del estudio en español: Medición de presiones relacionado al movimiento de buques dentro de la cámara superior oeste de las Esclusas de Miraflores

Fecha del informe final: 30 de junio de 1999

Fecha de la traducción: 24 de mayo de 2006

Nombre del consultor: U.S. Army Corps of Engineers

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

La Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal de la Comisión del Canal de Panamá (PCC) está considerando varias alternativas para aumentar la capacidad de tráfico para cumplir con la demanda futura. Los estudios incluirán el mejoramiento de la infraestructura actual del Canal, la incorporación de tecnología moderna de esclusas y de métodos de ahorro de agua, sistemas alternos para subir y bajar buques y la construcción de nuevas esclusas. Con relación a estos estudios, la Oficina ha determinado que se requiere una medición de las presiones reales ejercidas tanto por los buques como por el agua durante la operación de los sistemas de las esclusas actuales. Además de ayudar en la definición de los requisitos estructurales para las esclusas futuras y la elevación de los buques, se requiere un conocimiento profundo de los efectos del movimiento de los buques en las esclusas, a fin de mejorar las estructuras existentes y los modos de operación.

El Ramo de Ingeniería de Recursos Hidráulicos de la Sección de Hidráulica e Hidrología del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, Distrito de Pittsburgh, tiene vasta experiencia en el uso de transductores de presión en la medición de fluctuaciones en la superficie del agua en las cámaras de las esclusas causadas por las operaciones de llenado y vaciado. Debido a que se pudieron aplicar técnicas similares para monitorear las presiones ocasionadas por el



movimiento de los buques, la Oficina de Proyectos de Capacidad contrató al Distrito para efectuar las pruebas. La Oficina seleccionó la esclusa noroeste de Miraflores como el sitio para realizar las pruebas.

El plan de estudio global fue desarrollado por el ingeniero Juan Wong de la Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal bajo el Director John C. Gribar. El ingeniero Walter P. Leput, Jefe de la Sección de Hidráulica e Hidrología, viajó a Miraflores a inicios de abril de 1999, acompañado por el ingeniero Jeffrey L. Liggett, técnico hidrólogo, para efectuar la planificación inicial. Las pruebas en el sitio fueron realizadas del 22 al 27 de abril de 1999 por los señores Raymond A. Povirk, Raymond D. Rush, ingenieros hidráulicos; el señor Dennis D. McCune, técnico hidrólogo; y el ingeniero Liggett de la Sección de Hidráulica e Hidrología. Las operaciones de la Caseta de Control fueron registradas por el ingeniero Wong y el ingeniero Boris Moreno de la Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal. Los ingenieros Povirk y Rush efectuaron la reducción de información y el análisis. A inicios de junio de 1999 los ingenieros Gribar, Wong y Moreno visitaron el Distrito de Pittsburgh para una reunión de seguimiento y coordinación. Este informe fue preparado por los ingenieros Povirk y Rush en junio de 1999.

CONCLUSIONES

De este estudio se pueden derivar las siguientes conclusiones generales:

1. En una esclusa de calado profundo, las presiones causadas por los efectos de los movimientos de los buques pueden medirse con exactitud utilizando transductores y registradores automáticos de datos que funcionan con baterías y son relativamente fáciles de instalar. El equipo es suficientemente duradero y funciona de manera uniforme y continua durante varios días. Sin embargo, los cables que van sujetos a los sensores son vulnerables al daño si no se mantienen bien tensos y fijos
2. El hecho de que los medidores que van montados muy cerca tienden a rastrearse entre sí indica que las presiones son hidrostáticas y que casi siempre reflejan los niveles locales de la superficie del agua en las inmediaciones de los medidores. La única excepción obvia que se observó fue el efecto de la turbulencia que las hélices de los buques generan. Sin embargo, no fue posible medir los efectos sobre la presión inferior cuando un buque cruza el umbral de la esclusa, porque el único medidor montado sobre el umbral se dañó y no pudo funcionar desde los inicios del período de prueba.
3. Al entrar a una esclusa, los buques grandes atrapan temporalmente el agua entre su proa y las compuertas, creando sobrecargas (ola o elevación de la superficie del agua). Las sobrecargas mayores (que midieron hasta 2.35 pies) ocurren con los buques que van rumbo al sur. Los buques que van rumbo al sur con proporciones de bloqueo (PB) de más de 0.5 tienden a producir sobrecargas de más de 0.5 pies. El patrón de sobrecarga generalmente consta de dos picos, uno que ocurre de 1.5 a 3 minutos después que la popa pasa por el codo noroeste, y un segundo pico de menor tamaño que ocurre 2 ó 3 minutos más tarde. Los buques que van a mayor velocidad causan sobrecargas más grandes.
4. Las sobrecargas que se asocian con los buques que van rumbo al norte fueron de aproximadamente la mitad de la magnitud que las sobrecargas de los buques que van rumbo al sur con proporciones similares de bloqueo. La sobrecarga máxima que se observó en buques rumbo al



norte fue de 1.22 pies. Como dijimos, la sobrecarga tiene picos múltiples, pero en el caso de los buques que van rumbo al sur, la sobrecarga va sobreimpuesta a una oscilación preexistente que se crea cuando la cámara se vacía demasiado.

5. Los buques que salen de la esclusa crean una “succión de vaciado” detrás de ellos. El agua que se precipita al paso del buque para llenar el vacío de la succión causa una “velocidad de vaciado” en la región confinada del flujo. La succión máxima de vaciado que se observó cuando un buque rumbo al norte salía de la esclusa fue de 1.44 pies. La velocidad de vaciado sobrepasa la succión de vaciado, con máximos medidos de 3.93 pies rumbo al norte, y 3.23 pies rumbo al sur. La velocidad de vaciado también es evidente en el caso de los buques rumbo al norte al entrar a la esclusa.

6. La sobrecarga y la succión de vaciado pueden estimarse asignándole a los datos experimentales una función de proporción del bloqueo y de la velocidad del buque (Función V y PB). La función se deriva de un análisis simplificado relacionando la tasa de desplazamiento del volumen de un buque en movimiento, con el flujo que se escapa alrededor del buque. Hay que utilizar una proporción de bloqueo (PB) que tome en cuenta el flujo que se escapa por las alcantarillas que se llenan, al igual que el flujo alrededor del buque, en lugar de la proporción ordinaria de bloqueo. La forma de la ecuación es:

$$\text{Sobrecarga ó Vaciado} = C1 + C2 * (V_{\text{buque}} / (1/PB^2 - 1))^2,$$

en la que C1 y C2 son las constantes que siguen:

Sobrecarga de un buque rumbo al sur al entrar a la esclusa - C1 = 0.32 pies, C2=0.0225
 Sobrecarga de un buque rumbo al norte al entrar a la esclusa - C1 = 0 , C2=0.0155
 Vaciado de un buque rumbo al norte al salir de la esclusa - C1 = 0 , C2=0.0236

No se investigaron las correlaciones del vaciado de salida de los buques que van rumbo al sur.

7. Con las relaciones mencionadas arriba pueden estimarse conservadoramente las sobrecargas y los vaciados máximos, aunque utilizando las proporciones mayores de bloqueo y las velocidades correspondientes de los buques que sean más probables, y haciendo ajustes por las desviaciones máximas entre los valores observados y los pronósticos. Las estimaciones máximas con el sistema actual son:

Sobrecarga de un buque rumbo al sur al entrar a la esclusa - 4.34 pies
 Sobrecarga de un buque rumbo al norte al entrar a la esclusa - 2.41 pies
 Vaciado de un buque rumbo al norte al salir de la esclusa - 3.25 pies

8. No se encontró correlación significativa alguna entre la sobrecarga y el tipo de buque según lo representa su Coeficiente característico de Bloqueo (Cb). Esto implica que es dominante el área neta de flujo disponible según lo representa la proporción de bloqueo, y el grado del afinamiento del casco del buque es relativamente sin importancia.

RECOMENDACIONES

Las siguientes son las recomendaciones sobre la forma en que deben utilizarse los resultados de este estudio y cómo puede mejorarse la comprensión de los efectos de los movimientos de los buques sobre las presiones en las cámaras de las esclusas:



1. Con pruebas adicionales en el campo se aumentaría el tamaño de la muestra, y por consiguiente, se refinaría y mejoraría la confiabilidad de los resultados. De realizarse dichas pruebas, hay que instalar más de un medidor en los umbrales de las compuertas, y hay que proteger los medidores que se montan sobre el umbral, de la gran turbulencia de las hélices y de los posibles desechos que se adhieren a la parte inferior de los buques.
2. Si se llevan a cabo las pruebas adicionales en el campo, sin comprometer la seguridad, hay que considerar cerrar las válvulas de vástago ascendente (*RSV, por sus siglas en inglés*) del muro oeste, además de las válvulas cilíndricas (*CV, por sus siglas en inglés*) del muro central, con el fin de tomar mediciones con los buques grandes. Ello eliminaría todo el flujo de desvío por las alcantarillas, se maximizaría la proporción de bloqueo, y se definiría mejor la condición extrema.
3. Los análisis de correlación podrían realizarse con los datos existentes utilizando técnicas más sofisticadas. Puede que haya otras herramientas estadísticas que consideren diferentes funciones y relaciones entre las variables para producir mejores métodos de pronosticar la sobrecarga y el vaciado.
4. El problema puede tener una solución analítica, para la cual se consideran el desplazamiento, la flotación, el flujo en el cauce abierto y la teoría del oleaje. Un laboratorio de universidad o de investigaciones podría desglosar y desarrollar las relaciones importantes, utilizando los datos existentes para la verificación.
5. Para el diseño de estructuras podrían estimarse las sobrecargas y vaciados utilizando las ecuaciones y gráficas que presentamos aquí. Habría que conocer la velocidad del buque y la proporción de bloqueo, que debe incluir en el cálculo cualquier área de las alcantarillas de desvío. Para un diseño conservador, habría que utilizar las curvas del Límite Superior de PB, contra la Velocidad, y la Función V&PB contra la Sobrecarga/Vaciado.