



Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés: New locks alignment at the Pacific side - Alignment PMD

Nombre del estudio en español: Alineamiento de las nuevas esclusas en el lado Pacífico - Alineamiento PMD

Fecha del informe final: 27 de octubre de 2003

Fecha de la traducción: 12 de mayo de 2006

Nombre del consultor: Autoridad del Canal de Panamá

INFORME FINAL

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

Varias han sido las propuestas sobre alineaciones correspondientes a la construcción de un nuevo carril de esclusas en el lado Pacífico del Canal de Panamá. En agosto de 1999, Harza Engineering evaluó varias de las alineaciones propuestas por la Comisión del Canal de Panamá y realizó un análisis preliminar, que recomendó dos alineaciones para mayor estudio. Las alineaciones se seleccionaron usando criterios técnicos, operacionales, de construcción, económicos y ambientales. En mayo de 2003, el Consorcio Post-Panamax (CPP) presentó las posibilidades de diseño para construir una esclusa de 1, 2 ó 3 niveles dentro del nuevo corredor de alineación (alineación P1) recomendado por Harza y PCC en el lado oeste de las esclusas del Pacífico.

Los criterios técnicos incluyeron la estabilidad de los taludes, el potencial para una futura ampliación y la susceptibilidad a fallas catastróficas. Los criterios operacionales incluyeron la seguridad de la navegación y la maniobrabilidad de los buques; la integración con las operaciones existentes; y la accesibilidad del equipo, los materiales y el personal. Los criterios de construcción evaluaban el impacto sobre las operaciones existentes; la accesibilidad de equipos de construcción, materiales y personal; y la facilidad de la construcción. Los criterios económicos involucraban el costo de las nuevas esclusas, costos de excavación y tiempo de construcción. Otros criterios también considerados incluían asuntos ambientales, socioeconómicos y de reubicación de infraestructura.

La Oficina de Proyectos de Capacidad del Canal (IPC) de la ACP recopiló todos los estudios realizados para la ampliación del Canal desde 1939, cuando se iniciaron las excavaciones para



esclusas más grandes en los lados Atlántico y Pacífico, siguiendo los cauces de navegación existentes y circunvalando las actuales esclusas y el lago Miraflores. IPC también estudió varias opciones investigadas durante el período posterior a la Segunda Guerra Mundial; las opciones propuestas por los gobiernos de los Estados Unidos, Japón y Panamá, como parte del Comité de Estudios de Alternativas del Canal (CAS); y los estudios internos realizados por IPC, que nuevamente recomendaron la construcción de un canal con esclusas.

Estos estudios fueron presentados a HARZA Engineering en 1999, y a CPP como referencia para su trabajo en el lado Pacífico y a USACE para su trabajo en el lado Atlántico, en enero de 2002. Este capítulo examinará solamente las opciones para el lado Pacífico.



HARZA Engineering recomendó las alineaciones P1 y P2 como las mejores opciones propuestas por la ACP. La alineación P2 fue considerada como una segunda opción debido a que requería la construcción de una presa divisoria a un costo de \$281 millones entre el lago Miraflores (a elevación de superficie de agua promedio de 16m +/- sobre el Nivel de Referencia Preciso [PLD, por sus siglas en inglés]) y el nuevo cauce de navegación (a elevación de superficie de agua de 26m +/- PLD). Otro importante parámetro de navegación no considerado por Harza para la alineación P2 fue la intersección en el nuevo cauce con el actual Corte Culebra. En esa intersección, un buque con rumbo norte tendría que hacer un giro a babor de 18° y, a menos de 410m más tarde, otro giro a estribor de 12°.

Los Términos de Referencia para el contrato adjudicado a CPP para la optimización de la alineación P1 especificaron la construcción de una esclusa de 1, 2 ó 3 niveles con tinas de reutilización de agua.

En enero de 2003, CPP recomendó suspender la opción PI-A debido a consideraciones de navegación. Realizaron análisis náuticos de diferentes maniobras con un buque portacontenedores o granelero de 386m de eslora, 55m de manga y un calado de 15.2m para las opciones de alineación P1 A y P1 B.

CPP realizó una simulación en tiempo rápido en el Waterboukundig Laboratorium en Antwerpen, Bélgica, validado con datos del tanque de remolque para maniobras en aguas poco profundas de un programa de cooperación entre Flanders Hydraulics y Ghent University de Bélgica. Algunos de los parámetros considerados por CPP fueron: un esquema de la alineación del cauce, profundidad del agua, succión de ribera, corrientes, viento, longitudes de detención del buque, direcciones de navegación y mareas. También consideraron las guías de diseño preliminar de PIANC.



CAPÍTULO 2

INFORMACIÓN GENERAL

En enero de 2003, Gilberto Moncayo, un ingeniero civil panameño con vasta experiencia y miembro del Comité Técnico ACP-SPIA-CAPAC, propuso una alineación al este de la alineación P1, que introducía una curva con un ángulo de 9° entre la esclusa y la intersección con el actual Corte Culebra. La ACP implementó los lineamientos sugeridos en “Canales de Aproximación, Una guía para el Diseño” de PIANC, Suplemento No. 95 de junio de 1997, para considerar la geometría preliminar del cauce de navegación, la ubicación de una esclusa de triple nivel con tinas de reutilización de agua e intersecciones de los cauces aguas arriba y aguas abajo con los cauces de navegación existentes.

Entre los parámetros considerados estaban: evitar curvas cerca de las entradas de las esclusas, geología, topografía, intersecciones con cauces actuales y futuros, corrientes, viento, distancias a los bordes del cauce, carga, profundidad y materiales del fondo del cauce. El ancho del fondo del cauce se estableció en relación con la manga (B) del buque de diseño. A continuación presentamos los parámetros considerados en la guía de PIANC para el diseño:

1. Maniobrado básico.....	1.3B
2. Velocidad del buque: moderada (8 a 12 nudos).....	0.1B
3. Viento cruzado prevaleciente (nudos): Bajo.....	0.2B
4. Corriente cruzada prevaleciente (nudos): Baja.....	0.5B
5. Corriente longitudinal prevaleciente (nudos):.....	0.1B
6. Altura y longitud de la ola:.....	0.0B
7. Ayudas a la navegación.....	0.1B
8. Superficie de fondo.....	0.2B
9. Profundidad de la vía acuática.....	0.1B
10. Nivel de peligro de la carga.....	1.0B
11. Ancho adicional para distancia libre desde la orilla.....	0.5B

$$\Sigma = 4.1 B \Rightarrow *55 \text{ metros} = 225.5\text{m}$$



Se estudiaron las dos alineaciones inicialmente consideradas, PMD1 y PMD2, para un ancho de fondo del cauce de 220m y una elevación de fondo de 5.3 PLD. La última alineación (PMD3) tiene un ancho de fondo del cauce de 225m con una transición de 500m entre la elevación de fondo de la esclusa de +5.3 m PLD y el fondo del cauce de navegación de +7.77m PLD – la elevación final del cauce una vez que se termine el actual proyecto de profundización del Corte Culebra. Una transición larga similar de 500m se consideró en el lado del mar de -20.62m a -19.70m, que es la elevación de fondo proyectada de la entrada por el lado del Pacífico.

Adicionalmente, la ACP también consideró que el cambio de alineación hacia el este evitaría parte de la roca más dura (basalto) y sería en roca más suave (formaciones de Pedro Miguel y Cucaracha), aunque manteniendo la esclusa dentro de la fundación de formación de basalto. El principal logro de esta alineación es que evita que el terreno relativamente alto reduzca la cantidad de excavación.

El buque de diseño considerado fue el mismo usado por CPP y el ancho de las transiciones fue de 260m en el fondo del cauce con un radio de curvatura de 2800m. Navegando desde el norte, los buques girarían 2° 35' a estribor en la intersección del Corte Culebra (tenían que girar 11° a estribor para la alineación P1 y 18° para la alineación P2), y luego, en el giro intermedio tendrían que girar nuevamente a estribor 10° 7". En la intersección de la entrada en el Pacífico en "la Bordada de Balboa", el giro a estribor es de 18" (era de 22° para la alineación P1 y 13° para la alineación P2). El giro intermedio de 9° requería aumentar a 260m entre las tangentes y alejar la excavación de la represa de Pedro Miguel.

Cuando se comparan las diferentes alineaciones, es muy importante revisar si los parámetros de diseño son los mismos. Una ligera variación del ancho de fondo o la elevación de fondo del cauce representaría una diferencia significativa en la cantidad de excavación. Aún dentro de la misma alineación, dependiendo de la plantilla de colocación y recorrido usada, la precisión o tolerancia implementada en el cálculo arrojaría diferentes resultados. A continuación presentamos una tabla que compara diferentes parámetros de alineaciones y base.

ALINEACIÓN	LONGITUD (Km + m)	ANCHO (m) de la esclusa y fondo del canal de acceso	NÚMERO DE NIVELES	Volumen de excavación sin tinas (m ³)
P1 (Harza)	9 + 260	49 y 276	3	70
P2 (Harza) (*)	9 + 453	49 y 276	3	37
PMD1 (Moncayo)	9 + 800	61 y 220 (*)	3	41.31
PMD2 (Moncayo)	9 + 560	61 y 220 (**)	3	48.9
PMD3 (Moncayo)	9 + 630	61 y 225 (**)	3	66
P1A (CPP)	10 + 300	61 y 220	3	77.3
P1B (CPP)	10 + 100	61 y 220	3	62.3
P1C (CPP)	10 + 500	61 y 220	1	74.25
P1D (CPP)	10 + 500	61 y 220	1	76.27
PDPTE 220	8 + 960	61 y 220 (***)	2 + 1	41.10
PDPTE 260	8 + 960	61 y 260 (***)	2 + 1	46.10

* No se incluyen los volúmenes para la construcción de una presa divisoria en el lago Miraflores.

** El dique en la orilla del lago Miraflores (Vol. = 1,340,000 m³). Este dique se pudiera construir con materiales locales.

*** Una esclusa de 2 niveles en Miraflores y una esclusa de un nivel en Pedro Miguel.



Las alineaciones P1 y P2 están documentadas en la Orden de Trabajo No. 1, Evaluación de las Alineaciones de las Esclusas, por Harza Engineering y Tams Consultants, Inc. con fecha de agosto de 2000. La primera alineación estudiada en febrero de 2003 fue la PMD1. Esta alineación consideró el uso de parte de la excavación de 1939 con la orilla este (navegación rumbo norte) que entra en el lago Miraflores. Esta alineación arroja 41.3M m³ con una elevación y ancho del fondo del cauce de +5.63 PLD y 220m, respectivamente. Debido a la cantidad de trabajo requerido en el lago, se consideró una segunda alineación al oeste del lago. Con los mismos parámetros, la alineación PMD2 arroja 49M m³. La alineación PMD3 arroja 66M m³ con un ancho de fondo de 225m, una elevación de fondo de +7.77m PLD con una transición suave de 500m de largo hacia el fondo de la esclusa a +5.63m PLD. Todas las alineaciones consideraron la elevación de fondo del lado del mar en -20.6m PLD.

Las alineaciones desde el P1A al P1D se explican en el informe final de la CPP. La alineación PDPTE (Pacífico Doble Paralelo al Existente) se describió en el Informe del "Estudio de Alineaciones de Esclusas en el lado Pacífico del Canal de Panamá" preparado en marzo de 2003 por IPC.

Las dimensiones de las esclusas y las elevaciones del fondo consideradas son las mismas que las propuestas por CCP. Las figuras 1 y 2 a continuación muestran estas alternativas:

Véase la figura en la versión en inglés.

Figura 1: Alineación P1

La alineación P1 es una línea recta entre las intersecciones en la Bordada de Balboa y el Corte Culebra.

Véase la figura en la versión en inglés.

Figura 2: Se muestra la alineación PMD3 de las esclusas del Pacífico

Las alineaciones PMD1 y PMD2 tenían el canal de aproximación norte movido hacia el este.

Las alternativas para la alineación de las esclusas que incluyen cauces menos profundos no toman en consideración que la nueva esclusa Pospanamax no tiene redundancia de acceso y que aumentar la profundidad del canal de acceso en el futuro pudiera ser una tarea difícil, si ese solo canal de una sola vía está en operación. Más aún, las operaciones para profundizar el cauce serían más costosas que la excavación del cauce en la elevación final en tierra seca. Una posibilidad pudiera ser diseñar un patrón de voladura que pudiera removerse o dragarse en el futuro para ahorros en la inversión inicial.

La alineación PMD3 también consideró la instalación de ayudas de navegación en el extremo norte de Cerro Nitro y en la orilla este en el extremo sur de la Bordada de Balboa. La curva intermedia de 10° cerca de las esclusas existentes de Pedro Miguel necesitará que algunas ayudas a la navegación se coloquen en la "isla" entre la esclusa existente y el nuevo cauce. Se requieren cuatro torres por cada segmento recto para una navegación de una vía con rumbo norte y rumbo sur, además de las ayudas a la navegación a la entrada de las esclusas. En el extremo sur, también se instalarán blancos en un área de propiedad de Panama Ports, en la finca de tanques, y la aproximación este hacia el Puente de las Américas (propiedad del MOP). Todas las demás ayudas de navegación se instalarán en terrenos de la ACP.

En el extremo norte, la geometría del Corte Culebra enderezado y ampliado también se consideró teniendo en cuenta el hecho de que Cartagena PI (coordenadas 650424.407, 998080.705) al sur del nuevo puente sobre el canal variaría debido a estas modificaciones futuras. Las ayudas a la navegación para el tránsito de navegación con rumbo sur tendrían que



instalarse cerca del Muelle 16 de Balboa, cerca del Cerro Sosa en la finca de tanques y/o cerca de la aproximación este del viaducto hacia el Puente de las Américas.

Las pendientes transversales de la orilla incluyeron información geológica existente, y la geometría de las curvas e intersecciones consideraron un ancho de 260m y un radio entre las tangentes de 2800m. El ancho considerado para la excavación en el sitio de la esclusa fue de 100m, en tanto que la excavación y/o el relleno para las tinas de reutilización de agua no fueron considerados.

La alineación PMD3 también consideró circunvalar el área de dispositivos explosivos sin explotar (UXO) al noreste del canal de acceso. Esta alineación tenía el propósito de lograr una mínima cantidad de excavación y remoción de roca más suave, considerando que esto resultaría en precios más bajos y un menor tiempo de ejecución.

Hay dos áreas bajas del terreno en las confluencias del río Cocolí y río Grande en el extremo oeste del lago Miraflores. Para excavar el cauce a una elevación de fondo de +5.63m o incluso +7.60m, sería necesario construir un dique para separar el agua del lago Miraflores a una elevación de +16.5m +/- del agua del nuevo cauce a una elevación de 26m +/- . La ACP calculó los trabajos necesarios para este dique, teniendo un ancho en la cresta de 20m a una elevación de +30.5m (esta elevación incluye la elevación potencial más alta del lago Gatún y un francobordo), pendientes de 1:2 y un núcleo impermeable. También pudiera permitir tener pendientes más suaves y un revestimiento de concreto en el lado del cauce de navegación y una protección contra la erosión en el lado del lago Miraflores.

Se requeriría un mínimo de 1.34M m³ para construir estos diques. Se podrían construir usando 100% de materiales locales tomados de la excavación del nuevo cauce y, con la excepción de la preparación de la fundación, todo el trabajo se pudiera realizar en seco. Si se escoge una banda impermeable, esto pudiera también ayudar a prevenir la erosión causada por las estelas de las hélices de los buques y los remolcadores.

Con los datos disponibles con relación a la geología del sitio, la ACP estima que hay aproximadamente 12M m³ de basalto en el segmento del cauce desde el kilómetro 5+550 al kilómetro 7+350 del alineamiento PMD3 que pudiera procesarse y usarse como agregado fino y crudo para construir esclusas y tinas de reutilización de agua en el Pacífico y el Atlántico. La ACP tiene que realizar estudios mecánicos y químicos del basalto de 40 MPa+/- y verificar si es apropiado para ser usado como agregado de concreto crudo y fino.