Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés: **Review of the cost estimates and schedule for the Panama Canal 3rd lane locks**

Nombre del estudio en español: **Revisión de los estimados de costos y programación para la 3ra vía de esclusas del Canal de Panamá**

Fecha del informe final: **2 de noviembre de 2005**

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

Nombre del consultor: **Expert Technical Committee / Parsons Brinckerhoff / Montgomery Watson Harza**

INFORME FINAL

Índice

1.0 INTRODUCCIÓN
1.1 Miembros del Comité Técnico de Expertos académicos (ETC)
1.2 Importancia de la calidad de las estimaciones
1.3 Método "detallado" para estimar costos en la etapa de diseño conceptual
1.4 Creación de una estimación base
1.5 Alcance del Plan Maestro para la Tercera Vía de Esclusas

2.0 BASE PARA LA REVISIÓN DE ESTIMACIONES
2.1 Sincronización de la revisión
2.2 Base de la revisión
2.3 Metodología de la revisión
2.4 Límites de la revisión

3.0 REVISIÓN DE LA ESTIMACIÓN Y DE LA PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS
3.1 Base de la estimación y de la programación de los trabajos
3.2 Prepare la estimación base
3.3 Prepare la programación de los trabajos de base
3.4 Realice un análisis de riesgos y establezca las contingencias
3.5 Revise la estimación y la programación de los trabajos
3.6 Comunique la estimación y la programación de los trabajos
3.7 Obtenga la aprobación
3.8 Estimación y programación de trabajos de referencia

4.0 CONCLUSIONES
4.1 La metodología para la estimación de costos
4.2 La metodología para la programación de los trabajos
4.3 Premisas y suposiciones básicas que sustentan la estimación y la programación de los trabajos
4.4 Enfoque aplicado al proceso global de la estimación de costos y de programación de los trabajos
4.5 Fortalezas de la estimación y de la programación de trabajos
4.6 Consideraciones futuras
4.7 Hacia una estimación de referencia

1.0 INTRODUCCIÓN

El Comité Técnico de Expertos académicos (ETC, por sus siglas en inglés) realizó una revisión independiente de los métodos utilizados para preparar las estimaciones de los costos de construcción y la programación de los trabajos del Plan Maestro actual de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) para la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá. Específicamente, el ETC revisó la metodología y las premisas utilizadas para preparar las estimaciones y la programación de los trabajos. El ETC examinó la documentación que sirvió de base para la preparación de las estimaciones y la programación de los trabajos por parte del Equipo de Estimación de Costos (ET) para las esclusas del Atlántico y del Pacífico, el cauce de acceso del Pacífico y los cauces de navegación.

La Autoridad del Canal de Panamá solicitó particularmente que el ETC evaluara:

1. La metodología aplicada para la estimación de costos.
2. La metodología para la programación de los trabajos.
3. Las premisas y suposiciones fundamentales que sustentan las estimaciones y la programación de los trabajos.
4. La manera de enfocar el procedimiento para hacer las estimaciones de costos y la programación de los trabajos en su conjunto.

1.1 Miembros del ETC

Los miembros del Comité Técnico de Expertos son:

- Dr. Stuart D. Anderson, P.E. (profesor, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Texas A&M, Collage Station, Texas, y actualmente presidente de la Junta de Investigación del Transporte, Comité de Gestión de Construcción; oficialmente ingeniero principal de la Fluor Corporation de Irvine, California)
- Dr. David B. Ashley (vicecanciller ejecutivo y decano, imparte la Cátedra Shaffer-George en Ingeniería, Universidad de California, Merced; anteriormente decano de la Escuela de Ingeniería, Universidad Estatal de Ohio)
- Dr. Keith R. Molenaar (profesor adjunto, Programa de Ingeniería y Gestión de Construcción, Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Arquitectónica, Universidad de Colorado en Boulder; ex presidente del Consejo de Investigación de Construcción de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)
- Dr. Debbie A. Niemeier, P.E. (profesor, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de California, Davis; oficialmente Presidente del Departamento; anteriormente con el Departamento de Carreteras de Texas, en Austin, Texas)
- Dr. Clifford J. Schexnayder, P.E. (Académico Eminente Emeritus, Escuela de Construcción Del E. Webb, Universidad Estatal de Arizona; coronel retirado del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. y ex presidente de la Junta de Investigación del Transporte, Sección de Construcción)

1.2 Importancia de la calidad de las estimaciones

La importancia de las estimaciones de los costos de un proyecto y la elaboración de la programación de los trabajos no puede ser subestimada, como ha sido demostrado en los sobrecostos originados en proyectos de gran envergadura alrededor del mundo. Un estudio detallado de 258 proyectos en 20 países descubrió que casi todos los proyectos fueron objeto de sobrecostos[1] y un estudio anterior de 52

[1] Flyvbjerg, Bent; Holm, Matte Skamris; Buhl, Soren (2002). Underestimating costs in public works projects: Error or lie? ***Journal of the American Planning Association, 68(3),*** American Planning Association, Chicago, IL., 279-295.

megaproyectos[2] llegó a conclusiones similares. En los proyectos hídricos y de obras públicas que eran considerados como una parte separada de estos estudios, el incremento promedio de los costos superaba el 30%. La gestión de magnos y complejos proyectos de construcción con fondos de inversión requiere la coordinación de multitud de recursos humanos, organizativos y técnicos. Al mismo tiempo, la complejidad en la ingeniería y en la construcción de proyectos de esta clase, a menudo se ven rebasadas por desafíos de orden económico, social y político.

En general, las estimaciones realizadas en la etapa temprana del desarrollo del proyecto traen consigo incertidumbre debido a complejidades de ingeniería y problemas de viabilidad de la construcción que no son previstos – *cambios de alcance y aumentos imperceptibles de alcance*; y cambios en las situaciones económica y del mercado, cambios en requisitos reguladores, presiones por parte del gobierno y de los interesados, y un cambio radical en las expectativas públicas – *sucesos imprevistos*. La ACP y los interesados en este proyecto tienen que ser conscientes de que la estimación de costos es dinámica y debe actualizarse continuamente durante el proceso de preparación del plan maestro. Para lograr que el proyecto tenga un éxito total, son imperativas una gestión adecuada del proyecto y la comunicación de las estimaciones y de la incertidumbre correspondiente durante todo el transcurso del proceso de preparación del plan maestro.

1.3 Método "detallado" para estimar costos en la etapa de diseño conceptual

El equipo de estimación de costos de la ACP utilizó el método "detallado" para realizar la estimación de los costos del proyecto. Esta técnica es utilizada con mayor frecuencia por contratistas cuando se trata de preparar estimaciones para licitaciones. Aunque los diseños de las esclusas no han sido terminados, el ETC considera que en este caso, el uso del método detallado es adecuado, en vista de la carencia de información referente a costos que permita elaborar una estimación conceptual con base en técnicas paramétricas u otras técnicas conceptuales de estimación. Utilizado correctamente y aplicado a diseños que son producto de una ingeniería calificada e idónea, este método rinde un volumen considerable de información detallada con respecto a los costos de las actividades. El desafío consiste en asegurarse de que los detalles no nublen los aspectos desconocidos que están alojados en los diseños iniciales del proyecto y que impiden que se tenga una visión clara de los riesgos del método detallado.

Este tipo de análisis requiere asignar cuadrillas para cada renglón estimado de trabajo, y calcular y evaluar la productividad de las mismas, el costo de los materiales, y añadir la información sobre el costo de propiedad y la operación de equipo de construcción. Los costos en concepto de gastos y prestaciones laborales, según sea el caso, se incluyen normalmente en el salario por hora de los trabajadores y la utilidad del contratista es agregada al total del costo directo estimado. Para calcular el costo total de cada renglón, las cantidades de materiales y las ubicaciones donde han de colocarse debe quedar definido o bien suponerlo, si no está a disposición en los planos no terminados. Este método detallado brinda una cantidad considerable de información detallada sobre la cual se pueden sustentar decisiones de ingeniería y calcular con precisión los cambios en el costo de rubros a medida que el diseño avanza. Por consiguiente, aunque la precisión en los costos de rubros abunde, es importante observar que dicha precisión no conduce necesariamente a tener una estimación exacta.

Precisión – Cualidad de exacto. Matemática: El número de dígitos significativos.
Exacto – Capaz de proporcionar una medida correcta.

[2] Merrow, Edward W.; McDonnell, Lorraine M.; Yilmaz Arguden, R. (1988). ***Understanding the outcomes of mega-projects: A quantitative analysis of very large civilian projects.*** Rand.

Definiciones de:

The American Heritage Dictionary of the English Language, tercera edición (1992). Houghton Mifflin Company

Las gráficas 1 y 2, son el resultado de investigaciones anteriores, en las cuales se muestra cuánta incertidumbre se detecta en las estimaciones del proyecto durante las etapas iniciales del diseño e ilustran cómo una estimación determinista, producto del método detallado, puede causar un sentido falso de exactitud en la etapa temprana durante el proceso de avance del proyecto. Para evitar este sentido falso de exactitud, los métodos y herramientas para la estimación de costos deben ser entendidos con base en la definición (detalle) a disposición, en el transcurso de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto. El riesgo total del proyecto no reposa en los pormenores de los rubros, pero debe ser analizado y debe fijársele precio como contingencia del proyecto.

Visto de manera más general, en cualquier etapa del desarrollo de un proyecto de infraestructura importante, las estimaciones de los costos comprenderán tres componentes, para cada uno de los cuales existen cantidades diferentes de información: "Conocido/Conocidos" (costos conocidos y cuantificables), "Conocido/Desconocidos," (renglón conocido pero con costos no cuantificados), y "Desconocido/Desconocidos" (costos no reconocidos hasta la fecha), estos se ilustran en la gráfica 1. Obsérvese que en la gráfica 1, el componente de costos de contingencia se adentra en el porcentaje de costos "Conocido/Conocidos". Con demasiada frecuencia, al utilizar la técnica de estimación detallada, si se desconoce el costo de un renglón, el mismo no se incluye en las estimaciones iniciales del costo del proyecto. Cabe igualmente la posibilidad de que otros rubros sean totalmente omitidos de las primeras estimaciones, por ejemplo, los costos de inspecciones ambientales o de construcción. Los costos correspondientes a los tres componentes requieren métodos y herramientas diferentes para definir y cuantificar su aporte potencial a la estimación en cualquier momento específico del proceso de desarrollo del proyecto.

GRÁFICA 1. COMPONENTES DE UNA ESTIMACIÓN DE COSTOS

Véase la versión original en inglés.

La gráfica 2 ilustra de qué manera la incertidumbre en costos y programas de trabajo que se definen, cuantifican y gestionan, guarda relación con la gestión del costo final del proyecto. Dos aspectos cruciales son ilustrados en la gráfica 2, que tiene que ver con situaciones en las que el alcance no ha cambiado y en las que una estimación, en alguna etapa temprana del proceso de diseño, ha incluido incertidumbre. El primer punto consiste en que la escala de incertidumbre en los costos o los programas de trabajo debe disminuir a medida que el proyecto avanza, de diseño conceptual a diseño final. La exactitud de la estimación mejora a medida que el diseño va avanzando, los costos variables van definiéndose mejor, y la incertidumbre va desapareciendo. El segundo punto es que si las incertidumbres incluidas en la estimación como una cantidad para contingencia llegan a materializarse en las etapas tempranas del proyecto, entonces el total estimado aún coincidirá con el esperado. Sin embargo, en vista de que la gestión de riesgo y otros procesos de control de costos se aplican a las incertidumbres definidas (riesgo), a menudo es posible mitigar los riesgos (costos para contingencia) y terminar el proyecto a un costo menor.

GRÁFICA 2. REFINAMIENTO DE UNA ESTIMACIÓN DE COSTOS

Ver gráficas en la versión original en inglés.

Las gráficas 1 y 2 ilustran la falsa exactitud que puede aparecer con el uso de la técnica determinista detallada para la estimación de los costos durante las etapas iniciales del diseño del proyecto. El método es efectivo cuando se trata de contratistas que licitan diseños completos, pero el método detallado puede dejar por fuera la incertidumbre que es inherente en todos los proyectos e igualmente en una estimación del proyecto preparada con poca definición acerca del diseño del proyecto. Para mitigar este efecto, se debe realizar un análisis intensivo y pormenorizado de evaluación del riesgo y análisis de los precios, como complemento al análisis de costos realizado desde el punto de vista de la ingeniería. La combinación de estos resultados – estimación y contingencia detalladas – debe constituir el costo inicial del proyecto.

La Asociación Internacional para el Avance de la Ingeniería de Costos (AACEI, por sus siglas en inglés) ha desarrollado un Sistema de Clasificación para la Estimación de Costos, el cual establece cinco clasificaciones de estimaciones. Este sistema ofrece una escala prevista de exactitud para cada etapa de avance de un proyecto, ver Tabla 1[3]. Una estimación de clase 5 es aquella que es preparada en la etapa más temprana de definición del proyecto, y una estimación de clase 1 es aquella que es preparada lo más cerca posible a la terminación de definición del proyecto y diseño final. La estimación actual para las esclusas debe estar clasificada como clase 3, mientras que la estimación para la Vía de Acceso en el Pacífico, y sin duda alguna la estimación para el Cauce de Navegación serían clasificadas como clase 2. La Tabla 1 describe además, la metodología utilizada para la preparación de la estimación como estocástica o determinista, de acuerdo con el nivel de diseño e información a disposición. La AACEI recomienda que las estimaciones de clase 3 sean elaboradas principalmente como estimaciones estocásticas; sin embargo, como quedó indicado con anterioridad, el ET ha *confiado casi exclusivamente en un sistema determinista para preparar estas estimaciones*.

Tabla 1. Matriz Genérica de Clasificación para la Estimación de Costos de la AACEI

Característica primaria		**Característica secundaria**		
Clase de estimación	**Nivel de definición del proyecto** expresado como % de la definición completa	**Uso final** propósito normal de la estimación	**Metodología** método corriente de estimación	**Escala prevista de exactitud** Normal +/- escala
Clase 5	0% a 2%	Proyección o viabilidad	Estocástico o juicio	+40/-20 a +200/-100
Clase 4	1% a 15%	Estudio conceptual o viabilidad	Estocástico principalmente	+30/-15 a +120/-60
Clase 3	10% a 40%	Presupuesto, autorización o control	Mixto, pero estocástico principalmente	+20/-10 a +60/-30
Clase 2	30% a 70%	Control o licitación/oferta	Determinista principalmente	+10/-5 a +30/-15

[3] Association for the Advancement of Cost Engineering International (1997). *AACE International Recommended Practice Nº 17R-.97: Cost Estimate Classification System,* AACEI, Morgantown, West Virginia, 2-6.

Clase 1	50% a 100%	Revisión de estimación o licitación/oferta	Determinista	+10/-5

Normalmente, el ETC habría esperado revisar una estimación del tipo paramétrico con costos elaborados con base en los parámetros más importantes de los proyectos, tales como clase y tamaño de la esclusa. La técnica paramétrica es una práctica frecuente en las etapas iniciales del desarrollo de un proyecto, porque, en la mayoría de los casos, hay muchos componentes que sencillamente no se pueden definir de manera detallada durante las primeras etapas del diseño. Por el contrario, en el caso del plan maestro para la tercera vía de esclusas del Canal de Panamá, el número de componentes que describe este proyecto es relativamente pequeño. Por consiguiente, estos componentes se pueden describir por medio de dibujos esquemáticos de manera que pueden ser cuantificados en términos brutos y de estimación, utilizando el método detallado. Puesto que el proyecto de la tercera vía de esclusas contiene pocos componentes, se tiene la confianza de que la mayoría de los componentes que forman la estimación pueden ser definidos en un grado suficiente que justifica el uso de la técnica detallada, y por tanto constituye una metodología aceptable.

No obstante, el uso de esta clase de metodología, en esta etapa del avance del diseño, implica prestar atención especial a la evaluación y fijación de precios de los riesgos, porque la *omisión* de un análisis de riesgos bien fundado puede conducir a un sentido falso de exactitud de la estimación global debido a la precisión con que se calcula el costo de los rubros específicos de trabajo.

1.4 Creación de una estimación de referencia

La estimación de costos es un proceso continuo y repetitivo durante la preparación del diseño de un proyecto. Las estimaciones de costos son necesarias para sustentar las distintas soluciones / opciones que se analizan en las etapas iniciales de un diseño. La estimación del costo total del proyecto se debe dar a conocer sólo a manera de rango, en el caso de desconocerse la alternativa elegida. Cuando el diseño elegido sí se ha dado a conocer, o bien, cuando se fijen los límites de financiación del proyecto, es imperativo establecer una estimación de costos "base". Esa base puede describirse mejor como la estimación que se utiliza para controlar cambios y tomar decisiones referentes al diseño que inciden en el costo del proyecto. Es la suma de costos conocidos y cuantificables (conocido/conocidos) más un valor estimado para los costos conocidos pero aún no cuantificables (conocido/desconocidos – a menudo llamado la prima por riesgo) y contingencia para costos todavía no reconocidos (desconocido/desconocidos). Esta estimación fija la base para la financiación y para la medición del desempeño del proyecto. Cabe señalar que el punto de referencia consiste en un proyecto de cierto alcance y dimensiones; cualesquiera cambios futuros de diseño o alcance que varían la capacidad real del proyecto cambian el proyecto *por definición* y exigen un punto de referencia *nuevo*, y no solamente una modificación de las estimaciones existentes de los costos y de la programación del trabajo.

A la fecha en que se realizó la revisión del ETC, no se había establecido el costo base para el proyecto. Aún está por determinarse totalmente la alternativa de diseño elegida, y el equipo no estaba trabajando para la preparación de un costo base del proyecto. Además, el componente de riesgo no había sido todavía incorporado junto con los costos invertidos en la construcción, para que sumaran el punto de referencia. No obstante, el ETC ha terminado una estimación pormenorizada con base en la información del diseño que se tiene a disposición, y ha incluido en su estimación una reserva para cambios de diseño que se ajusta adecuadamente a esta etapa. Sin embargo, para llegar a una estimación y programación del

trabajo de referencia definitivo, se necesita terminar las evaluaciones de riesgo correspondientes a las esclusas, la vía de acceso en el Pacífico y los trabajos en el cauce de navegación. Hasta tanto se concluyan dichas evaluaciones, el ETC recomienda que las estimaciones de costos del proyecto sean *solamente* anunciadas a manera de rango. Una vez se establezca el punto de referencia, el equipo del proyecto debe empezar un proceso de gestión activa de costos. La gestión de la estimación de costos constituye una actividad vital durante el diseño. Las actualizaciones periódicas de la estimación tienen que ser comparadas continuamente con la estimación base del proyecto. Además, cambios de alcance, cambios en la elaboración de los diseños y cambios relacionados con el sitio del proyecto o situaciones del mercado tienen que ser evaluados desde el punto de vista de su impacto en costos y en tiempo para gestionar eficaz y eficientemente el costo global del proyecto. La gestión de estimación de costos ayuda a los encargados del proyecto a tomar decisiones cuando se requiere más financiación para el proyecto producto de cambios en el alcance u otros asuntos.

1.5 Alcance del Plan Maestro para la Tercera Vía de Esclusas

Para definir correctamente una estimación base, el alcance del proyecto obviamente también tiene que estar definido. Aquellos cambios futuros que no afectan la capacidad del proyecto pueden revisarse, comparándolos con el costo y los programas de trabajo base; un cambio importante en el alcance por el cual se altera la capacidad, requerirá que se establezca una base nueva contra la cual se pueda medir el avance del proyecto. La descripción actual del proyecto incluye:

- Dos juegos de esclusas de tres niveles con tres tinas de reutilización de agua por nivel. Las esclusas contarán con 8 compuertas rodantes de acero por cada juego de esclusas. Las esclusas se llenan y se vacían lateralmente.
  - Una esclusa de tres niveles en el lado Pacífico: excavación total requerida para las esclusas, 14.2 millones de metros cúbicos
  - Una esclusa de tres niveles en el lado Atlántico: excavación total requerida para las esclusas, 18.1 millones de metros cúbicos y 6 millones de metros cúbicos para la vía de acceso
  - Dimensiones de las esclusas: 427 m. de largo, por 55 m. de ancho, por 15.2 m. de profundidad
- Una vía nueva de acceso en el lado Pacífico (PMD) de 218 m. de ancho, aproximadamente 6.5 km. de largo y una profundidad de 9.14 PLD. Excavación total requerida para la vía nueva de acceso en el Pacífico: 63 millones de metros cúbicos, incluido el dragado (excavación seca 40.2 millones de metros cúbicos).
- La construcción de dos represas con relleno de rocas por las cuales el flujo de agua será reversible, una de 1,860 m. de largo y una de 1,020 m. de largo.
- Mejoras al cauce de navegación existente: Se profundizarán las entradas desde los océanos Pacífico y Atlántico para permitir un calado de 45 pies en agua salada. La cantidad total de excavación y de dragado para la profundización de las entradas y el ensanche del cauce existente asciende a 32 millones de metros cúbicos.
  - Ensanche del cauce en el Pacífico a 225 m. desde la entrada hasta el Puente de las Américas y a 218 m. desde el Puente de las Américas hasta la nueva esclusa Pospanamax
  - Ensanche del cauce de navegación en el Lago Gatún a 280 m. en los segmentos rectos y a 366 m. en las curvas.
  - Profundización del cauce de navegación existente en el Corte Gaillard y Lago Gatún a 30 pies PLD

2.0 BASE PARA LA REVISIÓN DE ESTIMACIONES

La revisión externa del ETC respecto al proceso de estimación de costos para la Tercera Vía de Esclusas es un paso crucial para asegurar que la metodología empleada para producir la estimación actual es la mejor posible para un plan maestro de esta magnitud. Esta revisión debe utilizarse junto con las demás revisiones internas y externas que evalúan con ojo crítico los cálculos que dieron lugar a las estimaciones y los costos por unidad de los rubros importantes.

2.1 Sincronización de la revisión

El ETC se reunió con dos miembros del Equipo de Estimación de Costos el 8 y 9 de septiembre de 2005 en Sacramento, California, y el 10 y 11 de septiembre de 2005 en Seattle, Washington, para revisar las estimaciones de construcción actuales (a dichas fechas) para el Proyecto de la Tercera Vía de Esclusas. El ETC consideró específicamente los estudios e informes pertinentes del ET, sostuvo entrevistas con las ingenieras Yolanda M. Chin de la ACP y Corina Briceño-Hinojosa de PBI, y luego realizó una comparación entre la metodología y proceso de estimación de costos para la Tercera Vía, con los utilizados por otras organizaciones y agencias estadounidenses e internacionales. La presente consistió en una revisión de la metodología y del proceso – no de los cálculos ni los costos por unidad.

2.2 Base de la revisión

El ETC sustentó las conclusiones insertas en este informe en los estudios e informes pertinentes del ET y en otra literatura conexa de apoyo, incluyendo las suposiciones que son la base de la estimación, así como en entrevistas con miembros principales del equipo del proyecto. Con base en estas fuentes, todas ellas tomadas en cuenta, se determinó un criterio comparativo respecto a los procesos de estimación utilizados por el ET y la práctica actual internacional. La Tabla 2 rinde un resumen de los documentos e informes internos suministrados por el ET para la revisión. La Tabla 3 contiene los nombres y títulos de las personas entrevistadas en el transcurso de esta revisión.

Tabla 2. DOCUMENTOS SUMINISTRADOS POR EL ET PARA LA REVISIÓN POR PARTE DEL ETC

Estimación de Costos y Programación de los Trabajos para las Esclusas Pospanamax y la Vía de Acceso del Pacífico (*Estimaciones HCSS*[NT-1] *y en Excel, y Programa de Trabajo Primavera*), al 14 de julio de 2005.

Estimación de Costos y Programación de los Trabajos de las Esclusas Pospanamax y la Vía de Acceso del Pacífico (*Presentación Power Point*), 14 de julio de 2005.

Modelos de EFCO[NT-2] para los Monolitos del Muro de la Esclusa del Pacífico, 29 de mayo de 2005.

Primer Borrador del Informe – visita al sitio del Proyecto – del 25 de abril hasta el 6 de mayo del 2005, Clair Harry Murdock, PQS,[NT-3] referente al Proyecto de la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá – Componente de las Esclusas del Pacífico, 21 de mayo de 2005.

Análisis Técnico de la Propuesta sobre el Cauce de Navegación del Canal de Panamá para los Pospanamax, Autoridad del Canal de Panamá, Departamento de Ingeniería y Proyectos (i*nforme encuadernado*), agosto de 2005.

Presentación del Programa de Dragado (Presentación en PowerPoint), julio de 2005.

Notas del traductor:

[NT-1] HCSS = Heavy Construction Systems Specialists, Inc. (Especialistas en Sistemas de Construcción de Tipo Pesado)

[NT-2] EFCO Corp. = an international manufacturer of steel forms for concrete construction (fabricante internacional de estructuras de acero para construcciones de concreto)

[NT-3] PQS = Project Quantity Surveyor, significa aparejador

Tabla 3. MIEMBROS DEL EQUIPO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS ENTREVISTADOS POR EL ETC

Yolanda M. Chin, Dirigente del Equipo de Cauces de Navegación, División de Proyectos de Capacidad del Canal de la ACP, Autoridad del Canal de Panamá
Corina Briceño-Hinojosa, Especialista de Proyectos, Parsons Brinckerhoff International

Al revisar la información suministrada, el ETC utilizó un marco de recolección de información que permitió analizar la información suministrada y proporcionó un método congruente para una evaluación comparativa de los procesos contra aquellos utilizados para megaproyectos de obras civiles. La Tabla 4 presenta una lista de documentos externos de referencia utilizados en la revisión.

Tabla 4. DOCUMENTOS EXTERNOS DE REFERENCIA

Evaluación Independiente de Investigación de los Factores de Gestión de Proyectos que Afectan el Éxito del Proyecto del Departamento de Energía (2004), preparado por el Departamento de Energía de EE.UU., por la Fundación de Investigación de Ingeniería Civil (CERF), octubre.

Proyecto de Conexión Intercondal (ICC) – Revisión de la Estimación de Costos y Programación de los Trabajos del Proyecto (2004). Departamento de Transporte de Maryland, octubre.

Guía de Programa para Estimaciones de los Costos de Proyectos Principales (2004). Administración de Carreteras Federales, Washington, D.C., junio.

Gestión de Proyectos de Tránsito y Carreteras Principales (2002). Administración de Carreteras Federales, Washington, D.C., Inspector General del Departamento de Transporte de EUA., mayo.

Procedimientos para la Estimación y Gestión de Proyectos de Carreteras durante la Planificación, Programación y Preconstrucción, *Informe Provisional* (2004). Programa Cooperativo Nacional para Investigación de Carreteras, Proyecto 8-49 de diciembre (datos procedentes de 23 Departamentos de Transporte).

Estimaciones de Costos de Proyectos - Síntesis de la Práctica en Carreteras (2003). Programa Cooperativo Nacional para Investigación de Carreteras, *Informe Final* del Proyecto 20-07/Tarea 152 (datos procedentes de 50 Departamentos de Transporte).

Project Management Book of Knowledge (PMBOK), Libro del Conocimiento en Administración de Proyectos, tercera edición (2004). Instituto de Administración de Proyectos.

"Administración de Riesgos de Proyectos" (2000). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, capítulo 11, pp. 127-146.

Departamento de Transporte del Estado de Washington – Proceso de Validación de Estimaciones de Costos (CEVP) para las referencias siguientes:

http://www.wsdot.wa.gov/projects/cevp/default.htm

Informe de Iniciación del Proceso de Validación de Estimaciones de Costos (CEVP) (2002). Departamento de Transporte del Estado de Washington

"Análisis Programático del Riesgo del Costo para Megaproyectos de Carreteras" (2005). *ASCE* (American Society of Civil Engineers) – *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(3), 11pp., marzo.

2.3 Metodología de la Revisión

La metodología de la revisión por parte del ETC consiste en una comparación entre los procesos establecidos y documentados para elaborar estimaciones de costos y programaciones de los trabajos en proyectos y los documentados presentados por el ET. La metodología estándar de la industria está contenida en siete pasos que son indicados en la Gráfica 3. Estos pasos son descritos en más detalle en las Tablas 5 y 6. El Paso 6 –Comunique la Estimación – es importante para gestionar la estimación y por consiguiente, es explicado en este informe. El paso 7 –Obtenga Aprobación – no es parte del encargo solicitado al ETC. La información necesaria para realizar los diferentes pasos del proceso está contenida en la Gráfica 3. Los pasos y sus descripciones, más información adicional indicada en el diagrama proporcionan una estructura general para evaluar la metodología y los procesos de estimación y programación de los trabajos del ET.

Gráfica 3. Diagrama de Estimaciones de los Costos y de la Programación de los Trabajos del Proyecto. – Véase el documento original en inglés (pág. 13)

Tabla 5. PROCESO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

PASOS PARA LAS ESTIMACIONES DE LOS COSTOS Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS	DESCRIPCIÓN
PASO 1: Determine la Base para la estimación y la programación de los trabajos	Documentación de la clase y alcance del proyecto: • Documentos de alcance • Dibujos a disposición (terminación porcentual de ingeniería y diseño) • Parámetros de diseño del proyecto • Otros atributos del proyecto
PASO 2: Prepare la estimación base	Costo estimado: • Prepare un expediente para la estimación que recopile información y datos utilizados para preparar la estimación • Documente las suposiciones de la estimación • Aplicación de técnicas adecuadas para estimación • Cobertura de todos los elementos conocidos del proyecto • Refleje las condiciones conocidas del proyecto
PASO 3: Prepare la programación del Trabajo Base	Elaboración de la programación del trabajo: • Prepare un expediente para la programación del trabajo • Documente las suposiciones de la programación del trabajo • Definición de actividades, relaciones lógicas, y duraciones de actividades • Evaluación de recursos de impacto (mano de obra, materiales y equipo) • Revise los hitos clave
PASO 4: Determine riesgos y establezca contingencias	Defina y cuantifique áreas de incertidumbre relacionadas con: • Los aspectos conocidos y desconocidos del proyecto • Elementos potenciales de riesgos asociados con estas incertidumbres • Nivel adecuado de improviso congruente con riesgos del proyecto
PASO 5: Examine la estimación y	Examine la base de la estimación y suposiciones:

la programación de los trabajos	• Métodos usados para elaborar los costos estimados y asociados • Verifique que la estimación esté completa en relación con el alcance del proyecto • Verifique que los datos de costo reflejan las condiciones en la ubicación del proyecto Revise la base del programa de trabajo y presunciones: • Métodos usados para elaborar el programa de trabajo (a saber, actividades y sus duraciones) y relaciones lógicas • Verifique que el programa de trabajo esté completo • Verifique las relaciones de las actividades principales e impactos en recursos

Tabla 6. PROCESO DE GESTIÓN DEL ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS Y DE LA PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO

PASOS PARA LA GESTIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS Y DE LA PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO	DESCRIPCIÓN
PASO 6: Comunique la estimación	La comunicación debe incluir: • Determinar el mecanismo para la comunicación de las estimaciones de costos y de programas de trabajo para el propósito que pretenden • Determinar el nivel de incertidumbre de la estimación y del programa de trabajo que debe ser comunicado conforme a la información sobre la cual son definidos • Determinar el mecanismo para comunicar la estimación y la programación del trabajo a participantes externos
PASO 7: Obtenga aprobación	Obtenga autorización de la gerencia para proceder: • Revisar el alcance actual del proyecto y de la estimación y de la programación del trabajo • Asegúrese de obtener los niveles adecuados de aprobación • Aprobar las estimaciones y la programación actual del trabajo incluyendo cualesquiera cambios de estimaciones y programaciones del trabajo previas

El resto de la información contenida en el diagrama abarca más áreas de análisis y evaluación. El ETC recopiló información preliminar sobre cómo los que elaboraron las estimaciones del proyecto usaron "Datos Históricos" para preparar las estimaciones de costos. Se recopiló información sobre la influencia de las condiciones del mercado y la inflación en las estimaciones. Se presta atención al uso de "Terceros" para que brinden su aportación mientras se efectúa la preparación de las estimaciones. También se atiende el uso de aportaciones de varias divisiones de la ACP. Ese material fue evaluado en relación con estándares de la industria y cómo fue utilizado en la preparación de las estimaciones de costos y de las programaciones del trabajo para el proyecto.

2.4 Límites de la revisión

Esta revisión constituye una revisión externa independiente de la metodología aplicada a las estimaciones de costos y a las programaciones del trabajo, así como las suposiciones empleadas para preparar las

estimaciones y programas de trabajo actuales. La misma proporciona seguridad en la calidad del proceso y una guía para las mejoras que pudieran necesitarse.

El ETC no elaboró una estimación nueva ni examinó cada detalle de los montos de costos o desgloses que provinieron del proceso de estimación del costo. El ETC tampoco examinó el detalle de rubros individuales que componen el programa de trabajo del proyecto.

3.0 REVISIÓN DE LA ESTIMACIÓN Y DEL PROGRAMA DE TRABAJO

Esta sección está organizada alrededor de los pasos indicados en la Gráfica 3 y la Tabla 5 descritos anteriormente en la Sección 2. Los pasos citados son: 3.1 Base de la Estimación y del Programa de Trabajo; 3.2 Preparación de la Estimación Base; 3.3 Preparación del Programa de Trabajo Base; 3.4 Realice un Análisis de Riesgos y Determine Contingencias; 3.5 Examine la Estimación y el Programa de Trabajo; 3.6 Comunique la Estimación y el Programa de Trabajo; y 3.7 Obtenga Aprobación. Se agregan además, las subsecciones sobre el Cauce de Navegación, la Vía de Acceso del Pacífico y las Esclusas del Atlántico y del Pacífico, cada una por separado, cuando corresponde.

3.1 Base de la Estimación y del Programa de Trabajo

La estimación para la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá está dividido en tres porciones principales de trabajo: 1) un cauce de navegación, cuyo diseño y estimación de costo es responsabilidad de la ACP; 2) la Vía de Acceso del Pacífico, cuyo diseño corre por cuenta de la ACP y el ET tiene la responsabilidad de preparar la estimación, y 3) las Esclusas del Atlántico y del Pacífico, el diseño de las cuales es realizado por CPP (Consorcio Post-Panamax) y su estimación es competencia del ET. Las estimaciones y programas de trabajo del cauce de navegación están basados en datos geotécnicos excelentes y muy extensos como también en información de costos históricos detallados. Las esclusas del Atlántico y del Pacífico, así como la Vía de Acceso del Pacífico se sustentan en diseños conceptuales que están en una etapa relativamente temprana de desarrollo.

3.1.1 Base de la Estimación del Cauce de Navegación

El alcance y diseño (un trazado cercano al 100%) del trabajo del cauce de navegación requerido para apoyar la Tercera Vía de Esclusas fueron realizados por la Autoridad del Canal de Panamá. El resultado que se espera es que el trabajo de excavación seca y alrededor de 50% del trabajo de dragado será por contrato utilizando contratistas privados. Específicamente, la ACP espera alquilar dos dragas de corte succión, una draga tolva, y dos dragas excavadoras. En general, los datos para elaborar la estimación del Cauce de Navegación provinieron del Departamento de Ingeniería y Proyectos de la ACP. Los datos trataban en su mayoría de resultados recogidos de trabajos de licitaciones recientes y de registros de costos históricos de una obra similar de la ACP que realizara con sus propios recursos. Esta metodología va acorde con las prácticas industriales cuando se tiene a disposición datos que proceden de una obra similar, los que pueden utilizarse para efectos de preparar estimaciones del proyecto nuevo. Tal como está presentado en el informe acerca del *Análisis Técnico de la Propuesta sobre el Cauce de Navegación del Canal de Panamá para los Pospanamax*, el nivel de información pormenorizada es de óptima calidad.

Mientras el ETC estuviera de acuerdo en que, debido a la vasta experiencia y bases de datos de producción histórica, son muy pocos los factores físicos de trabajos que probablemente introduzcan incertidumbre a la estimación, la estimación no toma en cuenta aún los riesgos detallados que están asociados con proyectos grandes y que se deben a condiciones macroeconómicas (del mercado).

3.1.2 Base de la Estimación para la Vía de Acceso del Pacífico

La ACP realizó el diseño del trabajo del Cauce de Acceso del Pacífico que se requiere para que exista una vía acuática entre la Tercera Vía de Esclusas en el Pacífico y el Lago Gatún. El Departamento de Ingeniería y Proyectos de la ACP cuenta con años de experiencia tanto en excavación seca como en dragado. En términos de excavación seca, la experiencia de la ACP consiste primordialmente en excavaciones para suavizar el talud de las laderas existentes con el propósito de disminuir las pendientes de las mismas para mejorar la vía y no con métodos de excavación a cielo abierto de la clase que se

requerirán para el Cauce de Acceso del Pacífico. Además, este trabajo comprende la construcción de una presa de relleno rocoso con centro de arcilla que separará el Cauce de Acceso del Pacífico del Lago de Miraflores y la Esclusa de Pedro Miguel. Esta es una necesidad debido a las diferencias de elevación del agua entre el Cauce de Acceso y estas características presentes en el Canal. Una complicación más es el hecho de que por razones que no son de ingeniería, este trabajo se ha dividido en seis paquetes separados de trabajo, y una porción de la roca excavada ha de servir como fuente de agregado para la construcción de las esclusas del Pacífico y del Atlántico. Del examen y experiencia del ETC en cuanto a revisar estimaciones de proyectos, se desprende claramente que:

1. la división del trabajo en seis contratos separados,
2. incluir la construcción de la presa en uno de los contratos y
3. usar el material excavado pero sin triturar como fuente para el agregado de concreto

representan todos factores de riesgo que influyen en la estimación de costos del Cauce del Pacífico. Durante el análisis de riesgos, se recomienda enérgicamente que el impacto potencial de costo de estas decisiones sobre paquetes de trabajo sea evaluado.

3.1.3 Estimación Base para las Esclusas del Atlántico y del Pacífico

Las esclusas del Atlántico y del Pacífico están en proceso de diseño por parte del Consorcio Post-Panamax y aún están en las etapas tempranas de diseño (<30%). No se tiene a disposición un juego completo de cantidades en lo que se refiere a estos dibujos. Por consiguiente, muchas de las cantidades de materiales que se requieren para la construcción de las esclusas son suposiciones basadas en la experiencia del ET procedente de otros proyectos y de aportaciones de consultores (por ejemplo Clair Harry Murdock). Debe tenerse en cuenta que estas cantidades están sujetas a cambio a medida que el diseño vaya avanzando. La estimación sí incluye un margen de contingencia para cambios en el diseño. El monto porcentual (20%) para este margen de contingencia es considerado por el ET como una asignación para elementos adicionales de las esclusas que se espera serán agregados a medida que el diseño se adelanta; por tanto, esta es la clase de asignación que frecuentemente se incluye directamente en la estimación de costos. El ET tiene dos opciones para manejar la contingencia/asignación del diseño; puede continuar con la porción de asignación dentro de la estimación o puede utilizar el análisis de riesgos para capturar estos efectos. Si el ET continúa con la opción de incluir este rubro en la estimación de costos base, en ese caso se debe tener cuidado de no incluir un rubro por duplicado en el análisis de riesgos que dé lugar al conteo doble de cambios en el diseño de las esclusas.

3.1.4 Base del Programa de Trabajo

El programa de trabajo para la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá se divide en dos porciones principales: 1) el cauce de navegación, del cual tanto el diseño como el programa de trabajo son competencia de la ACP; y 2) el Cauce de Acceso del Pacífico, y las esclusas del Atlántico y del Pacífico, la responsabilidad de los programas de trabajo de las cuales recae en el ET. La ACP está encargada del diseño del Cauce de Acceso del Pacífico y el Consorcio Post-Panamax tiene la responsabilidad del diseño de las esclusas del Atlántico y del Pacífico.

3.1.5 Base del Programa de Trabajo del Cauce de Navegación

El alcance y diseño del trabajo del cauce de navegación requeridos para apoyo del proyecto son ejecutados por la ACP. La ACP ha elaborado este programa de trabajo con el uso de elementos de estimación, como también del conocimiento y experiencia en construcción adquiridos de trabajo similares que ha llevado a cabo. Algunos datos utilizados para elaborar el programa de trabajo se relacionan con trabajos externos licitados recientemente. El programa de trabajo incluye ambas tareas de excavación

seca, a saber la excavación que requiere perforación y voladura, al igual que dragado. Tal cual está indicado en la sección 3.2.1 Base de Estimaciones, la ACP realizará alrededor del 50% del trabajo de dragado, mientras que el resto del dragado y toda la excavación seca serán asignados a contratistas privados. Las actividades en el programa de trabajo reflejan esta metodología.

El programa de trabajo fue elaborado por medio del software "Microsoft Project" y la lógica que lo sustenta está representada en un Diagrama de Gantt. Las suposiciones principales del programa de trabajo y la base para la elaboración del mismo son consideradas en el capítulo 13 del informe encuadernado "Análisis Técnico de la Propuesta sobre el Cauce de Navegación del Canal de Panamá para los Pospanamax", Autoridad del Canal de Panamá, Departamento de Ingeniería y Proyectos, agosto de 2005. Los hitos principales están reflejados en el programa de trabajo.

3.1.6 Programa de Trabajo Base para la Vía de Acceso del Pacífico y para las Esclusas del Atlántico y del Pacífico

El programa de trabajo para el cauce de acceso del Pacífico y para las esclusas del Atlántico y del Pacífico fue elaborado por el ET con base en información del alcance del proyecto que proporcionaron la ACP, el ET y el Consorcio Post-Panamax. Las actividades concernientes al programa de trabajo están ligadas estrechamente a elementos contenidos en las estimaciones de costo. El cauce de acceso del Pacífico presenta seis actividades como contratos externos. Las esclusas del Atlántico y del Pacífico se presentan separadamente en el programa de trabajo, a pesar de que las actividades para cada una son casi idénticas. Las actividades para cada una de estas áreas de trabajo se ilustran de acuerdo con tres categorías principales: 1) general, 2) trabajos civiles, y 3) trabajos de electromecánica.

El programa total de trabajo, que incluye el cauce de acceso del Pacífico, y las esclusas del Atlántico y del Pacífico, es elaborado con el programa "Primavera Project Planner". El programa de trabajo está representado como un Diagrama de Gantt de base lógica. El programa de trabajo indica actividades previas a la construcción y señala los hitos principales. Se utilizaron diagramas de velocidad y programación lineal para apoyar la elaboración de una porción del programa de trabajo de las esclusas. Estas técnicas proporcionaron un análisis detallado del progreso de los trabajos con base en cuadrillas y ritmos de producción.

3.2 Prepare la Estimación de Base

Las estimaciones actúan a manera de recursos vitales en las decisiones importantes del proyecto, establecen las referencias contra las cuales se mide el éxito del proyecto, e informan el estado en que se encuentra el proyecto en cualquier punto determinado de tiempo.

1. Las estimaciones de costo deben ser calculadas por medio de un proceso transparente –con **integridad**– y de existir incertidumbres las mismas deben ser explicadas en términos de uso corriente y de manera que sean entendidos fácilmente.
2. Las estimaciones de costo deben incluir todos los costos que se necesitan para terminar el diseño, la mitigación ambiental, la construcción y la gestión del proyecto – **calidad de completo**.
3. Las estimaciones de costo deben especificar claramente la manera como la inflación es tomada en cuenta –**dólares del año de desembolso**.

Estos criterios los emplea el ETC como puntos de referencia para realizar su examen de las estimaciones de costo preparados.

3.2.1 Estimación de Base del Cauce de Navegación

La ACP posee experiencia probada en lo que se refiere a proyectos de navegación y el diseño para este trabajo está próximo a terminarse (un trazado cercano al 100%). La estimación de navegación está sumamente detallada y muy bien documentada. Esta estimación se basa en datos históricos de una obra similar y queda claro que la ACP ha adquirido mucha experiencia recientemente en la construcción de obras similares. Los responsables de la estimación utilizaron datos sobre costo histórico y sostuvieron conversaciones externas con contratistas y consultores para verificar los costos del rubro de los trabajos.

Integridad: dos clases de suposiciones de la estimación son consideradas y documentadas en el material entregado al ETC: 1) suposiciones que son más generales en aquello que se aplica a la estimación de navegación en su totalidad, y 2) suposiciones pertinentes a rubros específicos de trabajo, tales como datos geotécnicos. Estas suposiciones fueron documentadas en grado superlativo en el informe de Análisis Técnico de la Propuesta sobre el Cauce de Navegación del Canal de Panamá para los Pospanamax, y hay más información en la "Presentación del Programa de Dragado".
Se ha calculado la distribución de las cantidades de material según el género y se han investigado las ubicaciones de sitios para desechos potenciales y que están a disposición. Los ajustes a los costos, con base en el género de trabajo y equipo, están documentados claramente y pueden ser monitoreados.

La metodología utilizada responde a las normas en cuanto a práctica para trabajos de naturaleza similar.

Calidad de Completo: Los cálculos de costos directos están muy detallados y completos por razón de la vasta experiencia de la ACP en trabajos de este género. Los costos indirectos en concepto de excavación y dragado por parte de la ACP se han estimado en 20% y 15%, respectivamente. Estos costos fueron verificados contra los costos reales recogidos a la fecha para un proyecto similar. Los costos indirectos para el proyecto de navegación en cuanto a mitigación ambiental, diseño y administración del proyecto, son aproximadamente de 3% para cada uno. Hay igualmente costos adicionales relacionados con medios auxiliares en la navegación, apoyo para la eliminación de desechos, preparación del sitio y en topografía, todo ello incluido en los cálculos indirectos. En total, los costos indirectos representan alrededor de 14% a 15% de los costos totales en concepto de excavación y dragado. A pesar de que estos porcentajes son inferiores a los porcentajes usados en la estimación de costos del proyecto, la ACP decidió conservar en la estimación del proyecto los porcentajes de 20% y 15% en concepto de costos indirectos correspondientes a excavación y dragado, respectivamente.

La ACP anticipa que los contratistas externos realizarán alrededor de 50% del trabajo de dragado, para lo cual se esperaría que la ACP mantenga una fiscalización del proyecto y brinde algún apoyo al mismo, lo cual ha de ser principalmente en la persona de un especialista en gestión de contratos y con personal para pilotaje marítimo, junto con personal auxiliar. Estos costos indirectos de apoyo y gestión del proyecto se han estimado aproximadamente en $0.90 por metro cúbico de dragado para la entrada del Atlántico. Este costo por unidad se sustentó en costos de apoyo de la ACP de aproximadamente $0.85 por metro cúbico por dragado por contrato realizado en la entrada del Atlántico durante junio del 2005. Se espera que los costos correspondientes a la entrada del Pacífico serán mucho más elevados, por el orden de $2.00 por metro cúbico.

Para el trabajo de dragado y excavación que realice directamente la ACP, los costos en concepto de gastos generales están incluidos en los costos por unidad para cada una de las divisiones correspondientes que estarán realizando el trabajo. Por ejemplo, la División de Dragado utiliza una tarifa indirecta de 11% para gastos generales por servicios de la división / personal, la cual es incorporada directamente en los costos pertinentes por unidad. El ET expresó que 11% incluye el costo en concepto de prestaciones, horas extraordinarias y diferencias en turnos rotativos.

Dólares del año de desembolso: El costo total estimado, que representa el costo directo más los gastos generales, es aumentado a una tasa inflacionaria de 2% hasta la fecha programada en la que debe haberse concluido la mitad de la construcción. Esta tasa inflacionaria fue suministrada al ET por el Departamento de Finanzas de la ACP.

3.2.2 Estimación Base del Cauce de Acceso del Pacífico

Correspondió al Equipo de Estimación de Costos preparar la estimación del cauce de acceso del Pacífico. La estimación se ha elaborado utilizando el método detallado apoyado por cálculos de productividad del equipo. Este trabajo consiste en gran parte de excavación convencional con frentes múltiples – excavación masiva – y la manera más económica de realizarlo es utilizando equipo para minería de grandes dimensiones. El trabajo incluye además, la construcción de una presa con relleno rocoso y centro de arcilla de 2.4 millones de metros cúbicos. El nivel de detalle de la estimación del costo empleado en esta etapa de desarrollo del proyecto sobrepasa considerablemente la práctica usual para estimaciones tanto de costo directo como de gastos generales. Sin embargo, con excepción de la presa de relleno rocoso, puede observarse que el diseño para esta parte del proyecto de la Tercera Vía en su totalidad está bastante avanzado, de manera que, utilizar el método detallado va a ofrecer una estimación mucho más exacta.

Integridad: El programa HeavyBid, que consiste en un producto comercial para la elaboración de estimaciones de Heavy Construction Systems Specialists, Inc. (HCSS) se utilizó para elaborar esta estimación. Grandes firmas de ingeniería y contratistas han usado este programa para elaborar estimaciones multimillonarias para otros proyectos. Hay a disposición documentación de apoyo, presentada en su mayoría en formato de hojas de cálculo Excel, las cuales indican claramente la manera como se calcularon las diferentes producciones de la flota de equipo y cuál de ellas contiene las suposiciones que apoyan los cálculos de producción. Estos cálculos y documentación de respaldo proporcionan un registro sobre la manera como la estimación fue elaborada, registro este que puede ser monitoreado. El desarrollo de la estimación mediante el método detallado, utilizando el programa HeavyBid, es compatible con las prácticas de óptima calidad de la industria y que por lo general se encuentran solamente en organizaciones de contratación de gran magnitud.

Calidad de Completo: Los costos directos para las actividades separadas de construcción son presentados con extraordinario detalle y la estimación incluye todos los rubros normalmente tomados en cuenta en una obra. Para la mayoría de las actividades de construcción, los costos variables se calcularon de manera detallada y se sustentaron en producciones del personal y del equipo por hora que se requiere para tener la actividad completa (por ejemplo, toneladas por hora). Se ha considerado una hora de 50 minutos como factor de eficiencia que es aplicado a las producciones máximas calculadas del personal y del equipo en conjunto, de manera que la productividad se reduce a un nivel de 83%. La estimación calcula e incluye los costos indirectos del contratista, tanto fijos como variables. Como los costos variables fueron calculados de acuerdo con el tiempo de duración de las actividades, la estimación está vinculada directamente a las cantidades asignadas y controla la duración de los programas de trabajo.

Además de los costos indirectos del contratista, se ha agregado un porcentaje adicional de 13.5% a la estimación del proyecto en concepto de costos indirectos anticipados del propietario. Los costos indirectos del propietario constan de lo siguiente:

- Costos de diseño, representando el 5% de los costos de construcción
- Costos administrativos de la ACP, representando el 3% de los costos de construcción
- Costos por gestión de construcción, representando el 5.5% de los costos de construcción.

Estos porcentajes se sustentaron en datos históricos procedentes de proyectos civiles similares de gran escala realizados internacionalmente. Los miembros del ETC han examinado los costos indirectos en dólares de dos proyectos importantes y recientes realizados en Estados Unidos (cada uno de ellos con un costo total que sobrepasaba ampliamente los mil millones de dólares). Los costos indirectos para estos proyectos oscilaban entre 18 y 20% del costo directo del proyecto, pero es difícil hacer comparaciones directas ya que no hay una estructura uniforme para determinar los gastos que se clasifican como indirectos. El ETC es de la opinión que una razón importante para que se tenga un monto inferior en concepto de costo indirecto del propietario en la estimación del Plan Maestro para la Tercera Vía de Esclusas pueda deberse al monto sustancial de apoyo que la ACP brinda al proyecto, que posiblemente no es considerado como un cargo directo del proyecto. Los dos proyectos externos recientes que el ETC mencionó con anterioridad estaban separados de las operaciones de las instituciones ejecutoras de manera más clara, y por tanto podían aislar los costos de apoyo del propietario con más precisión. El ETC ha conocido instituciones que usan la metodología detallada para preparar las estimaciones de estos costos en lugar de emplear valores históricos porcentuales.

Se ha agregado 10% en concepto de utilidad del contratista al costo total estimado para cargos directos e indirectos del proyecto, y por último se agregó una asignación de 20% en concepto de cambios en el diseño para llegar al costo total estimado antes de la inflación. Es necesario agregar un 10% en concepto de utilidad del contratista cuando el costo se calcula de manera detallada con base en jornadas de acuerdo al mercado y en gastos de operación y propiedad de equipo. La asignación de 20% en concepto de cambios en el diseño como queda explicado anteriormente constituye en esencia una reserva de fondos para los elementos adicionales de diseño que se espera. Ambas son asignaciones aceptables en este contexto.
La estimación es completa y ha sido preparada minuciosamente.

Dólares del año de desembolso: El costo total de la estimación (costos directos, gastos generales, utilidades y contingencias de diseño) es aumentado a una tasa inflacionaria de 2% hasta la fecha programada en la que debe haberse concluido la mitad de la construcción. Esta tasa inflacionaria fue suministrada al ET por el Departamento de Finanzas de la ACP.

3.2.3 Estimación Base para las Esclusas del Atlántico y del Pacífico

La responsabilidad de preparar la estimación de costos de construcción de las esclusas del Atlántico y del Pacífico correspondió al Equipo de Estimación de Costos. El avance del diseño de ambas esclusas está por debajo del 30% y aún existen muchos aspectos de diseño que deben ser solucionados. Se trata principalmente de aspectos de ingeniería que tienen que ver con las tres tinas de reutilización de agua y la configuración del sistema hídrico para llenar las esclusas. Las cantidades usadas provienen de los dibujos actuales, las cuales han sido confirmadas en una revisión realizada por Clair H. Murdock, quien ha manifestado que las "cantidades de concreto parecen convenientes." A medida que el diseño se va perfeccionando, se necesitará revisar estas cantidades y modificarlas para que reflejen el diseño final de la esclusa.

La estimación se elaboró utilizando el método detallado y está apoyado por cálculos de productividad de las cuadrillas. La mayor parte del trabajo consiste en producción masiva de agregado para concreto, sistemas de formaletas y producción, transporte, colocación y curado del concreto.

Integridad: La metodología de estimación es sumamente sólida y detallada para un trabajo que aún no ha sido definido plenamente. Al igual que en el trabajo del cauce de acceso del Pacífico, se utilizó el programa HeavyBid para elaborar la estimación de costos. Se incluye documentación de apoyo, en la que predominan las hojas de cálculo en formato de Excel. La documentación indica de qué manera se

calcularon las productividades de las cuadrillas y describe las suposiciones sobre las que se apoyan dichos cálculos. Tanto los cálculos como la documentación de respaldo ofrecen un registro de cómo fue elaborado la estimación; este registro puede ser monitoreado. La preparación de la estimación utilizando el método detallado y el programa HeavyBid es compatible con las prácticas de óptima calidad de la industria, y que por lo general se encuentran solamente en organizaciones de contratación de gran magnitud.

Calidad de completo: La misma metodología para elaborar estimaciones es la utilizada para el cauce de acceso del Pacífico y para porciones de las esclusas del proyecto. Para las actividades de construcción relacionadas con concreto y excavación, los costos variables se calcularon de forma detallada y se basaron en producciones del personal y del equipo por hora (por ejemplo, metros cúbicos por hora) que se requieren para que la actividad quede completa. Se tuvo acceso a las capacidades prácticas del equipo en relación con las condiciones de trabajo para elaborar las tasas de producción de las cuadrillas, luego una hora de 50 minutos como factor de eficiencia que es aplicado a las producciones calculadas del personal y equipo en conjunto, de manera que la productividad se reduce a un nivel de 83%. El ETC no considera la hora de 50 minutos como una contingencia, sino como una expectativa de eficiencia en producción que se basa en datos históricos de trabajos similares.

Los costos directos para actividades de construcción por separado, y en este caso se trata principalmente de rubros de trabajos de concreto, son presentados con mucho detalle y todos los rubros de trabajo que normalmente se esperan, están incluidos en la estimación. El trabajo de electromecánica inserto en la estimación de la esclusa es considerado como trabajo asignado por subcontrato y el costo estimado consistió en información de precios de la industria y no una estimación detallada que se sustente en actividades de trabajo separadas o cálculos de productividades. El costo para esta porción del trabajo representa 17% del costo directo total de las esclusas e incluye un monto para contingencias igual al 19% de su costo total. Tal como está indicado en la sección 3.1.3, este rubro es considerado como una asignación para elementos adicionales del proyecto que, se espera, serán agregados a medida que el diseño evoluciona. Los costos indirectos del contratista, tanto fijos como variables, se calcularon e incluyeron en la estimación. Como los costos variables fueron calculados de acuerdo al tiempo de duración de las actividades, la estimación está vinculada directamente a las cantidades asignadas y controla la duración de los programas de trabajo.

Al igual que en el caso de los cauces de acceso, se ha agregado el mismo porcentaje de 13.5% a la estimación del proyecto para incorporar costos indirectos anticipados del propietario, como también una utilidad de 10% para el contratista (este aspecto fue manejado ligeramente diferente en el caso de los rubros por subcontrato) y por último se agregó una asignación de 20% en concepto de cambios en el diseño para llegar al costo total estimado antes de la inflación.

La estimación es completa y ha sido preparada con mucho más detalle del que pudiera detectarse en la mayoría de los proyectos que están en esta etapa de preparación.

Dólares del año de desembolso: El costo total de la estimación, que incluye costos directos y gastos generales, es aumentado a una tasa inflacionaria de 2% hasta la fecha programada en la que debe haberse concluido la mitad de la construcción. Esta tasa inflacionaria fue suministrada al ET por el Departamento de Finanzas de la ACP.

3.3 PREPARE EL PROGRAMA DE TRABAJO BASE

Los programas de trabajo actúan a manera de recursos vitales en las decisiones importantes del proyecto, establecen los métricos contra los cuales se mide el éxito del proyecto, e informan del estado en que se encuentra el proyecto en cualquier punto determinado de tiempo. Los programas de trabajo se deben

integrar a los costos con el uso de datos e información que provienen de las estimaciones del proyecto. Los programas de trabajo tanto del cauce de navegación como de la vía de acceso de las esclusas del Atlántico y del Pacífico reflejan el mismo nivel de detalle y son coherentes con las estimaciones de costos que corresponden a cada uno de ellos. Ambos programas de trabajo están fusionados directamente con sus respectivas estimaciones y utilizan datos de la estimación como apoyo para definir actividades y el tiempo de duración de estas actividades.

3.3.1 Programa de Trabajo Base para el Cauce de Navegación

La ACP posee experiencia comprobada referente a proyectos de navegación similares, sabe la clase de equipo que se necesita para realizar este trabajo, cuenta con datos históricos concernientes a las tasas características de producción que pueden obtenerse con el uso de ese equipo y conoce plenamente las secuencias lógicas de excavación seca y del trabajo de dragado. El Departamento de Ingeniería y Proyectos de la ACP posee datos históricos y experiencia de óptimo nivel. No cabe duda que la ACP utilizó datos de estimación relacionados con equipo de gran escala y tasas de producción para preparar su programa de trabajo. Las suposiciones de más importancia que se relacionan con el programa de trabajo, como está contenido en el informe (Análisis Técnico del 2005), anotan géneros de equipo, parte de equipo suministrado por contratistas externos, uso de equipo de la ACP en el que se incluye una nueva draga de succión trituradora de roca, y ajustes a las tasas de producción para cubrir tiempo improductivo durante el año. Se incluye como tiempo improductivo el requerido para el mantenimiento preventivo, reparaciones de urgencia, mantenimiento de dragado y relevo de cuadrillas. Todas estas suposiciones demuestran ser sensatas y justificables.

Las actividades incluidas en el programa de trabajo están agrupadas por ubicación y por género de trabajo. La lógica que relaciona a estas actividades se basa principalmente en el uso eficiente del equipo. La estimación de costo incluía costo total y las tasas totales de producción según el género de equipo. Sin embargo, para efectos del programa de trabajo, cada género de equipo es asignado conforme a las diferentes actividades que reciben el apoyo de ese equipo en particular. Se rinden estimaciones de las tasas de producción de acuerdo con cada actividad determinada pero son objeto de ajuste con base en el género de trabajo y las suposiciones respecto al programa de trabajo tal como queda señalado anteriormente. Se elaboraron estimaciones para tiempos de duración, basadas en cantidades de materiales para cada actividad particular. Se asignan igualmente costos por unidad a cada actividad, y en el caso de combinarse con tasas de producción y tiempos de duración, se incluye un costo estimado para cada actividad en el programa de trabajo. Los tiempos de duración, costos y volúmenes de material están reflejados en el Diagrama de Gantt. Todos los costos son resumidos y revisados contra totales de costos de estimación. De esta manera, el programa de trabajo es controlado por los recursos disponibles. Esta característica del programa de trabajo brinda apoyo al desarrollo de información sobre capital circulante. El programa de trabajo señala hitos importantes. Se indica igualmente las relaciones lógicas entre las actividades. Este método es excelente en la elaboración del programa de trabajo; sin embargo, al examinar el progreso de las actividades en el programa de trabajo, es evidente la escasez de tiempo libre dentro de las cadenas de actividades. El ETC recomendaría que se realice una revisión a fondo de la lógica del programa de trabajo y de la secuencia de las actividades debido a la escasez actual de tiempo libre en el programa de trabajo.

La metodología utilizada para elaborar el programa de trabajo cumple con las normas de procedimiento que son observadas en otras industrias para la planificación y programación de trabajo de proyectos complejos.

3.3.2 Programa de Trabajo Base para la Vía de Acceso del Pacífico y de las Esclusas del Atlántico y del Pacífico

La elaboración del programa de trabajo para la vía de acceso del Pacífico y de las esclusas del Atlántico y del Pacífico es responsabilidad del Equipo de Estimación de Costos. Todo este trabajo está indicado en un programa de trabajo único. Para construir parte de las esclusas del Atlántico y del Pacífico de acuerdo al programa de trabajo, el ET utilizó datos de estimaciones obtenidas que se relacionan con cada una de las actividades, incluidas las cuadrillas y las tasas asociadas de producción para las cuadrillas.

Las actividades de la vía de acceso del Pacífico están definidas en seis contratos, a razón de una actividad por contrato. Los contratos 1, 2 y 3 se llevan a cabo al mismo tiempo. El contrato 4 comienza después de terminarse el contrato 3. De igual manera sigue el contrato 5, al concluir el contrato 1, y el contrato 6 arranca una vez termine el contrato 2. Las duraciones relativas para estas seis actividades van acordes con el volumen de material que se va eliminando. El volumen de materiales que corresponde a cada contrato está relacionado directamente con la estimación. Además, en la presentación, "Estimación de Costo y Programa de Trabajo de las Esclusas para los Pospanamax y de la Vía de Acceso del Pacífico", se ofrece una vista del plano de la ubicación de los seis contratos. La secuencia de los seis contratos parece ser sensata y se basa en la ubicación y longitud de la excavación que corresponde a cada contrato de acuerdo con la vista del plano. No hay más información a disposición respecto a suposiciones vinculadas con este componente que tenga que ver con el programa de trabajo en su totalidad. No obstante, el ETC tiene conocimiento, por las presentaciones realizadas durante reuniones celebradas en Sacramento y Seattle, del tema de acumulación de material que ha de ser triturado y utilizado posteriormente como agregado de concreto.

Las porciones del programa de trabajo que corresponden a las esclusas del Atlántico y del Pacífico abarcan actividades laborales relacionadas con movilización / comprobación, diseño detallado, excavación, concreto reforzado, concreto rolado compactado, compuertas y válvulas. La construcción de la esclusa del Atlántico empieza aproximadamente cuatro meses antes de la construcción de la esclusa del Pacífico. El programa de trabajo se centra principalmente en la construcción de los cuatro nichos de las compuertas y de las tres cámaras de esclusas con sus respectivas tinas de reutilización de agua. El programa de trabajo concerniente a esta parte del proyecto se basa en doce actividades para las cuales las cuadrillas y las tasas de producción provienen de la estimación de costos. La duración de las actividades se fundamenta en esta información y en las cantidades estimadas de materiales. La secuencia de construcción es planificada cuidadosamente aprovechándose de los conocimientos y la experiencia en materia de construcción con que cuentan el personal del Equipo de Estimación de Costos y otros consultores. Se proyectan esmeradamente el número y tamaño de las colocaciones de concreto, con base en dibujos esquemáticos y simulaciones de secuencias de actividades en cuanto a la construcción de los nichos de las compuertas que fueron elaborados por el ET. Se utilizan los dibujos esquemáticos para programar el movimiento de camiones hacia y desde las áreas de trabajo planificadas. Se utilizan diagramas de velocidad y programación lineal para mostrar el progreso del trabajo sustentado en cuadrillas y producción durante el transcurso de cada actividad. Los resultados de este análisis son utilizados para elaborar desde un marco lógico, la parte del programa de trabajo asignado a los nichos de las compuertas, cámaras y tinas de las esclusas. Esta parte del programa incluye la mayoría del trabajo distribuido en los segmentos del proyecto dedicados a las esclusas del Atlántico y del Pacífico. El trabajo electromecánico, a saber, la instalación de compuertas y válvulas, se realiza cuando está próxima la conclusión de los nichos y cámaras de las esclusas. La adquisición de los materiales electromecánicos requiere un plazo de entrega prolongado, como está indicado en una actividad dedicada a la entrega de estos materiales.

El programa de trabajo presenta relaciones razonables y lógicas entre actividades e hitos importantes. El nivel de detalle es acorde con el método de estimación detallada y con el nivel de detalle contenido en la estimación de costos. Sin embargo, con excepción de aquellas vinculadas a las tasas estimadas de producción, son pocas las suposiciones documentadas en la información recibida hasta la fecha. Además, el programa de trabajo asigna poca holgura en las actividades, y por ende representa un área de riesgo preocupante desde el punto de vista del ETC. Por tanto, el ETC recomendaría que se realice una revisión a fondo de la lógica del programa de trabajo y de la secuencia de las actividades debido a la escasez actual holgura del programa de trabajo.

El comienzo de la construcción depende de la terminación oportuna de muchas actividades de preconstrucción. Esta parte del programa no fue objeto de revisión.

La metodología utilizada para elaborar el programa de trabajo cumple con las normas de procedimiento que son observadas en otras industrias para la planificación y programación de trabajo de proyectos complejos. El nivel de detalle es congruente con la información de la estimación que ha servido para calcular la duración de las actividades. No obstante, durante la evaluación de riesgos, se debe prestar atención particular a las áreas de disponibilidad de destrezas específicas, el grado de habilidades y acceso al lugar de trabajo en relación con las tasas de producción.

3.4 REALICE UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y DETERMINE CONTINGENCIAS

Contar con una base prudente y razonada para la asignación de contingencias a la estimación constituye un componente sumamente importante en la elaboración de la estimación de costos del proyecto. El más sencillo de los puntos de partida consiste en ubicar en un mapa el nivel hasta el cual se haya completado el diseño de acuerdo con un patrón histórico para proyectos similares. Un nivel de diseño *conceptual* para proyectos clásicos concernientes al recurso hídrico y transporte seguramente equivaldría a una contingencia de 20% a 25% o posiblemente más. Como lo ilustra el Paso 4 en la Gráfica 3, la definición directa de riesgos potenciales y sus impactos evaluados también pueden ser utilizados para establecer una contingencia en el costo del proyecto para efectos de incluirlo en la estimación. El componente de contingencias de una estimación es valioso ya que sirve para resaltar las variaciones potenciales en costo o bien en el programa de trabajo; la definición explícita y evaluación de riesgo son particularmente valiosas porque permiten a la gerencia emprender la iniciativa de gestionar y mitigar estos riesgos en beneficio del proyecto. Esta sección enfoca el estado actual del análisis de riesgo y la incorporación de contingencias a las estimaciones y programas de trabajo del Proyecto de la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá.

En primer lugar y lo que es más importante, el Proyecto de la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá no es común; su tamaño, exclusividad funcional, ubicación y tecnología, todo junto, lo hacen único en su especie. De allí que el uso de una contingencia porcentual todo en uno de digamos 30% brindaría poco apoyo o confiabilidad. Este proyecto requiere de una atención manifiesta que enfoque los riesgos de construcción a los que se expone. Este aspecto podría incluir aquellos rubros que tienen que ver con disponibilidad de recursos, productividad de las cuadrillas, impactos de las condiciones atmosféricas inhabituales, modificaciones de las esclusas en cuanto a tecnología, o variaciones de cantidades de roca. Esta revisión determinará en qué partes se han aplicado las contingencias y qué relación tienen con riesgos que son percibidos.

La conclusión inicial que se desprende de la revisión del ETC respecto a riesgo y contingencia es que a la fecha, tan solo un monto limitado de contingencia para riesgo se ha incorporado a la estimación del proyecto. Dos factores básicos parecen contribuir a esta situación. En primer lugar, como se dijo en una sección anterior, la estimación del Plan Maestro para la Tercera Vía de Esclusas del Canal de Panamá no

se ha fijado aún como una estimación base, porque esa parte de la evaluación de riesgo que va en la referencia ha quedado rezagada en lo que a la estimación de costos se refiere. En segundo lugar, tal como se indicó anteriormente, la elaboración de una estimación detallada está rindiendo detalles que pueden ser interpretados equivocadamente con un sentido falso de veracidad. Esta sección termina con recomendaciones dirigidas al proyecto que favorecen el avance de la planificación de riesgos.

3.4.1 Contingencias en las Estimaciones

Las Esclusas del Atlántico y del Pacífico y el Cauce de Acceso del Pacífico: Las estimaciones preparadas por el Equipo de Estimación de Costos para ambas esclusas y para el cauce de acceso del Pacífico son extraordinariamente minuciosas para un proyecto que está en la etapa de diseño actual. Son varios los casos en los que detalles del proceso de construcción y métodos para la adjudicación de contratos van más allá de la situación del diseño para apoyar los mismos. La elaboración de esta clase de estimaciones detalladas requiere la planificación de métodos y logísticas de construcción; por ejemplo, la secuencia de excavación en la sección del Pacífico se utiliza para establecer una fuente de agregado para otras porciones del proyecto.

Los dos proyectos de esclusas incluyen una contingencia notable de 20% para el diseño. Tal como se describe en la sección 3.1.3, este rubro es considerado como una asignación para elementos adicionales del proyecto que se espera serán agregados a medida que el diseño evoluciona. Esto es un reconocimiento evidente del estado actual del diseño. Debe entenderse que los cambios en el diseño, incluyendo las posibles variaciones en material y en los volúmenes de excavación, están cubiertos por esta asignación. Otras variaciones tales como precios por unidad debido a cambios en el mercado o impactos por demora, no están incluidos en este rubro y deben ser considerados durante el análisis de riesgo del proyecto y determinación de la contingencia del proyecto.

La estimación sí reconoce que un elemento integral del diseño – el sistema de llenando y vaciado – aún no ha sido plenamente solucionado. Como ya se ha indicado en la revisión de la estimación, se cuenta con una asignación módica del orden de 3%, para el asunto abierto a discusión, de la decisión final del diseño hidráulico; esta asignación debe considerarse como una reserva para costos del sistema que puedan generarse, en lugar de una contingencia verdadera que refleje riesgo.

Un aspecto esencial al utilizar el método detallado consiste en que este método requiere la elaboración de un plan de producción y la formación de cuadrillas con equipo para que realicen actividades de trabajo. Cada cuadrilla, como unidad, debe contar con una tasa de productividad e incluir una disposición que informe por cuántos minutos de cada hora la cuadrilla es productiva. Tanto la ingeniera Briceño-Hinojosa como la ingeniera Chin, se pronunciaron muy confiadas en los valores de productividad. Se basaron en una larga historia del Canal en trabajos análogos con equipo y métodos acreditados en geología similar para rendir los valores de productividad. La hora de 50 minutos se sustentó similarmente en registros locales. Estas estimaciones, por consiguiente, son parecidamente muy razonables desde el punto de vista de la expectativa. Nuevamente, sin embargo, debe observarse que ninguno de las estimaciones incluye contingencia ni amortiguamiento alguno para tales variaciones potenciales detalladas, tales como condiciones cambiantes del mercado o circunstancias imprevistas.

Cauce de Navegación: El trazado del cauce de navegación se considera terminado en un 100%. El ETC considera que existe un alto grado de adelanto en el diseño en vista de la historia de trabajos similares que la ACP ha venido realizando continuamente. La mitad del trabajo de dragado en el cauce de navegación se realizará con mano de obra propia y una flota interna de equipo de dragado. Por razón de haber creído que el diseño está terminado, la estimación no incluye un componente de contingencia para el diseño, como sí ocurre en el caso en las esclusas del Atlántico y del Pacífico y el cauce de acceso del Pacífico.

La porción de la estimación dedicada a la excavación asigna una cantidad modesta de contingencia. La excavación "seca" incluye una contingencia explícita de 8.5% en la tarifa por unidad; esto parece significar el reconocimiento de que se espera emplear contratistas externos para la excavación seca. Es posible que esta pequeña contingencia se incluya para explicar variaciones en productividades o en la disponibilidad de recursos. La excavación "húmeda", que será responsabilidad de la fuerza laboral de la ACP, no incluye una contingencia específica. Otras investigaciones indican, sin embargo, que una contingencia modesta de hasta 3% puede incluirse implícitamente tanto en las tarifas por unidad en excavación húmeda como seca. Esto se produce al incrementar los montos indirectos de 20% (para excavación seca) y 15% (para excavación húmeda) con el uso de componentes de los costos indirectos. La discrepancia de aproximadamente 3% en cada instancia puede considerarse como una contingencia implícita. De esta manera, el ETC percibe contingencias estimadas para excavación seca y húmeda de 11.5% y 3%, respectivamente. Luego de haberse reunido con el ETC en los primeros días de septiembre, el Equipo de Estimación de Costos ha efectuado una revisión de las cifras y manifiesta que los porcentajes reales de contingencia son de 8.5% para la excavación seca y 5% para la excavación húmeda. Como se ha mencionado anteriormente, sería preferible el método de quitar las contingencias de estos elementos del costo para definir un costo base y luego analizar sus variaciones potenciales asociadas como parte de un análisis de riesgo.

Los pequeños porcentajes de contingencia para el cauce de navegación guardan una relación estrecha con las suposiciones de la ACP. Además de la base de un trazado de 100%, la ACP supuso que la disponibilidad de la draga sería muy alta, incluyendo la disponibilidad del equipo nuevo ya pedido o de aquellos por pedir. Aunque se suministró un plan de apoyo al equipo de dragado, eso no modificó las contingencias estimadas. El plan de apoyo parece ofrecer recursos suficientes para eliminar el riesgo de falta de disponibilidad del equipo de dragado o de estar fuera de servicio por averías. La ACP también supuso poner en marcha el trabajo en el cauce de navegación con más antelación para no perjudicar el trabajo en las dos esclusas ni en la vía de acceso del Pacífico. Estas contingencias, tomadas en conjunto parecen ser suficientes en vista de las circunstancias. Nuevamente, hubiera sido preferible quitar estas contingencias de la estimación de costos para luego evaluar sus impactos dentro de un análisis de riesgos.

3.4.2 Contingencias en los Programas de Trabajo

Tal como queda indicado en la sección 3.3 anterior, el detalle del programa de trabajo parece ser congruente con el nivel detallado de las estimaciones de costos. Al igual que en las estimaciones, existe el peligro de aplicar una precisión mayor de la que es adecuada para un diseño conceptual. Este problema se amplía al utilizar tasas de productividad en la estimación para calcular la duración de las actividades en el programa de trabajo. A pesar del extremado razonamiento minucioso en cuanto a lógica y detalle, las duraciones correspondientes muy bien podrían volverse más variables de lo que se supuso. Los programas de trabajo no demuestran que se tenga mucha contingencia susceptible de definirse, surgida ya sea por lógica o de las duraciones. A pesar de ser posible la elaboración un programa determinativo para el Plan Maestro, las variaciones probables en las duraciones de las actividades, combinadas con un margen de holgura muy escaso en la actividad, puede significar que el programa en su totalidad puede ser particularmente sensible a estos factores de riesgo. La evaluación de riesgos, por tanto, debe considerar cuidadosamente las variaciones potenciales del programa de trabajo y los costos asociados con tales variaciones.

Al igual que las estimaciones de costos, los programas de trabajo no parecen tener presente factores del mercado o interacciones y disponibilidad de recursos. Cuando las secciones del proyecto han alcanzado al mismo tiempo una superposición máxima en términos de actividad de la construcción, la falta de mano de obra calificada disponible y otros recursos cruciales pueden comenzar a producir influencias

interactivas perjudiciales. La ACP ha reconocido el hecho de que la fuerza laboral pudiera constituir un problema y el Departamento de Recursos Humanos está trabajando para mitigar el riesgo. En el aspecto positivo, sí se observa que la ACP ha prestado mucha atención a programar para que disminuya la dependencia que cada uno de los proyectos tiene uno del otro. Este criterio incluye poner en marcha el cauce de navegación lo más pronto posible después de que se celebre el referéndum con resultados positivos.

3.4.3 Contingencias del Modelo de Riesgos Financieros

El alcance de esta revisión no incluyó examinar el Modelo de Riesgos Financieros que prepararon AON y la ACP. Aun así, cabe mencionar algunas de las relaciones potenciales entre el Modelo Financiero y las estimaciones y programas de trabajo referentes a la construcción. Para sustentar convenientemente la toma de decisiones por parte de la Junta Directiva, es indispensable que el Modelo Financiero tenga capacidad para pronosticar factores como valor neto actual, año de ejecución, deuda máxima e inversión total; estos resultados deberían de incluir también sus distribuciones potenciales de probabilidades. Los costos totales de construcción así como la duración de la misma constituyen información fundamental para el modelo de negocios. Esto debería incluir posibles variaciones de costos y programas de trabajo con el propósito de pronosticar acertadamente los criterios respecto a decisiones y sus posibles distribuciones.

Por el contrario, el Modelo de Riesgos Financieros puede influir en el rendimiento de la construcción si se espera una aceleración o una demora debido a motivos financieros. Igualmente, factores de financiación o de deuda pueden tener un efecto en la programación de actividades específicas de construcción, o hasta pueden afectar las tasas bursátiles aplicadas a recursos del proyecto. La tarea esencial que se necesita para fusionar la estimación de costos y el modelo de riesgos en una estimación base que consiste en concluir el modelo de riesgos, integrándolo a su vez a la estimación de los costos de ingeniería.

3.4.4 Planificación y Evaluación de Riesgos del Proyecto

La conclusión primordial que se desprende de la revisión de la estimación y del programa de trabajo para las esclusas del Atlántico y del Pacífico y la vía de acceso del Pacífico consiste en que es mínimo el margen reservado tanto en la estimación como en el programa de trabajo en concepto de riesgos no derivados del diseño y contingencia. En los casos en que se incluyen contingencias, se hace en el sentido de considerar factores causales muy específicos tales como variación potencial en cuanto a cantidad. Tratar los riesgos con más rigor y de manera más completa permite una estimación más razonable de la contingencia del proyecto y sirve de base para lograr estrategias en la gestión de riesgos durante la construcción. Concluir la evaluación de riesgos e integrarla a la estimación de costos deja este problema resuelto.

Por otra parte, el cauce de navegación tiene un diseño mucho más adelantado y con menos incertidumbre respecto a los factores de productividad y recursos. La planificación de riesgos en el cauce de navegación también sería de utilidad, pero no es tan crítica, ya que es menos probable que cambie significativamente el costo o programa de trabajo del proyecto en todo su conjunto. Cabe agregar, que las contingencias incluidas en la estimación del cauce de navegación pueden ser consideradas como razonables y acorde con los principales factores a los que se expone. Sin embargo, ante la necesidad de llevar a cabo toda una planificación para la gestión de riesgos en las esclusas del Atlántico y del Pacífico y el cauce de navegación del Pacífico, el ETC recomienda que la ACP incluya igualmente el cauce de navegación en esta evaluación.

La gestión formal de riesgos de un proyecto generalmente incluye los seis pasos siguientes (Administración de Riesgos del Proyecto, 2000):

- Planificación de la administración de riesgos
- Definición de riesgos
- Análisis cualitativo de riesgos
- Análisis cuantitativo de riesgos
- Planificación de medidas para riesgos
- Monitoreo y control de riesgos.

A la fecha de redactarse este informe, el ETC no había tenido la oportunidad de examinar el trabajo de evaluación de riesgos que la ACP adelanta, de manera que esta presentación es necesariamente genérica. Sin embargo, su intención es ofrecer una guía útil a los miembros del equipo de proyectos que tienen que ver con la administración de riesgos.

Con el propósito de brindar apoyo al proceso de establecer contingencias en la estimación y en el programa de trabajo de estos proyectos, se recomienda que la ACP se concentre en los *pasos sobre definición de riesgos y análisis cuantitativo de riesgos* del proceso.

La elaboración de un plan de riesgos necesitará concentrarse más en riesgos potenciales. **La tabla 7 es una modificación de la lista de verificación sobre riesgos básicos para la Administración de Proyectos de Body of Knowledge.** Listas como esta u otras parecidas a menudo sirven de punto de partida para la definición de riesgos específicos de proyectos. En esta lista de verificación, los riesgos están clasificados de acuerdo con las categorías de técnicos, externos, ambientales, organizativos, de administración de proyecto y de construcción. No todos estos riesgos competen al proyecto, pero muchos de ellos sí le corresponden. Como punto de referencia, los riesgos que ya han sido considerados en las estimaciones y en los programas de trabajo por haberse incluido una contingencia, son **resaltados en negrita** en la tabla. Es evidente, por consiguiente, que hay muchos riesgos más que necesitan de mayor estudio y evaluación.

Tabla 7. Lista a Manera de Ejemplo de Verificación sobre Riesgos de Proyectos (Obtenida de *PMBOK*)

Riesgos Técnicos	Riesgos Externos
▶ **Diseño incompleto** ▶ Análisis ambiental incompleto o erróneo ▶ Problemas geotécnicos inesperados ▶ Peticiones de cambio debido a errores ▶ **Suposiciones inexactas sobre temas técnicos en la etapa de planificación** ▶ Materiales/Geotécnica/fundación equivocada ▶ Análisis del sitio para desechos está incompleto o equivocado ▶ **Necesidad de excepciones en el diseño** ▶ Diseño del consultor no se ciñe a las normas de calidad ▶ Aumenta el diseño de la esclusa y de las tinas de reutilización de agua	▶ Cambian las prioridades en el programa existente ▶ Cambios de financiación para el año fiscal ▶ Cambio en factores políticos ▶ Interesados solicitan cambios de último momento ▶ Conocimiento/apoyo del público ▶ Competencia en el mercado por materiales o equipo esenciales

Riesgos Ambientales	Riesgos Organizativos
▶ Permisos o diligencias ante instituciones demoran o toman más tiempo del esperado ▶ Más información requerida para autorizaciones o permisos ambientales ▶ Cambio en normas ambientales ▶ Cambios en normas sobre calidad del agua ▶ Carencia de personal especializado (biología, antropología, arqueología, etc.) ▶ Problemas de calidad del agua ▶ Presión para que se reduzca el programa ambiental	▶ Personal asignado sin experiencia ▶ Se pierde personal importante en un punto crucial del proyecto ▶ Tiempo insuficiente para planear ▶ "Burocracia" interna causa retraso en obtener aprobaciones, decisiones ▶ No se tienen unidades funcionales, rebasadas ▶ Falta de comprensión de los procedimientos complejos de la financiación interna ▶ Cambio de prioridades en el programa existente ▶ Contratos

Riesgos en la Administración del Proyecto	Riesgos de Construcción
▶ Propósito y necesidades del proyecto definidos de manera deficiente ▶ La definición del alcance del proyecto es deficiente o está incompleta ▶ Cantidad de trabajo no esperada por el gerente del proyecto ▶ No se lleva control de las prioridades del personal ▶ Retrasos de los consultores o contratistas ▶ Errores en estimaciones y/o programas de trabajo ▶ Trabajo no planificado que debe ser incorporado ▶ Desconectada la comunicación con el equipo del proyecto ▶ Presión por entregar el proyecto de acuerdo con un programa de trabajo adelantado ▶ Ausencia de apoyo de parte de la gerencia	▶ Estimaciones de tiempo de contratos son inexactos ▶ Estimaciones de productividad son inexactos ▶ **Fuerza laboral sin experiencia/personal insuficiente/disponibilidad de recursos** ▶ **Variaciones en cantidades**

Una vez que los riesgos más importantes son definidos, el análisis cuantitativo puede utilizarse para evaluar los impactos netos ocurridos a los programas de trabajo y al costo total. Un método clásico para este género de proyecto y datos a disposición es la simulación Monte Carlo. El formato de la hoja de cálculo de las estimaciones se presta con relativa facilidad a la simulación utilizando uno de los productos de programas diseñados para incorporarse a las hojas de cálculo, tales como Cristal Ball® o @Risk. Hay otros programas con estas características que se utilizan para simular riesgos de programas de trabajo. Luego se pueden obtener montos de contingencia utilizando un rango porcentual específico como base, por ejemplo, 80%. Seguidamente se pueden asociar contingencias separadas con factores individuales de riesgo, si así se desea, o bien definir una contingencia global para lograr un nivel de confiabilidad para el costo o programa de trabajo del proyecto, de nuevo utilizando el rango de 80%, para establecer la contingencia del proyecto.

Realizar un plan de riesgo detallado para un diseño conceptual, permite a la ACP concentrarse en las gestiones para eliminar, mitigar, manejar o asegurar los riesgos que son más perjudiciales. De esta manera, los riesgos más importantes pueden manejarse eficaz y eficientemente durante la construcción y ser monitoreados a medida que el proyecto avanza. El ETC tiene entendido que el método que se deja resumido es precisamente el que la ACP viene practicando.

3.4 Revisar la Estimación y el Programa de Trabajo

El presente informe del ETC constituye un examen externo independiente de los métodos utilizados para preparar las actuales estimaciones de los costos de construcción y de los programas de trabajo. En particular, el informe recoge un examen de la metodología y suposiciones que sirvieron de apoyo para la elaboración de las estimaciones y de los programas de trabajo. La revisión efectuada por el ETC cubre las tres partes del proyecto.

Las revisiones externas de la estimación y del programa de trabajo del proceso constituyen una forma de confirmar la calidad de la estimación. Otras formas de revisión para proyectos internacionales de construcción de gran escala incluyen revisiones de los cálculos y de los costos por unidad efectuadas por expertos internos y externos. El ETC pudo constatar estas otras formas de revisiones de estimaciones; sin embargo, se deben realizar más revisiones en áreas específicas a medida que el diseño va puliéndose.

3.5.1 Revisiones de Estimaciones del Cauce de Navegación

Los comentarios concernientes a la revisión de la estimación están basados principalmente en entrevistas sostenidas por el ETC con el ET y no en documentación formal suministrada al ETC. El Departamento de Ingeniería y Proyectos de la ACP está revisando actualmente las suposiciones de estimación y de contratación. El personal de ingeniería de la propia ACP está realizando esta revisión interna por expertos. Este proceso es un tanto informal en el sentido de que no surge por proceso periódico alguno, más bien es instituido a medida que surgen problemas de diseño. No se cuenta con un proceso formal documentado para la revisión de la estimación. El personal de la ACP es la opción por excelencia para la revisión interna por expertos por razón de su vasta experiencia y larga historia con el proyecto.

Las revisiones formales son realizadas generalmente con la participación de expertos de afuera. Aparte de esta revisión del ETC, la ACP ha llevado a cabo otras revisiones externas. Cuestionamientos sobre recursos de equipo y recursos de contratistas han dado lugar a peritajes del equipo nuevo de dragado y de la capacidad de contratistas. Específicamente *Great Lakes Dredging and Ogden Beeman*, una empresa consultora independiente de dragado, participó en talleres con la ACP en los que revisaron aspectos de la estimación.

A pesar de no habérsele presentado prueba formal de un proceso estructurado para revisiones internas o externas de la estimación y de los programas de trabajo, el ETC se siente satisfecho con los análisis sostenidos acerca de revisiones sucesivas. Una vez se establezca un punto de referencia para el proyecto, estas revisiones deben convertirse en un proceso formal estructurado que funciona a manera de herramienta importante que brinda apoyo en la gestión de costo y programa de trabajo.

El ET que elaboró la estimación debe dirigir su primera revisión. Se trata básicamente de una revisión tipo exploratoria para asegurar que la matemática está correcta, que el proceso está documentado, y que se elaboró de acuerdo con las normas de procedimiento de la institución.

Una revisión objetiva de la estimación puede lograrse con la participación de un grupo de terceros con experiencia perteneciente a la institución pero que no participó en la elaboración de la estimación. En el caso de proyectos grandes o complejos, la revisión se lleva a cabo normalmente con el equipo del proyecto y los peritos, de manera que aquellos encargados de la revisión pueden entender mejor el plan de ejecución, la base de la estimación y los desafíos del proyecto en función de alcance y fijación de precios. Una revisión por experto de esta naturaleza examina la estimación para cerciorarse de que está completo y correcto, que incluye, entre otros, lo siguiente:

- Revisar los cálculos matemáticos y comprobar que son correctos;
- Revisar transferencias de datos por omisiones o descuidos;
- Revisar que las cifras que representan trabajo (cantidades del rubro) concuerdan con los tiempos de duración del programa de trabajo para determinar que son correctos;
- Revisar los cálculos de los costos indirectos; y
- Examinar la estimación en busca de contingencias ocultas.

Los proyectos grandes y únicos en su género deben someter la estimación a revisión externa por profesionales calificados. El instrumento más imprescindible para revisar la estimación lo constituye el criterio; con él se definen errores, se detectan suposiciones incorrectas, y se determina en qué parte el proceso no ha identificado renglones esenciales en el control de costos. La manera más segura de realizar una revisión externa con éxito consiste en seleccionar un panel de revisores independientes que posean una experiencia en ingeniería tan vasta y variada como exige el proyecto, y proporcionarle a este panel tiempo y recursos suficientes para que realice una revisión acuciosa. Esta revisión puede tomar la forma de una auditoría solamente en aquellos rubros que son más cruciales, acompañándola de más revisión de necesitarse, en caso de detectarse problemas en la auditoría inicial.

3.4.2 *Revisión de la Estimación del Cauce de Acceso del Pacífico y el de las Esclusas del Atlántico y del Pacífico*

El diseño para las esclusas no está tan avanzado como el del cauce de navegación o de la vía de acceso del Pacífico. Por consiguiente, las estimaciones de las esclusas no han sido objeto de revisión en ese mismo grado. El Departamento de Ingeniería y Proyectos gestionó una revisión interna por parte de los expertos en la Estimación de Costos del Cauce de Acceso del Pacífico y de las Esclusas. La ACP puede ofrecer una revisión valiosa de la estimación de la vía de acceso del Pacífico, considerando el conocimiento que posee en la geología del sitio del proyecto y la pericia respecto a productividad de la fuerza laboral interna. Sin embargo, hay porciones de esta obra de las cuales tiene poca experiencia y esas deben ser sometidas a una revisión externa. El ETC está satisfecho con el nivel de revisión externa aplicada a cantidades y a cálculos de costo por unidad para la estimación actual; sin embargo, sería prudente de parte de la ACP que obtuviera una revisión externa de estos rubros para la fecha en que se haga entrega del próximo paquete de diseño importante.

Preguntas acerca de recursos de equipo y recursos de contratistas han propiciado una descarga de revisiones de rubros particulares de trabajo relacionado con la estimación para las esclusas. Por ejemplo, una cantidad considerable de proveedores ha presentado cotizaciones para las compuertas de las esclusas, y el ET ha sostenido reuniones con proveedores de formaletas para concreto para obtener precios y utilizar la información. Mientras estas reuniones se han concentrado en la elaboración de costos por unidad, también han sido vías para revisiones externas por expertos. Asimismo, talleres dedicados al mejoramiento de los diseños de las esclusas, han dado lugar a revisiones por expertos concernientes a las estimaciones y los programas de trabajo.

Como aún hay bastante trabajo de diseño que está pendiente de concluirse, el ETC está muy satisfecho con el grado de revisión que hasta la fecha ha comprobado la estimación. Se necesitará aumentar la intensidad de la revisión una vez se determine el punto de referencia del proyecto. Además, concluido el análisis de riesgo que siga, se debe realizar una revisión por experto tanto del proceso como de los cálculos de costos por unidad.

3.6 Comunique la Estimación y el Programa de Trabajo

La comunicación efectiva edifica y sustenta asociaciones colectivas y la entrega del proyecto. Comunicar la estimación del proyecto tanto interna como externamente es indispensable para que este proyecto se concluya con éxito. Comunicar las estimaciones de los costos y de los programas de trabajo dentro de la ACP debe transmitir tanto la importancia como la incertidumbre que ambos aportan. La comunicación con el público debe informar la importancia y la incertidumbre de la estimación en esta etapa inicial del diseño del proyecto. Como se dejó indicado con anterioridad, la estimación debe comunicarse solamente a manera de rango hasta que se establezca el punto de referencia del proyecto.

La comunicación interna de la estimación y del programa del proyecto se realiza a través de canales bien establecidos entre el Departamento de Ingeniería y Proyectos, el PMAT, los diseñadores y la Junta Directiva. Sin embargo, las estimaciones se comunican actualmente como valores definitivos o con escalas aproximadas (por ejemplo +/- 15%) dentro del equipo. Por su experiencia, el ETC recomienda enérgicamente que se comunique claramente y se haga entender la incertidumbre contenida en las estimaciones, y que haya un consenso dentro de la ACP sobre cómo comunicar la estimación externamente.

El ETC no analizó a fondo la comunicación externa, puesto que no formaba parte del alcance de la revisión. En vista de que el diseño de las esclusas no ha sido concluido, el ETC recomendaría que la ACP, al comunicar el costo total del proyecto a interesados externos (el público), hable en términos de rango de costos que irán puliéndose a medida que el diseño es terminado. El costo no se debe anunciar como una cifra definitiva, hasta tanto se haya realizado un análisis formal de contingencias y se haya establecido un costo de punto de referencia para el proyecto.

3.7 Obtenga Aprobación

Por lo general, la aprobación de la estimación se da conjuntamente con la definición del punto de referencia del proyecto. El alcance de la revisión del ETC no contempla actualmente hacer un examen del proceso de aprobación de la estimación.

3.8 Estimación y Programa de Trabajo

Como fue analizado en la Sección 1.4, en la opinión del ETC, no se ha establecido todavía un verdadero punto de referencia para el proyecto. Luego de una revisión exhaustiva de los riesgos de la construcción y macroambientales asociados con las esclusas, la vía de acceso del Pacífico y el cauce de navegación, se podría calcular una contingencia adecuada y establecer el costo de punto de referencia del proyecto.

Hasta ese punto, el equipo del proyecto solo debe comunicar la estimación total a manera de escala de costos.

Riesgo e incertidumbre: Los costos deben estar asociados a las incertidumbres. Se debe definir y cuantificar la contingencia como elementos específicos de riesgo que se puede utilizar en la creación de un plan de gestión de riesgos. La ACP debe enfrentar los riesgos del proyecto antes de fijar una cantidad para contingencia del proyecto y solamente debe establecerse el valor de costo de referencia, una vez que se haya fijado la cantidad para contingencia.

Fijar un punto de referencia es imperativo si se quiere contar con un sistema efectivo de control de costos y de programas de trabajo del proyecto. En la actualidad, la gestión de costos y de programas de trabajo se logra mediante un proceso "informal". Respecto a la porción del proyecto que tiene que ver con las esclusas, el ETC realiza una estimación nueva cada vez que se presenta un paquete nuevo de diseños. Además, elabora estimaciones conjuntamente con talleres de ingeniería de valores para apoyo de los diseños. Sin embargo, el ETC no logró determinar un sistema formal para el monitoreo de costos y de programas de trabajo, ni el uso de un proceso formal para la gestión de cambios. El ETC llegó a esta conclusión al cuestionarse por qué las estimaciones originales de la ACP y de Harza del 2004 no concordaban, y en su intento por comprender cómo cambiaba el costo en el transcurso de "armonización" del diseño en el 2005. Es difícil enunciar esa clase de comparaciones si no se tiene un punto de referencia para costos. De igual manera, se prepararon las primeras estimaciones de los costos para el cauce de navegación en el año 2001, pero las mismas no se han utilizado como un punto de referencia para el monitoreo de cambios de costos y programas de trabajo. El ETC recomienda enérgicamente que la ACP ponga en marcha un sistema de control de programas de vanguardia en esta etapa de avance del proyecto para que pueda monitorear el punto de referencia, que ha de establecer próximamente, a medida que el proyecto avanza.

4.0 CONCLUSIONES

La Autoridad del Canal de Panamá solicitó específicamente que el ETC evaluara la metodología utilizada para establecer la estimación y los programas de trabajo del Plan Maestro para la tercera vía de esclusas del Canal de Panamá, las premisas y suposiciones básicas que sustentan la estimación y los programas de trabajo y el proceso global de estimación de costos y programas de trabajo, todo ello desde el punto de vista de cómo es enfocado. Los que llevaron a cabo la revisión llegaron a la conclusión de que la estimación de costos que examinaron constituye una estimación de costos bien estructurado y bien documentado en términos de ingeniería, pero que tiene que integrarse con los resultados de la evaluación de riesgos en progreso para elaborar una verdadera estimación para punto de referencia del plan maestro contra el cual puedan medirse los cambios posteriores. Las secciones siguientes se refieren a cada parte de la estimación por separado.

4.1 Metodología de la estimación de costos:

El ETC encontró que la metodología actual para la estimación del proyecto satisface las normas más exigentes y en muchos casos supera las prácticas de estimaciones que se encuentran en proyectos grandes de infraestructura pública en esta etapa del diseño. Los responsables de la estimación han demostrado su capacidad de definir, analizar e incorporar a la estimación el efecto de los numerosos desafíos de construcción que acarrea este plan maestro. Es necesario calcular una cantidad estimada para contingencia, mediante un análisis riguroso de riesgos, e incluirla en la estimación antes de fijarse el costo de punto de referencia del proyecto.

4.2 Metodología para programas de trabajo:

El ETC pudo percatarse de que las metodologías actuales para programas de trabajo del proyecto están muy bien fundadas y podrían calificarse como superiores a las prácticas que se encuentran en muchos proyectos grandes de infraestructura pública en esta etapa del diseño. Los responsables de la estimación y de los programas de trabajo han analizado eficientemente la información pertinente y han demostrado un alto nivel de competencia técnica. Es necesario calcular una contingencia para el programa de trabajo, mediante un análisis riguroso de riesgos, e incluirlo en la estimación antes de fijarse los programas de trabajo de punto de referencia del proyecto.

4.3 Premisas y suposiciones básicas que sustentan la estimación y los programas de trabajo

El ETC observó que las premisas y suposiciones básicas que sustentan la estimación están bien documentadas y proporcionan una base firme para el establecimiento de la estimación y de los programas de trabajo. El equipo ET ha buscado el asesoramiento de expertos externos, ha presentado evaluaciones objetivas y ha sopesado decisiones alternativas antes de fijar los parámetros importantes de la estimación y de los programas de trabajo. Sin embargo, aún se requiere un análisis riguroso de riesgos para determinar la estimación y los programas de trabajo base y para cerciorarse que el método detallado empleado no ha enmascarado riesgo alguno en el sistema.

4.4 El enfoque empleado en el proceso global de estimación de costos y de programas de trabajo

El enfoque prestado a la estimación es riguroso y demuestra un razonamiento analítico sólido por parte del ETC. El enlace directo entre las productividades de las actividades estimadas y las duraciones de los programas de trabajo ayuda a que el ETC tenga confianza en los programas de trabajo.

4.5 Puntos fuertes de la estimación y de los programas de trabajo

Para el ETC es obvio que los responsables de preparar las estimaciones son profesionales sumamente capaces, y que tal como se les exige, presentan suposiciones sólidas de ingeniería con el propósito de concluir una estimación de costos y programas de trabajo, a pesar de que aún queda por realizar una cantidad considerable de definición de alcance y diseño. Estos profesionales están empleando datos históricos de costos y siguen procedimientos prudentes. Las estimaciones, así como los programas de trabajo sustentados con base en esas estimaciones, presentan un lujo de detalle extraordinario para esta etapa del avance de un proyecto; se ha presupuestado con precisión lo conocido/conocidos. El ETC advertiría que la *precisión* en determinar el costo de rubros individuales es capaz de crear un sentido falso de *exactitud* cuando no va en concordancia con los costos de lo conocido/desconocidos.

Las estimaciones y los programas de trabajo siguen fielmente “lo que se conoce sobre el proyecto en este momento,” pero hay poco o nada para contingencia en la estimación actual, ni tiempo reservado en los programas de trabajo para las incertidumbres que son parte de un proyecto de esta magnitud, complejidad y trascendencia. El ETC apoya firmemente que se concluya una evaluación de riesgos concatenada con una estimación para contingencia, antes de establecer costos (estimaciones) para punto de referencia. Una vez lo realice, el equipo del proyecto podrá elaborar un plan de gestión de riesgos para mitigar riesgos del proyecto y hacer una entrega brillante del proyecto dentro de los costos y programas de trabajo base.

El ETC está sumamente impresionado con el profesionalismo y la capacidad de los individuos que trabajan en este proyecto. Específicamente:

- La base de la estimación y de los programas de trabajo es muy detallada
- Los programas de trabajo están ligados directamente a sus estimaciones respectivas y utilizan datos de las mismas como base para la evolución de las actividades y sus duraciones

- El personal que realiza las estimaciones está compuesto por profesionales sumamente competentes que conocen de cerca el proyecto y los procedimientos de la construcción
- Los datos históricos son confiables y han sido aplicados prudentemente
- Se han estimado los costos en dólares del año de construcción.
- Se contabilizan los gastos generales rigurosamente
- Hay cierto grado de planificación para contingencia en áreas muy específicas, (por ejemplo, la posible pérdida de equipo de dragado)
- Se han iniciado los estudios de ingeniería de valores con anticipación
- Colegas han llevado a cabo revisiones de la estimación

4.6 Consideraciones Futuras

En las etapas tempranas del desarrollo de un proyecto, una estimación detallada puede ocasionar un sentido de exactitud falso. Los métodos y herramientas para la estimación de costos deben relacionarse y adaptarse a las distintas etapas del avance del proyecto. Por lo general, las estimaciones calculadas en las etapas tempranas del desarrollo de un proyecto traen consigo incertidumbres debido a complejidades de ingeniería y aspectos de constructibilidad no previstos, cambios en situaciones económicas y del mercado, cambios en requisitos reguladores, presiones de parte de los gobiernos y de interesados y cambios radicales en las expectativas públicas. La ACP y los interesados en este proyecto tienen que ser conscientes que la estimación de costos del proyecto es dinámica y debe ser actualizada continuamente durante el proceso de desarrollo del proyecto.

La conclusión esencial derivada de la revisión de aquellas partes de la estimación que conciernen a las esclusas del Atlántico y del Pacífico y la vía de acceso en el Pacífico, consiste en que las estimaciones incluyen un renglón para contingencia solamente del diseño. En general, no se han incluido montos adicionales en concepto de contingencia, sustentados en un análisis formal de evaluación de riesgos. Donde sí se han incluido contingencias, éstas van dirigidas a factores causales muy específicos, como por ejemplo posibles variaciones de cantidades. A este nivel del diseño, el ETC quisiera recomendar que un proyecto de esta magnitud e importancia deba contar con una evaluación minuciosa de los riesgos potenciales y que la apreciación de riesgos que resulte:

- debe servir de base para el cálculo del monto reservado para contingencia incluido en la estimación, y
- debe influir en los programas de trabajo en los cuales se hayan basado los costos.

4.7 Hacia una estimación de punto de referencia

La mejor definición de una estimación base es la estimación que se utiliza para la gestión de cambios y la toma de decisiones referentes al diseño que inciden en el costo del proyecto. Es la suma de costos conocidos y cuantificables (conocido/conocidos) más un valor estimado de los costos conocidos pero aún no cuantificables (conocido/desconocidos – a menudo denominados la prima de riesgo) y una contingencia para costos todavía no reconocidos (desconocido/desconocidos). La estimación base establece la referencia para la financiación y para la medición del desempeño del proyecto. Cabe señalar que el punto de referencia corresponde a un proyecto de cierto alcance y dimensiones; cualesquiera cambios futuros de diseño o alcance que varían la capacidad real del proyecto cambian el proyecto *por definición* y exigen un punto de referencia *nuevo* y no solamente un ajuste en las estimaciones existentes de los costos y de los programas de trabajo.

Los pasos específicos en la creación de esta estimación base son:

- Definir expresamente el alcance del plan maestro sobre el cual se establece el punto de referencia. Esto debe ser en términos tanto de componentes físicos del proyecto como de las características/desempeño *de operación* (por ejemplo, capacidad).
- Revisar la estimación de costos y quitar (tachar) las sumas para contingencia oculta o implícita para llegar a un costo de base real. Obsérvese que el ETC solo encontró un pequeño número de estos rubros los cuales tendrían que quitarse de la estimación actual.
- Revisar los costos indirectos del propietario incluidos en la estimación en busca de posibles componentes que faltan. Los montos actualmente incluidos son menores que los encontrados por el ETC correspondientes a dos proyectos de escala similar. Esto puede ser debido a que no se cargan ciertas actividades de apoyo de la ACP contra el plan maestro.
- Revisar el programa y quitar igualmente aquellas actividades o duraciones que representan contingencias. Obsérvese que el ETC no encontró rubro alguno de ese tipo en su revisión.
- Realizar un análisis extenso de riesgos como se describe en la Sección 3.4.4. El análisis debe señalar los riesgos más significativos para la puesta en marcha tanto de la construcción como del proyecto en general. Como parte del procedimiento, debe incluir factores macroeconómicos, políticos y recursos importantes. Cada uno de los riesgos importantes definidos debe ser analizado para conocer su contribución al costo o los programas de trabajo de la construcción del proyecto, financiado por inversión.
- Se debe elaborar un monto global para contingencia, basado en el análisis de riesgos. Esta contingencia para el Plan Maestro debe sustentarse en un grado de confianza obtenido estadísticamente sobre los valores previstos en el análisis de riesgos correspondientes al costo y duración del proyecto. El ETC ha visto frecuentemente 80% como el grado de confianza escogido y recomendaría a la ACP que utilice ese porcentaje para establecer el punto de referencia.
- Poner en marcha un sistema de control de programas con tecnología de punta, utilizando la estimación de costos base, los programas de trabajo y las contingencias como las bases para el control y monitoreo del proyecto.