



Desarrollo de estimados de costos de un proyecto

Por **Maitena Biggeri** y **Ana Soledad Dusek**, YPF S.A.

Este trabajo fue seleccionado del *6º Congreso de Producción y Desarrollo de Reservas del IAPG*.

Durante las distintas fases de un proyecto se trabaja para profundizar en aspectos técnicos, de seguridad, y de desarrollo del plan de ejecución, que incluye además una estimación de costos. Este trabajo reúne la experiencia a lo largo de los años de la Gerencia de Ingeniería de Obras y Construcciones de YPF en el desarrollo del estimado de costos, su objetivo, las precisiones necesarias según la fase del proyecto, las limitaciones y los errores que se pueden cometer si no se consideran.



recursos propios. Una vez que se evalúa el negocio y se elige avanzar con la fase de ejecución, la GIC YPF lidera los procesos de contratación de servicios de construcción, administración contractual y gestión integral del proyecto, incluyendo además la asistencia técnica al área de Compras YPF.

El alcance de los proyectos gestionados por la GIC contempla asistencias técnicas, selección de tecnologías, ejecución de nuevas unidades y *revamps* de unidades existentes.

Una de las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos, de acuerdo con lo establecido por el PMI (*Project Management Institute*), es la de estimación de costos.

Realizar una estimación de costos consiste en el desarrollo de una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. Se trata de una predicción basada en la información disponible en un momento dado y, por lo tanto, depende de la calidad de la documentación elaborada a ese efecto. Estimar correctamente el monto de inversión de un proyecto tiene un impacto directo en el proceso de decisión de avanzar o no hacia las fases siguientes.

Una buena estimación no solo es importante para el seguimiento y el control de costos del proyecto, sino que resulta una herramienta clave a la hora de evaluar un proyecto de inversión. Un estimado de costos defectuoso puede frenar un proyecto que podría haber sido rentable para la compañía o dar continuidad a un proyecto que, si hubiera sido evaluado correctamente, no habría avanzado. Una estimación errónea por defecto es tan perjudicial como una por exceso si se tiene en cuenta el costo de oportunidad asociado a la inmovilización de capital.

El alcance de las tareas del área de estimaciones dentro la GIC YPF comprende no solo el desarrollo del estimado de costos de capital para las distintas fases del proyecto, sino también la elaboración de flujo de egresos según cronogramas propuestos, la estimación de iniciativas de ahorro del monto de inversión, el análisis de ofertas en instancias previas a la adjudicación de suministros y los servicios de ingeniería y construcción, el análisis cuantitativo de riesgos y la valuación de activos para los estados contables de la compañía y/o para negociaciones con empresas aseguradoras.

El objetivo de este trabajo es exponer los aspectos clave del proceso de estimación de costos y compartir las experiencias adquiridas en los proyectos ejecutados recientemente por la organización.

La misión de la GIC YPF (Gerencia de Ingeniería de Obras y Construcciones de YPF) es gestionar proyectos de inversión en el ámbito de YPF *downstream*. En fases tempranas incluye contratación de servicios de ingeniería, administración contractual y supervisión de dichas tareas finalizando con la estimación de costos y plazos. En algunos proyectos, la GIC también puede tener a cargo el desarrollo de ingenierías preliminares con

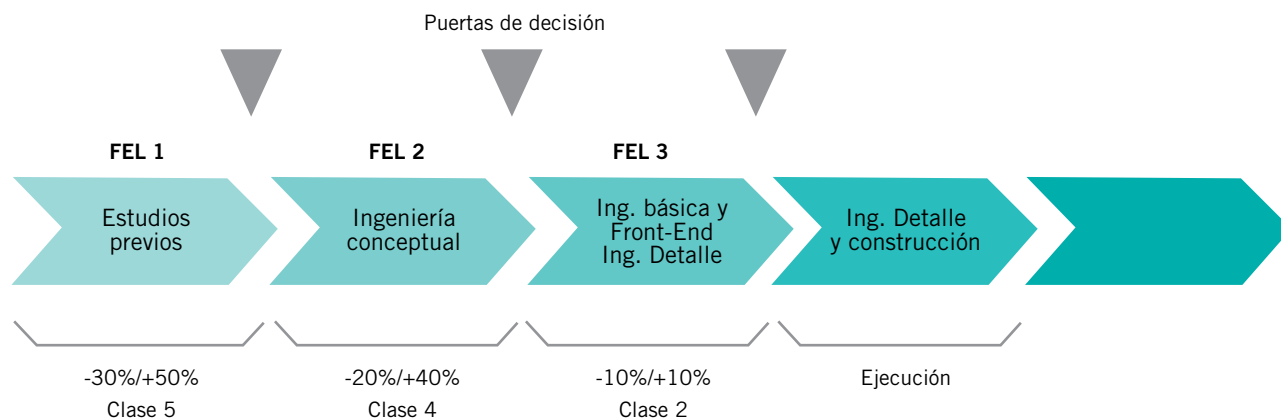


Figura 1. Fases FEL y su correlación con las clases de estimados de costos.

Desarrollo

Los procesos de gestión de proyectos utilizados en la GIC YPF integran los conceptos establecidos por la Metodología FEL.

La metodología de gestión de proyectos de inversión FEL (*Front End Loading*) recomendada por el IPA (*Independent Project Analysis*) es una metodología basada en el concepto de puertas de decisión donde en cada puerta se aprueba, o no, el pasaje a la siguiente etapa. Esta metodología permite acotar incertidumbres manteniendo los costos y plazos dentro de los rangos aceptables en la industria, buscando la reducción de los índices de costo y plazo.

En la figura 1 se muestra en forma resumida cómo intervienen las fases FEL dentro del ciclo de vida de un proyecto y la correlación que guardan con las distintas clases de estimados de costos según AACEI (*Association for the Advancement of Cost Engineering International*).

Como se observa en la figura 1, estas puertas de decisión se analizan tras la realización de estudios previos, ingeniería conceptual e ingeniería básica y FEED, respectivamente. Por lo tanto, estas tres estimaciones tendrán distinto soporte, distinta precisión y distinto objeto. Atendiendo a estas características, así como a las variables tiempo y costo, la AACEI propone una clasificación de estimaciones para la industria en general en su práctica recomendada 17R-97, en la 18R-97 las particulariza para la industria de proceso.

Debido a que es una asociación reconocida mundialmente y sus recomendaciones son asumidas por la mayoría de las empresas del rubro, el área de estimaciones de la GIC YPF las adopta como base y clasifica las estimaciones según la figura 2.

Como se puede observar en la figura 2, las clases de estimados están ligadas al desarrollo de ingeniería y, por lo tanto, a la precisión que es posible alcanzar en cada fase del proyecto.

Las erogaciones de las fases anteriores y de la FEL misma pocas veces exceden el 10% del costo total del proyecto; sin embargo, el resultado de estas etapas y las pautas con las que se decide aprobar la inversión, determinan el 80% del costo final del proyecto. Con lo cual, la oportunidad de reducir costos en las etapas subsiguientes es relativamente baja, por ello es imprescindible invertir recursos y aunar esfuerzos para alcanzar el correcto desarrollo de las fases previas a la ejecución.

El IPA muestra en sus estadísticas que existe una marcada correlación entre los “Grados de definición” en cada fase FEL (esto es, la cantidad y la calidad de la información de que se dispone en cada fase) con el éxito del proyecto.

A continuación, se profundizará en la metodología correspondiente a los estimados clase 5 y clase 4, es decir, aquellos que se realizan en las primeras fases del proyecto, y por lo tanto, deben realizarse en un plazo acotado y con información de carácter preliminar.

En las etapas iniciales del ciclo de vida de un proyecto y dado un encargo por parte del cliente interno, el área de Procesos y Especialidades de la GIC procede al desarrollo de un alcance preliminar que satisfaga los requerimientos y que sirva como punto de partida para la contratación de los servicios de ingeniería. Asimismo, lo más frecuente es que, el cliente además solicite un estimado de costos del tipo orden de magnitud para evaluar la prefactibilidad técnica y económica del proyecto de inversión. En esta instancia, el desafío para el equipo de Estimaciones es estimar con la escasa información disponible hasta el momento y plantear las hipótesis de partida que sustenten el valor informado.

En estos casos es fundamental el *expertise* de los miembros del equipo y la integración entre ellos. La comunicación fluida y constante entre las áreas involucradas es indispensable para lograr el objetivo buscado. El estimador deberá solicitar la información necesaria y el equipo técnico tiene que entregar la información disponible y colabo-

Clase de estimado	Nivel de definición de proyecto (expresado como % de definición completa)	Uso final/ etapa (finalidad típica del estimado)	Metodología (método típico de estimación)	Rango de precisión esperado (intervalos típicos en rangos mínimo y máximo)	Esfuerzo de preparación
Clase 5	0% a 2%	visualización	Factores de capacidad, modelos paramétricos o analogías.	mín: -20% a -50% máx: +30% a 100%	1
Clase 4	1% a 15%	Estudios de factibilidad	Factorización de equipos o modelos paramétricos.	Mín: -15% a -30% Máx: +20% a 50%	2 a 4
Clase 3	10% a 40%	Estimado, autorización o control	Unidades de costos semi detalladas	Mín: -10% a -20% Máx: +10% a 30%	3 a 10
Clase 2	30% a 70%	Control u oferta	Unidades de costos detalladas con lista de materiales preliminar	Mín: -5% a -15% Máx: +5% a +20%	4 a 20
Clase 1	50% a 100%	Chequeo de estimado u oferta	Unidades de costos detalladas con lista de materiales preliminar	Mín: 3% a -10% Máx: +3% a +15%	5 a 100

Figura 2. Clasificación de estimados de costos.

rar en la elaboración de las hipótesis que deban asumirse para suplantar la información faltante. Todas estas tareas deberán realizarse en el marco de una correcta gestión por parte del equipo de Proyectos.

Las fuentes de información que suelen utilizarse en estos casos provienen fundamentalmente de ofertas de ingenierías básicas presentadas por tecnólogos propietarios de licencias para las unidades de proceso en estudio, de ingenierías desarrolladas en años anteriores para unidades de similares características y/o de proyectos ejecutados en el pasado por la GIC. En este sentido, la experiencia del equipo de procesos y las especialidades resultan indispensables para obtener la información de partida para la estimación de costos extrapolados a partir de la información existente.

Al evaluar el monto de inversión de un proyecto en la industria de refino se contempla no solo la unidad de procesos en sí (ISBL: *inside battery limit*), sino también la generación de servicios para esa unidad y/o la interconexión de servicios existentes en el lugar de implantación, así como la construcción de instalaciones para el almacenamiento y el transporte de insumos y producto (OSBL: *outside battery limit*). En etapas tempranas es habitual contar con mayor cantidad de información sobre la unidad de procesos en sí que sobre los aspectos logísticos y de servicios.

A modo de ejemplo, se listarán algunos de los supuestos que suelen asumirse en estimados de costos de tipo orden de magnitud por no contar con definiciones al momento de la estimación:

- Lugar de implantación.
- Disponibilidad de servicios en el complejo industrial.
- Disponibilidad de espacio para ampliaciones en unidades de generación de servicios existentes.
- Generación de servicios dedicados para una única unidad.
- Sinergia entre los servicios de distintas unidades a construirse en el mismo complejo en una determinada ventana de tiempo
- En el caso de *revamps* de unidades existentes, definición preliminar de trabajos por realizar en paro y preparo.
- Estrategia de ejecución.
- Estrategia de contratación.
- Oferta disponible en el mercado de Ingeniería y Construcción para la ejecución de la obra en los plazos previstos.
- Oferta disponible en el mercado de fabricación de equipos en los plazos previstos.

Dejar plasmadas todas las hipótesis en un informe de estimación de costos resulta fundamental dado que un cambio en cualquiera de las mismas se traduciría de manera automática en un cambio en el monto estimado de inversión del proyecto.

Para estimar el costo del ISBL se utilizan los denominados métodos rápidos de estimación y se aplica una estrategia de aproximaciones sucesivas. Los métodos rápidos se clasifican en dos grandes grupos: métodos generales y métodos factoriales. Los métodos generales se caracterizan por utilizar como dato de partida la capacidad de la unidad. Los métodos factoriales por su parte, utilizan como dato de partida el costo total de provisión de los equipos. Entre los métodos generales se destacan el *coeficiente de inmovilización unitario* y la *regla de Williams*. Los métodos factoriales más utilizados son el *método de Lang* y el *método de Hand*.

Estimar el costo del OSBL reviste una complejidad particular debido a que los métodos factoriales no siempre son aplicables. Los métodos factoriales admiten como inductores de costo a los equipos de una planta de procesos y en el caso de instalaciones para servicios auxiliares esto no siempre es así. Lo primero que se debe hacer es discriminar en el alcance lo que serán simples interconexiones a servicios existentes en el lugar de implantación, de las nuevas instalaciones para generación de servicios dedicados exclusivamente a la unidad en estudio. En el primer caso, se podrá aplicar un factor típico respecto del costo total del ISBL; en cambio, en el segundo caso, se deberán identificar los equipos principales y factorizar para obtener el costo total asociado a su instalación y puesta en servicio. Además, se deberán estimar por separado las obras de infraestructura de gran envergadura que deban realizarse como consecuencia de la construcción de la nueva unidad (ejemplo: nueva subestación eléctrica, cargadero de camiones, tanques de almacenamiento, parrales de cañerías, etc.). En este último caso se deberá recurrir indefectiblemente a la estimación por magnitudes inductoras de costo, como metros cuadrados de edificios, toneladas de estructuras metálica, metros cúbicos de hormigón, etc.

El caso de los *revamps* merece también un tratamiento especial dado que para poder realizar la estimación se deberán identificar los trabajos más relevantes y computar las magnitudes de obra preponderantes asociadas a dichas tareas. Aplicar métodos factoriales en estos casos no suele ser aconsejable dado que puede ocurrir que se reutilicen materiales (fundaciones, cañerías, instrumentación, cables, etc.) o que los trabajos a realizar consistan en desmontajes y/o modificaciones en equipos o líneas existentes. Por último, es importante mencionar que se recomienda realizar un estudio de factibilidad constructiva en el que se deberán tener en cuenta, entre otras cosas, los plazos de paro de planta, la disponibilidad de espacios para grúas y elementos de izaje, etc.

En todos los casos, la experiencia y el buen criterio del estimador serán necesarios para analizar el monto de inversión por varios métodos y evaluar la convergencia. Por otra parte, de utilizarse estimados clase 5 y/o 4 para evaluar tecnologías alternativas, resulta fundamental que se homologuen los alcances y los criterios de estimación para evitar incurrir en errores que puedan llevar a tomar decisiones equivocadas. Además, dado que generalmente las alternativas evaluadas corresponden a tecnologías diferentes que requieren instalaciones de OSBL distintas, no sería correcto tomar una decisión únicamente teniendo en cuenta los montos de ISBL. Para poder comparar alternativas entre sí, se debe analizar el proyecto de manera integral, considerando tanto ISBL como OSBL.

Otra herramienta es la WBS (*Work Breakdown Structure*) o EDT (*Estructura de Desglose de Trabajo*), que organiza y define el alcance completo del proyecto identificando los paquetes de trabajo que lo componen. La apertura definida deberá ser acorde a la estrategia de ejecución del proyecto. Organizar el estimado de costos de acuerdo con la WBS del proyecto es de vital importancia, dado que facilita la trazabilidad del alcance y del monto estimado del proyecto conforme evoluciona en futuras etapas.

Las estimaciones preliminares en estudio suelen utilizarse para evaluar el CAPEX de la cartera de proyectos que com-

ponen el plan de inversiones a largo plazo de la compañía, por esta razón se suele pedir junto con el monto estimado un flujo de egresos asociado. Para realizar ese flujo de egresos es indispensable contar con un plan de ejecución preliminar que deberá responder a la misma estrategia e hipótesis consideradas para la elaboración del estimado de costos. Estos flujos de egresos no tienen en cuenta las posibles variaciones de precios e impacto de variables macroeconómicas que puedan ocurrir en el plazo de ejecución del proyecto.

Con el objeto de plasmar lo expuesto en un caso de estudio, a continuación se desarrollará cómo se realizó el estimado de costos Orden de Magnitud del proyecto Nuevas Especificaciones de Combustibles (NEC).

Para cumplir con las especificaciones de combustible determinadas en la resolución 5/2016 de la Secretaría de Recursos Hidrocarburíferos, YPF evalúa adecuadamente los esquemas de sus complejos productivos en La Plata, Luján de Cuyo y Plaza Huincul. En este marco, se les solicitó a algunos tecnólogos que realicen un estudio de las refinerías e identifiquen alternativas de inversión que permitan cumplir con las especificaciones. A partir de ello, YPF seleccionó algunos escenarios y le solicitó a la GIC que realice un estimado de inversión Orden de Magnitud. Estos escenarios comprenden la ejecución de unidades de proceso nuevas y *revamps* de unidades existentes.

Una característica común en todos los proyectos defensivos es que cuenta con una fecha de necesidad impuesta por terceros, en este caso el Ministerio de Energía. Además, por ser un proyecto de gran envergadura e impacto requiere de revisión por parte de todos los niveles de la compañía y de presentaciones al Ministerio. Todo esto conlleva a que el plazo de todas las etapas deba reducirse al máximo posible.

Una vez recibidos los escenarios por visualizar, se indicaron las capacidades y los tipos de unidades nuevas y por *revamppear*, se procedió a analizar el *lay-out* tentativo de implantación y las necesidades de servicios auxiliares e interconexiones (OSBL).

Para el estimado de costos de los ISBL de unidades nuevas se tomó como dato de partida el costo de equipos de unidades similares construidas por YPF en los últimos años. Este monto fue escalado por capacidad y actualizado. Vale la pena aclarar que en el marco de los proyectos de adecuación de contenido de azufre de combustibles, YPF en los últimos años construyó varias unidades nuevas de hidrotreatamientos que sirvieron de base de información para realizar el estimado de costos del caso de referencia (NEC).

Sobre ese monto de equipos se aplicaron coeficientes de instalación para considerar ingeniería, materiales y construcción. En el caso de ingenierías básicas, licencias y catalizadores, se toman como referencia datos de proyectos con alcances similares. Sobre el total de construcción se calculan los costos asociados al proyecto, como beneficio de construcción, *overhead* e impuestos. Sumando estos costos asociados con el resto de los conceptos mencionados se llega al total planta. En estas etapas tempranas, el monto correspondiente a la gestión del proyecto se obtiene al aplicar un porcentaje sobre el monto total planta. Esta incidencia surge de los datos históricos reales de la gerencia. Por último, se aplican porcentajes particulares dados por la clase sobre cada partida para obtener el monto total de contingencias del proyecto. Se entiende por contingencia el monto adicional necesario para afrontar los costos que

surgen a partir de condiciones o eventos cuya ocurrencia o efectos son desconocidos y que la experiencia demuestra que existe una alta probabilidad de que se manifiesten.

De este modo, y luego de varias etapas sucesivas de aplicación de porcentajes se llega al monto total estimado. Como se puede apreciar, en etapas tempranas, el costo de los equipos es la magnitud inductora de costos. Por lo tanto, cualquier cambio en el mismo influye por efecto cascada en el monto total del proyecto y, consecuentemente, es de gran importancia obtener este valor de manera confiable. Asociado a esto, es esencial analizar y asumir una estrategia de contratación y compras que sirva como lineamiento a la hora de realizar el estimado de costos. Esta definición impacta en el costo de los equipos y consecuentemente en el total de la inversión.

Una manera de verificar si el valor obtenido se encuentra dentro del rango esperado es contrastarlo con los resultados que surgen de la aplicación de otras metodologías rápidas de estimación. Por ejemplo, se puede partir del costo total de plantas similares ejecutadas en el mundo, escalarlas por capacidad y localizarlas en la Argentina mediante la multiplicación por un factor de localización que contempla la diferencia de productividad de la mano de obra y la lejanía de los mercados principales, entre otros.

Para el caso de las unidades existentes a *revamppear*, se estimaron los costos de los equipos nuevos y se aplicó sobre ellos la metodología descrita para unidades nuevas porque se consideró que no se reutilizarían las instalaciones existentes asociadas a los equipos a reemplazar. Los desmontajes relevantes se analizaron en forma particular.

Para el caso de los OSBL, teniendo en cuenta el *layout* de implantación asumido, el equipo de Procesos y Especialidades analizó las necesidades de servicios auxiliares y listó para cada unidad los metros estimados de interconexiones y las nuevas facilidades que se deberían construir para la operación de las plantas. A partir de esta información se realizó el estimado de costos del OSBL visualizado. Asimismo, debido a que durante esta etapa el alcance de la totalidad del OSBL del proyecto no se pudo cuantificar, algunas de las áreas componentes del mismo se estimaron un porcentaje del costo total del ISBL.

Una vez finalizado el estimado, y luego de varias instancias de revisión interna, el informe de estimación de costos fue emitido a la unidad de negocio (cliente interno) como anexo del documento plan de ejecución del proyecto. En este informe se describió la metodología y los criterios asumidos para elaborar el estimado. Además, se incluyó como soporte un documento que fue desarrollado por el área de procesos donde se detalla el alcance y las bases utilizadas para generar la documentación técnica de partida para el estimado de costos. En todos los proyectos en general y, en las fases tempranas, en particular, resulta fundamental documentar las consideraciones, porque es esperable que a medida que avance el proyecto surjan modificaciones que impacten en el monto estimado.

Es muy importante tener en cuenta que, debido a la metodología, resulta riesgoso realizar una apertura detallada del monto estimado. En algunos casos se pretende obtener cantidad de horas de mano de obra directa. Si bien se puede llegar a un número global de horas a partir del monto de construcción, solo sirve como número orientativo teniendo en cuenta las limitaciones del cálculo.

Luego de la emisión del estimado y con el objetivo de evaluar el caso de negocio, se elaboró un flujo de caja tentativo según el plan de ejecución correspondiente haciendo especial foco en la etapa siguiente. Como se explicó, ese flujo solo puede realizarse en términos constantes y no en corrientes, ya que realizar una escalación a tan largo plazo no es adecuado porque es imposible prever cómo fluctuarán las variables macroeconómicas en nuestro país y cómo será la saturación del mercado según los proyectos de la competencia. Esta limitación debería considerarse al escoger la tasa de corte que se utilice en el cálculo del VAN.

Uno de los objetivos de las etapas tempranas es analizar varias alternativas y seleccionar la que resulte más conveniente. Por lo tanto, es esperable que durante el transcurso de estas fases vayan surgiendo nuevos escenarios que requieran nuevos estimados. Lo importante es sin dudas, tratar de conceptualizar la alternativa elegida y no someterla a cambios sustanciales.

Como se mencionó, es fundamental plantear desde el inicio una WBS flexible que permita a futuro reorganizar el alcance de acuerdo con las nuevas estrategias y necesidades del proyecto sin perder trazabilidad. Para el caso del proyecto NEC el estimado de costos fue agrupado por complejo industrial, según fecha de puesta en marcha y con la apertura ISBL/OSBL para cada unidad.

Finalmente, en todas las fases del ciclo de vida del proyecto se recomienda realizar un análisis de riesgos con el objeto de anticipar y mitigar los posibles eventos

que impacten negativamente los objetivos de costo, plazo y calidad. En etapas preliminares, el análisis de riesgos es cualitativo y no cuantitativo debido a la dificultad de valorizar los impactos con la escasa información disponible.

En el futuro inmediato, el desafío es minimizar CAPEX y el plazo manteniendo la calidad. Para ello será imprescindible plantear estrategias de reducción de costos que requerirán el trabajo en conjunto de todas las áreas de la compañía.

Conclusiones

La integración que tuvo lugar en la economía mundial durante los últimos años se tradujo en mercados más competitivos y acelerados. Este efecto, sumado a los de-

crecientes márgenes de beneficio, llevó a una continua reducción de los ciclos de vida de los proyectos. En este contexto, las estimaciones de orden de magnitud toman mayor relevancia y, contrario a lo que se puede suponer, son necesarias para identificar proyectos que sean viables económicamente tan temprano como sea posible y así minimizar tiempo y dinero gastado en aquellos no rentables. Para que estos estimados sean realmente útiles y se logren los objetivos, deben ser analizados de manera responsable. Es decir, se requiere que las personas que trabajan con esos números tengan en claro sus características y las condiciones en las que fueron calculados. A modo de resumen:

Las estimaciones preliminares tienen un rango de precisión técnica muy amplio, debido a la escasa información de partida y la metodología aplicada (figuras 1 y 2).

Un cambio en las hipótesis consideradas para suplir la falta de información en etapas tempranas impacta indefectiblemente en el monto de inversión estimado del proyecto.

Es frecuente que el alcance considerado en las estimaciones preliminares difiera sustancialmente del alcance que resulta del desarrollo de ingeniería básica, básica extendida y de detalle.

El monto informado en las estimaciones preliminares no contempla las posibles variaciones de precios que puedan ocurrir en el plazo de ejecución del proyecto.

En etapas de selección de tecnologías, analizar el ISBL excluyendo el OSBL puede conducir a decisiones equivocadas.

Para tener éxito en estos períodos desafiantes, permanecer en el mercado de manera competitiva y maximizar la performance del negocio es esencial que las áreas técnicas trabajen de manera integrada y con una visión orientada hacia la optimización del costo y los plazos de los proyectos. ■

Bibliografía

- AACE International Recommended Practice No. 18R-97 *Cost estimate classification system - as applied in engineering, procurement, and construction for the process industries.*
- Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK), Cuarta Edición (2008); PMI.
- Metodología FEL, Independent Project Analysis (IPA).