

# PERSPECTIVA N°14

***EVALUACIÓN DE RIESGOS EN PROCESOS DE LICITACIÓN:  
CORRECTO BALANCE ENTRE COSTO Y RIESGO***



# MAXIMIZANDO EL VALOR EN MINERÍA

Este 2016 optimiza y asegura el valor de tu operación o proyecto con las soluciones innovadoras de GEM, la empresa consultora líder de la industria minera.



EVALUACIÓN

ESTRATEGIA

ECONOMÍA

OPTIMIZACIÓN

CAPACITACIÓN

I+D



**GEM**  
Gestión y Economía Minera Ltda.

## TABLA DE CONTENIDO:

- **EVALUACIÓN DE RIESGOS EN PROCESOS DE LICITACIÓN: CORRECTO BALANCE ENTRE COSTO Y RIESGO** \_\_\_\_\_ **2**
- **COMENTARIO: ECONOMÍA DE MINERALES** \_\_\_\_\_ **18**
- **LIBROS Y ARTÍCULOS SUGERIDOS** \_\_\_\_\_ **19**
- **CURSO DE ECONOMÍA DE MINERALES** \_\_\_\_\_ **20**

## ACLARACIÓN

Este documento ha sido publicado por GEM|Gestión y Economía Minera Ltda. bajo el entendimiento de que su responsabilidad está limitada a proveer una opinión profesional e independiente. Aunque su preparación ha involucrado dedicación y cuidado razonables, GEM no garantiza la precisión del conjunto de datos, supuestos, predicciones ni de otras afirmaciones realizadas. Si el usuario utiliza este documento o su información para obtener recursos o tomar cualquier tipo de decisión que involucre otras compañías, GEM no acepta responsabilidad alguna frente a terceros, sin importar su proveniencia y sin limitaciones.

El presente reporte ha sido elaborado utilizando la Nueva Ortografía de la Lengua Española (RAE, 2010).

Este servicio ha sido entregado bajo los controles establecidos por un Sistema de Gestión de la Calidad aprobado por Bureau Veritas Certification conforme con ISO 9001. Número de Certificado: 8309

## CONTACTO

**WEB:** [www.gem-ing.cl](http://www.gem-ing.cl)

**TELÉFONO:** + 56 2 2225 30 21

**AGRADECEMOS ENVIAR SUS COMENTARIOS DE ESTE ARTÍCULO AL**

**MAIL:** [contacto@gem-ing.cl](mailto:contacto@gem-ing.cl)

© Gestión y Economía Minera Ltda. (GEM). 2016. Derechos Reservados

# **EVALUACIÓN DE RIESGOS EN PROCESOS DE LICITACIÓN: CORRECTO BALANCE ENTRE COSTO Y RIESGO**

*Josefina Correa, Carlos Hinrichsen, Matías Marañón  
GEM | Gestión y Economía Minera Ltda.*

## **OUTLOOK DE LA INDUSTRIA: TENDENCIAS EN PRECIO Y COSTOS**

A partir del 2011, el precio del cobre ha mostrado una tendencia a la baja que ha puesto en alerta a los principales productores del mundo. En el período comprendido entre el 2011 y 2015, el precio mostró una reducción de un 34%, pasando de los 4,15 US\$/lb a los 2,73 US\$/lb en cuatro años (en dólares del 2016). Esta tendencia ha continuado durante el 2016, donde se ha observado una baja de un 20%, al comparar el precio promedio del primer trimestre (2,11 US\$/lb), con el mismo período del año anterior. A su vez, las expectativas futuras del precio no son muy alentadoras. Estudios realizados por COCHILCO proyectan un precio promedio del cobre cercano a los 2,15 US\$/lb para el 2016 y de 2,20 US\$/lb para el 2017, levemente mejor.

Las recientes bajas en el precio son atribuibles principalmente a una ralentización del crecimiento de los principales países consumidores de cobre, entre ellos China, quien consume aproximadamente el 50% del cobre producido mundialmente. Este último ha mostrado una clara desaceleración, afectando directamente los volúmenes de cobre demandados. Por otra parte, se han observado aumentos de la producción, impulsados principalmente por la entrada de grandes proyectos en Perú, intensificando la situación.

Uno de los mayores problemas asociados a la baja en el precio observada en el último tiempo, proviene – paradójicamente – del extenso período de altos precios que la precedió, pues al apostar por una mayor producción y así aprovechar la parte del ciclo de altos precios, se descuidaron los costos. El incremento en el precio del cobre se vio entonces acompañado con fuertes alzas en los costos C1 de la industria chilena, pasando de un *cash*

*cost* de 0,51 US\$/lb del año 2005 hasta los 1,62 US\$/lb el año 2014, según datos de COCHILCO. Es decir, el extenso período de bonanza experimentado por las compañías mineras del cobre, dio pie a una cultura organizacional de mayores gastos y menor productividad, a lo que se sumó un alza en los insumos básicos de las operaciones.

Frente al escenario actual, las compañías mineras han tenido que hacer sus mejores esfuerzos para reducir sus costos y así seguir operando. Algunas de las principales medidas que se han observado tienen relación con disminución en OPEX, replanificación, variaciones en las capacidades de producción y reevaluaciones de las inversiones. En cuanto al OPEX, las medidas más populares han sido la simplificación de la estructura administrativa y reducción de personal, los planes de optimización en mantenimiento, chancado y línea de molienda, y la renegociación de contratos. En temas de replanificación, se han tomado medidas en cuanto al aumento de la ley de corte, la baja en la razón lastre-mineral y el descarte de zonas marginales (todas ellas con la idea de mejorar el flujo de caja en el corto plazo). Sobre la capacidad, se han observado tanto aumentos como reducciones, y también optimizaciones en la línea de conminución. Finalmente, con respecto a inversiones, se ha optado por la ralentización de proyectos

*Es a raíz de esta necesidad de reducir costos que surge la alternativa de optimizar el proceso de licitación de nuevas obras, como una alternativa de disminuir costos y reducir riesgos en las operaciones.*

*Al comparar oferentes, la robustez tiene relación con determinar si el contrato más conveniente (en cuanto a costos, plazos, características técnicas, etc.), sigue siéndolo frente a la materialización de sus riesgos relevantes.*

(o incluso la paralización), el recorte de los gastos en exploración, la mantención exclusiva del *sustaining* CAPEX y la revisión de los proyectos estructurales para disminuir las inversiones estimadas.

Todas estas medidas han comenzado a dar resultados. Durante el último año se ha observado cómo el *cash cost* promedio de la industria ha comenzado a disminuir. Sin embargo, aún existen operaciones que se encuentran operando con costos sobre el nivel de precios actual y proyectados, o bien en una situación límite, donde los márgenes están en continuo riesgo. Es por eso que se hace necesario buscar nuevas vías para la disminución de costos y la optimización de los recursos disponibles.

Es a raíz de esta necesidad de reducir costos que surge la alternativa de optimizar el proceso de licitación de nuevas obras, como una alternativa de disminuir costos y reducir riesgos en las operaciones.

## EVALUACIÓN DE LICITACIONES

Actualmente son muchas las compañías que se encuentran realizando nuevos proyectos, expansiones o renegociando contratos. No obstante, son pocas las que hacen un estudio en el que se incorporen distintos enfoques de evaluación para ayudar a la toma de decisión respecto al mejor contratista de la licitación. Es por esto que una correcta evaluación de las licitaciones debe incorporar los aspectos tradicionales técnicos y económicos, pero también ámbitos estratégicos y de riesgos, con el objetivo de ser más eficiente y sustentable en el uso de los recursos al menor riesgo.

## EVALUACIÓN TÉCNICA

La evaluación técnica se basa principalmente en estudiar si las compañías que se presentan como oferentes cuentan con la capacidad técnica para llevar a cabo la labor para la que fueron contratadas. Para evaluar la capacidad de cumplimiento se pueden medir distintos factores de las compañías. Una forma común de realizar este tipo de evaluaciones es establecer, en primer lugar, los parámetros relevantes a ser considerados y luego utilizar una escala de medición que permita puntuar a las compañías en cada área específica. De esta forma, se puede calcular un puntaje para cada compañía y así priorizarlas.

Una de las primeras cualidades a evaluar es la experiencia previa de las compañías. Se debe hacer un estudio acabado sobre las obras en las cuales han participado. Verificar que en estas ocasiones hayan cumplido con las obras contratadas y las condiciones pactadas. Además, es relevante evaluar la experiencia y capacitación de las personas que desempeñarán labores claves en las obras y se debe analizar si existe una correcta dotación de personal y una buena asignación de funciones según la preparación de los profesionales. Otra variable técnica relevante a considerar es la disponibilidad del equipamiento necesario para el proyecto. Es importante evaluar si la asignación de recursos es adecuada para cumplir con los plazos y si la compañía tiene la capacidad de contratar recursos extras en caso de eventualidades (como un atraso en las obra). En este ámbito, se puede evaluar cuán asequible son los recursos extras por compañía, y de esta forma medir su capacidad de gestión.

Finalmente, una vez evaluados los recursos asignados por cada compañía, se debe hacer un análisis del plan de trabajo y cronograma de ejecución de obras. Nuevamente, al igual que en el estudio de los recursos asignados, la empresa mandante puede hacer una estimación de la cantidad de horas requeridas para la ejecución de cada obra, y según esto evaluar que tan optimistas están siendo las compañías concursantes en cuanto a su productividad y capacidad de ejecución.

## ANÁLISIS DE RIESGO EN LICITACIONES

### METODOLOGÍA

Como ya se mencionó anteriormente, existen diversas metodologías para evaluar las propuestas de una licitación. Dentro de ellas, la evaluación de riesgos realizada por GEM logra diferenciarse de las demás por ser capaz de incorporar la incertidumbre para evaluar la real conveniencia de un oferente sobre otro. Es a raíz de esto que se definen dos características fundamentales que son incorporadas como valor en la evaluación de riesgos en licitaciones, siendo estas la evaluación de la robustez de las propuestas y la flexibilidad que tienen las compañías para reaccionar ante los riesgos.

El concepto de robustez está relacionado con determinar si los plazos y costos planificados por cada oferente se ven afectados con la materialización de las incertidumbres tanto técnicas como económicas. Por ejemplo, al comparar oferentes, la robustez tiene relación con determinar si el contrato más conveniente (en cuanto a costos, plazos, características técnicas, etc.), sigue siéndolo frente a la materialización de sus riesgos relevantes. Es importante que la robustez se pueda medir respecto al referente, comúnmente la empresa que está licitando la obra, y respecto a la planificación propia de cada uno de los concursantes.

Por otro lado, la flexibilidad mide la capacidad de reacción de los distintos oferentes frente a la materialización de la incertidumbre. La flexibilidad se relaciona principalmente con la capacidad de gestión que tengan las compañías ante posibles atrasos o faltas en el cumplimiento de hitos. Lo que a su vez va de la mano con la capacidad que tenga la compañía de acceder a recursos extras para poder compensar atrasos u otro tipo de desajuste en el plan. De esta forma, mediante la flexibilidad, se puede medir cómo algunos oferentes serán capaces de implementar medidas de gestión que hagan que los efectos de la materialización de incertidumbres sean menores y por ende, sean más convenientes para adjudicarles el proyecto.

Tres son las etapas que definen la metodología de evaluación de riesgos.

### 1. IDENTIFICACIÓN DE INCERTIDUMBRES

Consiste en identificar aquellas fuentes de incertidumbre que pudieran ser relevantes para el proceso de toma de

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Una vez realizada la evaluación técnica, y seleccionado el grupo de oferentes que cumplen con las condiciones técnicas para llevar a cabo las obras, se hace necesario realizar una evaluación económica. Esta evaluación se basa principalmente en calcular el costo asociado a la contratación de cada compañía. En este costo se debe evaluar el monto final que se cobra por las obras, las condiciones de pago y las multas.

Por otra parte, es común observar que las compañías contratistas busquen protegerse de los riesgos asociados al cambio en variables macroeconómicas que puedan influir en sus costos. Es por esto que muchas de ellas, en vez de definir de antemano un valor a cobrar por las obras licitadas, lo hacen en base a un polinomio desarrollado en función de las principales variables que puedan afectar sus costos. En términos generales, algunas de las variables más comunes en estos polinomios de costos son el tipo de cambio, variables asociadas al valor de la mano de obra (como el índice de remuneraciones), algunas que tengan relación con el costo de insumos relevantes como el diésel, el acero o el índice de precio del consumidor o productor (IPC o IPP).

Respecto a las condiciones de pago, estas pueden llegar a ser decisivas en una actual licitación ya que dadas las condiciones actuales en las que se encuentran operando muchas de las compañías mineras, las facilidades de pago a contratistas podrían llegar a ser un factor preponderante.

Por último, la definición del sistema de multas puede cobrar un rol protagónico a la hora de elegir al contratista. Se deben generar multas lo suficientemente altas como para generar incentivos a que la compañía cumpla con los plazos establecidos, sin poner en riesgo la salud financiera de la empresa contratista. A su vez es relevante que las multas estén en línea con la valoración que tenga la compañía sobre el cumplimiento de los plazos, pueden existir ocasiones donde la premura no sea el caso y por ende las empresas pueden verse incluso beneficiadas por el no cumplimiento de los plazos de los contratistas (en el caso que los valores de las multas sean lo suficientemente elevados).



decisiones. En la práctica existen infinitas fuentes de incertidumbre, por lo que se debe limitar a estudiar solo aquellas con mayor impacto. Las principales incertidumbres que se encuentran al evaluar una licitación se pueden dividir en dos grupos: técnicas y económicas.

Algunas de las incertidumbres técnicas relevantes son aquellas ligadas a la productividad del proyecto. Por ejemplo, en el caso de minería subterránea es relevante considerar la incertidumbre de la disponibilidad de aire (ventilación), la cual está sujeta al avance en el desarrollo de túneles de ventilación que permitan el avance en distintos frentes. De igual forma, la disponibilidad de equipos críticos puede transformarse en una incertidumbre relevante si no son controladas de forma correcta las mantenciones y tiempos de uso de los equipos. Finalmente, el *ramp-up* ha mostrado ser una fuerte importante de incertidumbre. En la gran mayoría de las obras se considera un periodo de *ramp-up* donde el rendimiento de avance es variable, principalmente debido a que se considera como un periodo de ajuste del proyecto. Por esto mismo, esta etapa puede ser más larga de lo esperada o incluso presentar atrasos en su fecha de inicio.

Respecto a incertidumbres económicas, se debe buscar aquellas que impacten en mayor medida a los costos del proyecto. Algunas de las incertidumbres económicas más comunes son: El índice de precios del consumidor (IPC), el índice de remuneraciones (IR), el dólar observado (DO) y el valor de insumos críticos. Estas incertidumbres económicas generalmente pueden formar parte del polinomio de ajuste definido por cada empresa contratista y presentado dentro de la oferta.

Además de las incertidumbres antes señaladas, es probable que existan muchas otras que afecten el desarrollo de una obra licitada, aumentando y variando fuertemente en función de las características de cada proyecto. Sin embargo, las mencionadas suelen ser comunes.

## 2. CUANTIFICACIÓN DE INCERTIDUMBRES

La cuantificación de incertidumbres permite incluir la variabilidad dentro del análisis. Una incertidumbre se convierte en riesgo cuando es cuantificable, de esta forma es posible medir su impacto. El proceso de cuantificación de incertidumbres en general requerirá, además de búsqueda de datos y uso de herramientas estadísticas, una componente experta, así como de la visión de futuro de los participantes clave de la licitación.

## EVALUACIÓN DE RIESGOS

El foco de la evaluación de riesgos en licitaciones es entender cómo incertidumbres técnicas y económicas podrían afectar al costo total de las ofertas, asimismo como la fecha de cierre de proyecto. Esta evaluación permite elegir entre las distintas ofertas considerando el valor esperado de variables tales como costos, fecha de cierre, o cualquier otro parámetro definitorio; además de los niveles de riesgo asociados a estos. De esta forma, la compañía mandante puede tomar una decisión robusta y que se acomode al perfil de riesgo de la compañía.

La metodología de análisis de riesgos en licitaciones utilizada en GEM consta de tres etapas. En primer lugar se encuentra la identificación de incertidumbres, proceso en el que se busca identificar las principales incertezas o fuentes de variabilidad. En esta etapa solo deben ser consideradas aquellas incertidumbres, tanto técnicas como económicas, que impacten de forma significativa el cumplimiento de los costos, plazos u otro. Luego, se lleva a cabo la cuantificación de las incertidumbres relevantes, asignándole una distribución de probabilidad o proceso estocástico a cada una de estas. Esta cuantificación puede hacerse de forma objetiva (con datos históricos), subjetiva (en base a criterio experto) o mixta.

Finalmente, la metodología considera la evaluación de los riesgos más relevantes. El costo y el plazo de ejecución de los trabajos se evalúan por medio del desarrollo de un modelo que incorpora los riesgos a la planificación original. Sobre este modelo se lleva a cabo una simulación de Monte Carlo. A través de esta última es posible obtener datos relevantes a la hora de evaluar los riesgos propios de cada propuesta, como la probabilidad del cumplimiento de los plazos planificados por el contratista, probabilidad que se generen atrasos y/o eventualidades en el desarrollo del proyecto, y más.

Por otra parte, y como parte del análisis de riesgos, los resultados pueden ser comparados respecto a los mismos participantes de la licitación, como con algún referente o *benchmark*. En este caso, se requiere información tanto de la planificación de los participantes como estimaciones del referente en relación al proyecto en cuestión.

Existen tres formas de realizar la cuantificación de incertidumbres: objetiva, subjetiva y mixta. La objetiva consiste en utilizar datos históricos que permitan medir la variabilidad de las incertidumbres relevantes identificadas. De esta forma, se considera que el pasado es un buen estimador del futuro. Este tipo de cuantificación se puede realizar a través de distribuciones de probabilidad o procesos estocásticos. La cuantificación subjetiva, es utilizada principalmente en dos escenarios. Cuando los datos históricos que se tienen de la variable a estudiar no representan su comportamiento futuro o bien cuando no existen datos históricos de la variable a estudiar, por lo tanto se utiliza juicios de expertos para estimar distribuciones de probabilidades o procesos estocásticos. La cuantificación mixta es una combinación de probabilidades objetivas y subjetivas. Este tipo de cuantificación es utilizada principalmente cuando los datos históricos que se tienen de la variable a estudiar representan parcialmente su comportamiento futuro.

### 3. EVALUACIÓN DE RIESGOS

En esta etapa se evalúa el impacto de los riesgos cuantificados sobre alguna variable de interés para el mandante (típicamente plazo de ejecución y costo). Lo anterior se logra a través del desarrollo de un modelo, para que luego este sea simulado mediante simulaciones de Monte Carlo. Respecto al modelo a ser desarrollado, este debe ser capaz de contener y relacionar las incertidumbres más relevantes (a las cuales llamaremos variables independientes) con las variables a estudiar (o variables dependientes). Respecto a la simulación, esta permite generar una serie de estadísticos para medir la robustez y flexibilidad de cada oferente. Por ejemplo, el valor en riesgo o VaR (por su traducción en inglés "Value at Risk"), es el indicador de riesgo más utilizado en esta metodología, y en este contexto se define como la diferencia que existe entre el valor esperado del costo, plazo, o alguna otra variable relevante (que también se puede definir como un compromiso), y su percentil  $\alpha$  (o valor seguro al  $\alpha$ ), considerando un nivel de confianza de  $(1-\alpha)$ . Típicamente se utiliza un valor de  $\alpha$  igual a 5%.

La introducción del VaR permite entender la magnitud de las potenciales pérdidas de valor que podría presentar el proyecto de cada contratista (este indicador se ilustra en la **FIGURA 1**).

## EVALUACIÓN ESTRATÉGICA

Aun cuando mediante la evaluación técnica se hayan seleccionado a las compañías más preparadas, mediante la económica a las de menor costo, y mediante la evaluación de riesgos a las de menor riesgo, pueden existir variables externas, relacionadas con la compañía contratante o con las participantes, que puedan hacer inclinar la decisión hacia uno u otro oferente. De esta forma el análisis estratégico busca complementar los análisis anteriores con consideraciones de carácter más cualitativo respecto a elementos que son difíciles de considerar de forma cuantitativa. Por lo tanto, su objetivo es apoyar el proceso de toma de decisiones de la compañía mandante, dando respuesta a ciertas interrogantes estratégicas basándose en un análisis holístico que considere todas las aristas relacionadas al proyecto en cuestión.

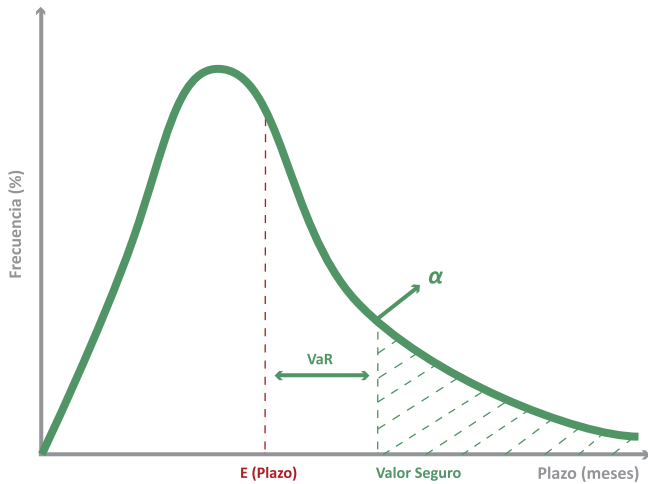
En la metodología GEM los elementos de la evaluación estratégica son cuatro: objetivos estratégicos, niveles estratégicos, criterios estratégicos e interrogantes estratégicas. En primer lugar se define el objetivo estratégico el que típicamente se relaciona con cumplir el plan proyectado de ejecución del proyecto.

Luego, se definen los distintos niveles estratégicos que pueden verse afectados por las decisiones tomadas en las licitaciones. En proyectos mineros suelen ser tres: el nivel más global (correspondiente a todo el mercado), un nivel más específico (correspondiente a la compañía que está licitando el proyecto) y el nivel más detallado (correspondiente a la operación en la que se ejecutará).

En cuanto a los criterios estratégicos, generalmente se consideran criterios relacionados con los plazos de ejecución, costos de la licitación, la tecnología y el cuidado del medio ambiente y seguridad.

Finalmente, en cuanto a las principales interrogantes estratégicas que pueden surgir se encuentra, en primer lugar, la de si es estratégicamente conveniente contratar a una empresa externa. Luego, se debe cuestionar a quién se asignará el contrato. Y finalmente, una vez asignado el contrato se debe evaluar si es conveniente renegociar.

**FIGURA 1. VALUE AT RISK (VaR)**



En la **FIGURA 2**, mediante la distribución de plazo de ejecución de un proyecto de tres compañías, se muestra cómo se pueden comparar, a nivel teórico, el valor esperado del plazo y el VaR. Al comparar la curva 1 y 2 se observa que al mismo valor esperado del plazo se pueden tener VaR muy diferentes, donde la curva con menor VaR representa un escenario más robusto. Es posible también comparar el valor esperado del plazo y el VaR de distintas distribuciones para identificar cual compañía es la que presenta una mejor relación entre plazo de término de proyecto y riesgo. Además de evaluar distintos indicadores de riesgo, es posible realizar un análisis de sensibilidad de los riesgos para así evaluar con mayor detalle su efecto. Una forma de hacer eso es a través del gráfico de tornado el que se explicará en la siguiente sección.

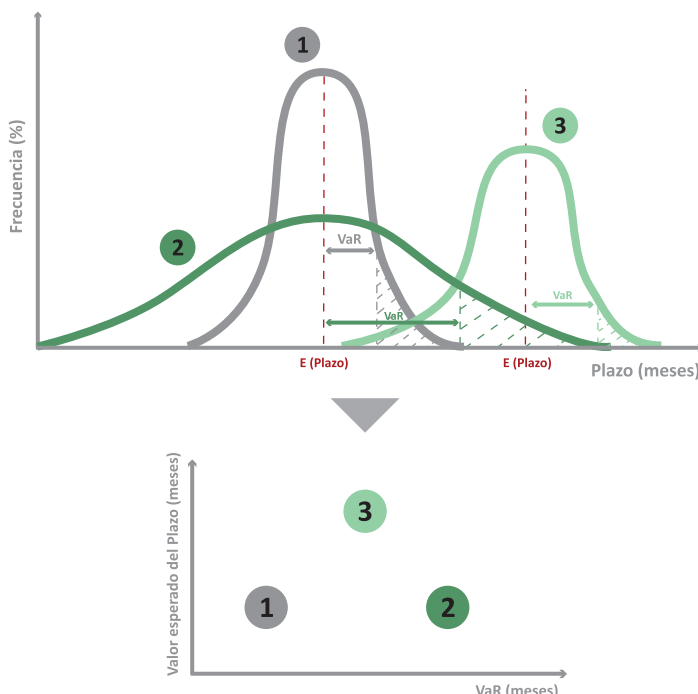
## CASO APLICADO

Con el fin de mostrar los efectos que puede tener la evaluación de riesgos en la toma de decisiones en licitaciones, se realizó un caso de estudio aplicado. Las características de la propuesta de cada una de los participantes en la licitación se establecieron de tal forma que ambas fueran competitivas, que presentaran condiciones realistas y asumiendo que ambas cumplían con las condiciones técnicas y económicas para llevar a cabo el proyecto licitado.

*Al comparar el VaR de diferentes contratistas se puede medir la pérdida de valor por el efecto que tienen las incertidumbres. Por ejemplo, las ofertas de dos compañías pueden tener el mismo valor esperado del plazo de término de proyecto, pero tener reacciones muy distintas al riesgo, es decir, un VaR diferente.*

Al comparar el VaR de diferentes contratistas se puede medir la pérdida de valor por el efecto que tienen las incertidumbres. Por ejemplo, las ofertas de dos compañías pueden tener el mismo valor esperado del plazo de término de proyecto, pero tener reacciones muy distintas al riesgo, es decir, un VaR diferente.

**FIGURA 2. COMPARACIÓN USANDO VALUE AT RISK (VaR)**





## DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Una empresa ha licitado un proyecto que se caracteriza por la ejecución de 125.000 unidades de avance (ua) en un plazo de 27 meses. El proyecto considera dos etapas, el Hito 1 y el Hito 2. Por especificaciones técnicas, se requiere que al menos el 80% del Hito 1 haya sido ejecutado para dar inicio al Hito 2 (permitiendo avance en paralelo a partir de este punto). A su vez, las características técnicas del emplazamiento de trabajo restringe el avance máximo mensual a 8.500 ua. Esto último se relaciona principalmente con restricciones técnicas que puedan impedir avances sobre cierto límite, como lo pueden ser los accesos en una mina a cielo abierto o la disponibilidad de ventilación en subterránea.

Respecto al sistema de multa, el demandante establece que un atraso en la ejecución del 80% del Hito 1 planificado por el contratista, gatilla una compensación que depende de los gastos generales mensuales del contratista y del atraso acumulado. Junto con esto, semestralmente se evalúa la situación del proyecto, generándose multas en caso de que existan atrasos respecto lo planificado. Estas multas también son proporcionales al atraso acumulado a la fecha de evaluación.

De acuerdo a la planificación interna del mandante (referente), a este le tomaría 9 meses ejecutar el 80% del Hito 1 (correspondiente a 32.000 ua), 11 para finalizar el Hito 1 (40.000 ua), y 27 meses terminar el proyecto completo (125.000 ua). Todo esto con un costo total de 203 millones de dólares (MUS\$), el cual se compone en un 30% en costo fijo y el restante en variable. El costo fijo (o gastos generales) se prorratea en los meses de actividad, es decir 2,25 MUS\$/mes. El costo variable del referente está estimado en 1.136 US\$/ua.

## PARTICIPANTES DE LA LICITACIÓN

En la **TABLA 1** se indican las estimaciones del referente respecto a plazos y costos, además de los montos propuestos por los contratistas A y B.

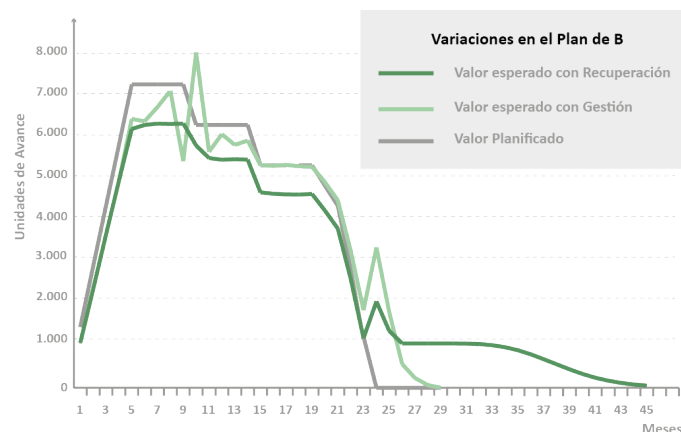
De la tabla anterior se puede extraer que la oferta del contratista B es levemente mejor ya que cumple con los plazos requeridos por el mandante (tanto para el 80% del Hito 1 como para el proyecto completo) y están por

TABLA 1. PRINCIPALES INDICADORES TÉCNICOS DE LOS CONTRATISTAS

	REFERENTE	CONTRATISTA A	CONTRATISTA B
80% Hito 1	9 meses	9 meses	7 meses
Término Proyecto	27 meses	26 meses	23 meses
Costo Fijo Mensual	2,25 MUS\$	2,29 MUS\$	2,52 MUS\$
Costo Fijo Total	61 MUS\$	59 MUS\$	58 MUS\$
Costo Variable	1.136 US\$/ua	1.134 US\$/ua	1.133 US\$/ua
Costo Total Proyecto	203 MUS\$	201 MUS\$	200 MUS\$

debajo del costo estimado por el referente. En la **FIGURA 3** se muestra el perfil de producción propuesto por cada compañía, así como el costo estimado a cobrar por cada una. Junto con el perfil de cada compañía se muestra el perfil de referencia (es decir, el de la compañía demandante), el cual se utilizará más adelante para comparar ambas compañías no tan solo respecto a sus desempeños, sino también respecto a un referente.

FIGURA 3. PLANIFICACIÓN Y COSTOS POR COMPAÑÍA



Por parte de los riesgos técnicos, y para efectos de este caso aplicado, se tomaron en cuenta tres riesgos relacionados con la productividad, que son parte de la planificación ofertada por cada contratista. Estos son: la Productividad de las Cuadrillas medido en horas efectivas por cuadrilla, el Número de Cuadrillas medido en cuadrillas por turno, y el Avance Efectivo medido en unidades de avance por hora

efectiva. Estas tres variables, multiplicadas por el valor determinístico del número de turnos al mes (90), definen el avance real de cada mes. Dentro de los riesgos técnicos también se consideró la posibilidad de que las obras no se inicien a tiempo y por ello se estableció el riesgo de Atraso en *ramp-up*, la cual tiene una probabilidad de ocurrencia y una distribución de probabilidad para su extensión en meses.

Respecto al perfil de riesgo técnico de cada compañía, el perfil de A es de menor riesgo que el de B, lo que indica que pese a que A requiere de un mayor tiempo de término del proyecto y un costo levemente mayor, el riesgo de no cumplir con la fecha planificada es menor a la de B.

Sobre los riesgos económicos, se consideraron las variaciones en el tipo de cambio en pesos chilenos por dólar y el IPC (Índice de precios al consumidor). Los riesgos económicos afectarán a las compañías según las definiciones que estas hagan de sus polinomios de costos. El polinomio de costos variables de A pondera en mayor medida al IPC con un 55%, mientras que para B esto solo representa un 35% (el porcentaje restante pondera

al US\$). Esto último es relevante ya que, dado que las variaciones en los riesgos económicos serán iguales para ambas compañías, la única diferencia en el efecto de estas sobre los costos estará dado por la ponderación que cada compañía haya dado a las variables económicas, así como las fechas de materialización de los pagos.

En la **TABLA 2** se resume las cuantificaciones mensuales de cada uno de los riesgos, mostrándose la distribución utilizada en cada caso, así como también los principales parámetros de cada distribución. Es importante notar que las cuantificaciones de los riesgos técnicos son respecto al valor planificado, es decir si en una iteración el riesgo del Número de Cuadrillas es 1, esto quiere decir que en ese mes el riesgo materializado será equivalente al planificado, mientras que un valor de 0,9 quiere decir que el número de cuadrillas de ese mes en particular será de un 90% respecto al planificado.

Por otra parte, a pesar de que ambos perfiles de riesgo tienen un sesgo negativo, estos también consideran valores mayores a uno, lo que permitiría eventualmente adelantar en ciertos períodos.

**TABLA 2. DISTRIBUCIONES DE DENSIDAD DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LOS CONTRATISTAS**

RIESGO	UNIDAD	COMPAÑÍA	TIPO	DISTRIBUCIÓN	PARÁMETROS
Productividad Cuadrilla	[Hef/cuadrilla]	A	Multiplicativo	Triangular	Min:0,89 Max:1,15 Mod:1,00
No. Cuadrillas	[cuadrilla/turno]	A	Multiplicativo	Triangular	Min:0,85 Max:1,13 Mod:1,00
Avance Efectivo	[ua/Hef]	A	Multiplicativo	Triangular	Min:0,75 Max:1,10 Mod:1,00
Ocurrencia Inicio con Atraso	[%]	A	Aditivo	Bernoulli	P: 0,95
Duración del Atraso en Inicio	[mes]	A	Aditivo	Triangular	Min:1,00 Max:3,00 Mod:1,00
Productividad Cuadrilla	[Hef/cuadrilla]	B	Multiplicativo	Triangular	Min:0,70 Max:1,10 Mod:1,00
No Cuadrillas	[cuadrilla/turno]	B	Multiplicativo	Triangular	Min:0,81 Max:1,08 Mod:1,00
Avance Efectivo	[ua/Hef]	B	Multiplicativo	Triangular	Min:0,78 Max:1,13 Mod:1,00
Ocurrencia Inicio con Atraso	[%]	B	Aditivo	Bernoulli	P: 0,85
Duración del Atraso en Inicio	[mes]	B	Aditivo	Triangular	Min:1,00 Max:4,00 Mod:1,00
Dólar	[US\$]	A/B	Aditivo	Normal	$\mu:690 \sigma^2:15,00$
IPC	[%]	A/B	Aditivo	Normal	$\mu:0,003 \sigma^2:0,003$

## ESCENARIOS DE ESTUDIO

La evaluación de riesgos se realizó considerando dos escenarios. El primero, llamado escenario con recuperación, es aquel en el que los contratistas no tienen la capacidad de gestionar recursos extras en respuesta a atrasos. En este escenario, los contratistas deben recuperar – de ahí su nombre – el atraso acumulado al final del plazo planificado con una productividad igual al promedio de los últimos tres meses, a partir del último mes con actividad según la planificación.

En el segundo escenario, los contratistas pueden tomar medidas para ponerse al día con los atrasos acumulados durante la ejecución del proyecto, y por lo tanto es denominado escenario con gestión. En este caso, el atraso mínimo acumulado que permite hacer una solicitud de capacidad extra para ponerse al día (y por ende gatillar la gestión) debe ser de 3.000 ua. Una vez que esto ocurre, el contratista realiza una solicitud por el monto atrasado a la fecha, el cual se hará efectivo tres meses más

adelante. Sin embargo, si tres meses después de que se generó la solicitud, el contratista se ha puesto al día con el atraso, total o parcialmente, entonces la capacidad extra gestionada permitiría adelantarse.

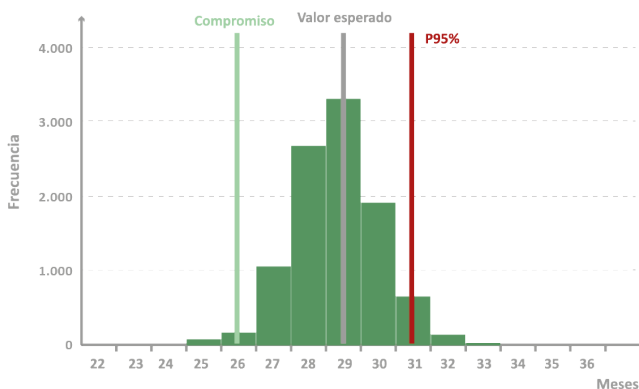
Dado que tanto en el escenario con recuperación, como con gestión, los contratistas requieren de un esfuerzo adicional al planificado para cumplir con la totalidad de las unidades de avance estipuladas en la licitación, los costos de esta producción son mayores. El contratista A y B tienen un costo variable mayor por ua recuperada de un 5% y 10%, respectivamente. Mientras que en el escenario con gestión, esto asciende a un 10% y 20% respectivamente, por unidad gestionada.

Finalmente, cabe destacar que al evaluar los resultados, se busca hacer una comparación de las propuestas con respecto a ellas mismas (plan original versus plan con riesgo) y una comparación respecto a los valores del referente (lo que la compañía que está haciendo la licitación estima deberían ser los plazos y costos).

**FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE PLAZOS CON RECUPERACIÓN Y CON GESTIÓN COMPAÑÍA A**

PLAZOS CON RECUPERACIÓN	
Plazo esperado	29 Meses
Plazo peor escenario probable	31 Meses
Plazo en riesgo	2 Meses
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	2,4%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	13%

PLAZOS CON GESTIÓN	
Plazo esperado	28 Meses
Plazo peor escenario probable	29 Meses
Plazo en riesgo	1 Mes
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	6,1%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	56,3%



## RESULTADOS

Una vez desarrollado el modelo, utilizando las configuraciones antes mencionadas, se realizó una simulación de Monte Carlo con 10.000 iteraciones. A través de esta simulación, fue posible encontrar los valores esperados, el percentil 5 y 95 para el tiempo que les tomaría a las compañías en ejecutar el proyecto (plazo) y el costo para el empleador considerando las multas generadas durante el proyecto. A su vez, fue posible evaluar el desarrollo de los planes de cada contratista en los escenarios con recuperación (sin gestión) y con gestión. En primer lugar se evaluó la variabilidad de los plazos de cada compañía. En la **FIGURA 4**, se muestra la distribución de probabilidad de los plazos de la compañía A para cada escenario.

De la ilustración anterior se puede observar que el valor esperado en ambos casos se encuentra por sobre el valor comprometido de 26 meses, es decir las probabilidades de cumplimiento son bajas en ambos casos (2,4% con recuperación y 6,1% con gestión). Sin embargo, al comparar estos plazos con el valor del referente de 27 meses, las probabilidades de cumplimiento crecen notoriamente

a un 13% en escenario con recuperación y a un 56% en escenario con gestión. En cuanto a los plazos de los peores escenarios probables, se puede decir que a lo más se demorarán 31 meses en el caso con recuperación y 29 en el caso con gestión. En términos generales se puede decir que para la compañía A, la posibilidad de gestionar recursos no presenta beneficios relevantes al compararla respecto a su compromiso (ya que los resultados sin y con ella son similares), sin embargo, al compararlo respecto al referente, la capacidad de gestión adquiere mayor relevancia.

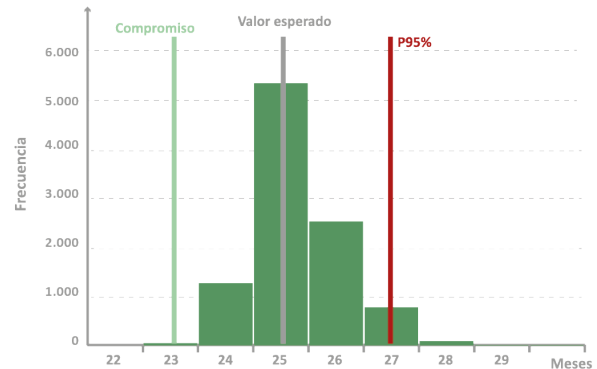
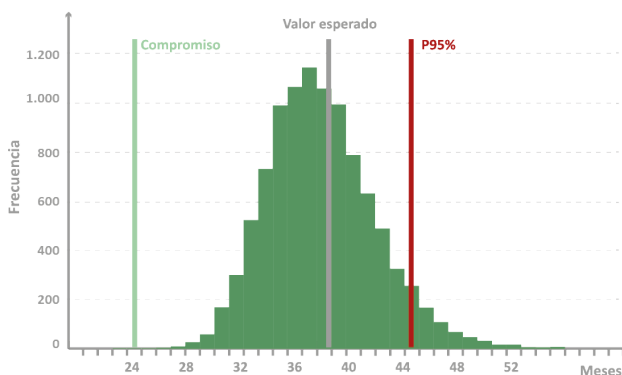
Al igual que en el caso anterior, en la **FIGURA 5** se muestran los resultados respecto a plazo para B.

Al analizar los resultados obtenidos para la compañía B se puede observar que los valores esperados de los plazos en ambos escenarios son mayores que el comprometido, con probabilidades prácticamente nulas de cumplir lo planificado (0% para el caso con recuperación y 0,3% para el caso con gestión). No obstante, al compararse los plazos con los del referente se puede observar que para el caso con gestión existe una elevada probabilidad de cumplir el plazo (99,3% de probabilidad), y no así en el caso con recuperación (o sin gestión), donde esta probabilidad es

**FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE PLAZOS CON RECUPERACIÓN Y CON GESTIÓN COMPAÑÍA B**

PLAZOS CON RECUPERACIÓN	
Plazo esperado	39 Meses
Plazo peor escenario probable	45 Meses
Plazo en riesgo	6 Meses
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	0%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	0%

PLAZOS CON GESTIÓN	
Plazo esperado	26 Meses
Plazo peor escenario probable	27 Meses
Plazo en riesgo	1 Mes
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	0,3%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	99,3%



igual a cero. Por lo tanto, la posibilidad para B de gestionar recursos tiene un impacto significativo, pasando de valores esperados de 39 a 26 meses. Junto con esto, el valor esperado del plazo para el caso con gestión de B es el único que logra cumplir con el plazo propuesto por el referente de 27 meses.

Es importante mencionar que la razón por la cual el plazo esperado de la compañía B con gestión es superior al de A es que la planificación de B consideró un mayor margen entre lo planificado (23 meses) y lo solicitado por el referente (27 meses). Por lo tanto, pese a que B tiende a quedarse más atrasado, debido a su mayor perfil de riesgo, esto se ve compensado por la capacidad de gestión (idéntica a la de A) y el mayor margen mencionado anteriormente.

Una vez analizados los plazos de las compañías en cada escenario, se evaluaron las variaciones en los costos materializados respecto a los planificados por cada compañía y a los estimados por el referente. Es importante señalar que los costos que se evalúan a continuación muestran el costo real que significaría para cada compañía la realización del proyecto, es decir el costo con riesgo más las multas gatilladas.

En la **FIGURA 6** se muestra la distribución de costos de la compañía A para los casos con recuperación y con gestión. Así como también valores de comparación respecto al costo planificado y al costo de referencia propuesto por la empresa mandante.

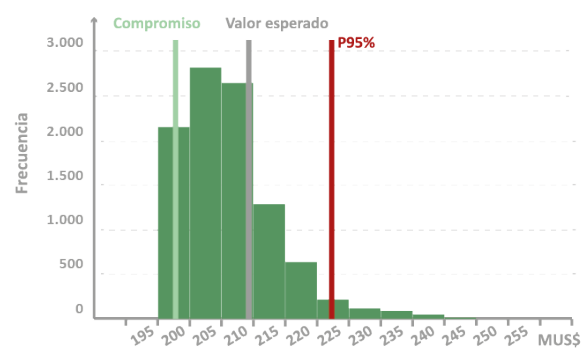
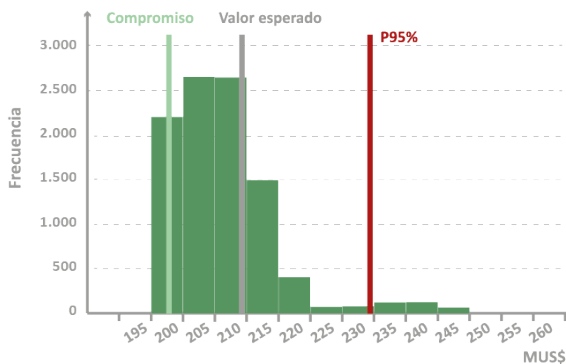
Como se puede observar, no existe gran diferencia entre los costos observados con recuperación y con gestión (en ambos se observa una baja probabilidad de cumplir con el costo planificado y el costo del referente). El costo en riesgo, correspondiente a la diferencia entre el costo asegurado y el compromiso (MUS\$ 201), es igual al 9% y 6% de este último, en los casos con recuperación y con gestión respectivamente. Estas variaciones son principalmente atribuibles a las multas que se pagan producto de atrasos, ya que como se observó en el análisis de los plazos, la probabilidad de cumplimiento de estos últimos es baja, y por lo mismo la probabilidad de incurrir en el pago de multas es elevada.

En la **FIGURA 7** se muestran las distribuciones de los costos asociados al escenario con recuperación y con gestión de B, junto con sus estadísticos.

**FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DEL CONTRATISTA CON RECUPERACIÓN Y CON GESTIÓN COMPAÑÍA A**

COSTOS CON RECUPERACIÓN	
Costo esperado	212 MUS\$
Costo peor escenario probable	232 MUS\$
Costo en riesgo	20 MUS\$
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	0%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	9,1%

COSTOS CON GESTIÓN	
Costo esperado	211 MUS\$
Costo peor escenario probable	224 MUS\$
Costo en riesgo	13 MUS\$
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	0%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	7,8%

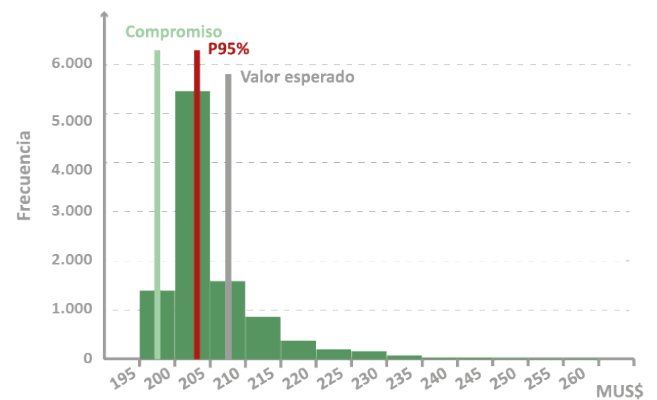
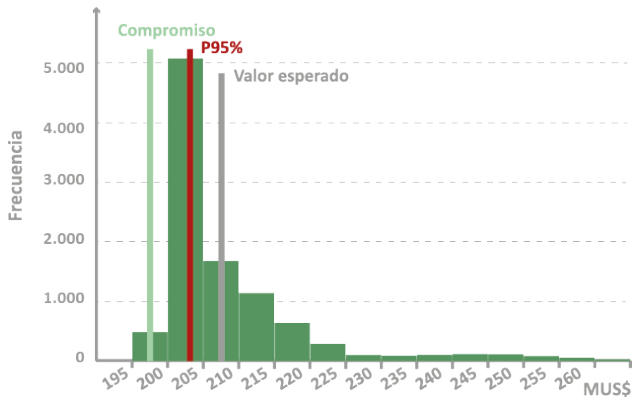




**FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DEL CONTRATISTA CON RECUPERACIÓN Y CON GESTIÓN COMPAÑÍA B**

COSTOS CON RECUPERACIÓN	
Costo esperado	214 MUS\$
Costo peor escenario probable	205 MUS\$
Costo en riesgo	9 MUS\$
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	0%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	0,2%

COSTOS CON GESTIÓN	
Costo esperado	210 MUS\$
Costo peor escenario probable	204 MUS\$
Costo en riesgo	6 MUS\$
Prob. de cumplimiento (Respecto a Compromiso)	0%
Prob. de cumplimiento (Respecto a Referente)	0,1 %



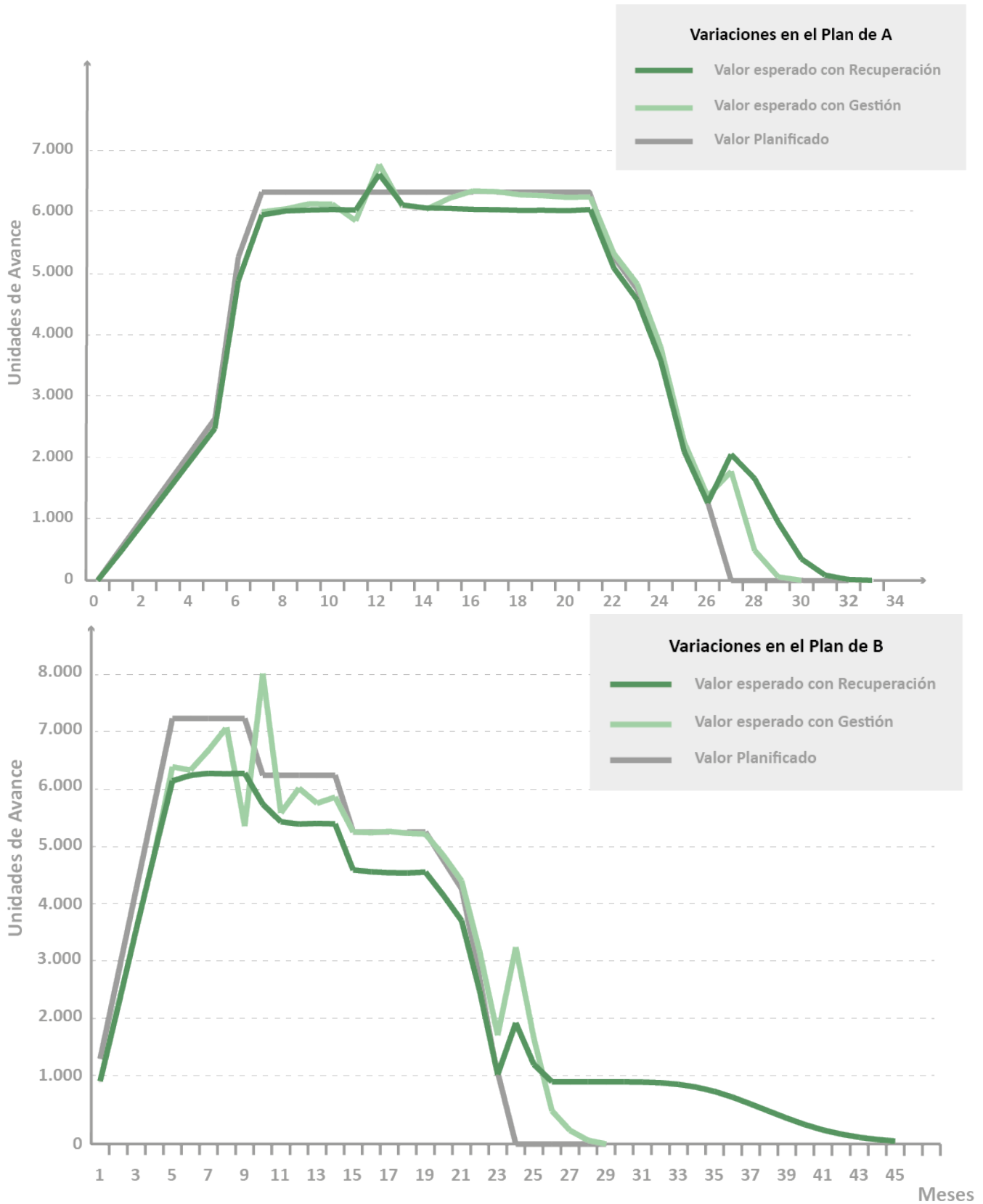
En el caso de B se puede observar que, aun cuando las diferencias en los costos esperados son mayores que para la compañía A, estos siguen sin ser relevantes. En el caso del valor en riesgo, los valores están en torno al 4% y 3% de los costos comprometidos para los casos con recuperación y con gestión respectivamente.

Cabe detenerse en entender la diferencia entre los valores esperados de los costos en el caso con recuperación y con gestión, para ambas compañías. Aun cuando no son diferencias relevantes, llama la atención que siendo mayor el costo variable de cada unidad gestionada respecto a las recuperadas, el escenario con gestión logre un costo total más bajo. Esto es atribuible a dos razones, en primer lugar, al tener la posibilidad de ir gestionando el atraso, las unidades de avance no se van acumulando y por ende se disminuye la probabilidad de pagar multas semestrales. En el caso sin gestión, los atrasos se acumulan hasta el final de las obras y recién ahí se pueden tomar medidas para recuperar estos metros, por ende se aumentará el pago de multas y por lo mismo el costo total. Por otra parte, los costos asociados a unidades gestionadas se van

pagando a medida que estas se van solicitando, y por ende el polinomio de costos se ajusta al valor de las variables económicas en estos períodos. En el caso de las unidades recuperadas, estas se pagan al final del tiempo planificado, y por ende están sujetas a mayores valores de las variables económicas (si se toma en cuenta que el IPC es una variable que tiende al alza).

En la **FIGURA 8** se analizan los perfiles de avance esperados de ambas compañías para los casos con recuperación y con gestión. En la compañía A no se observan grandes diferencias entre escenarios, mientras que para la compañía B, la posibilidad de gestionar recursos pasa a ser fundamental para conseguir plazos más cercanos a los comprometidos, y a los propuestos por el mandante. Finalmente, se buscó realizar un análisis de sensibilidad de los riesgos técnicos y económicos, en las variables de desempeño más relevantes. Para llevar a cabo este análisis se utilizaron gráficos tornados, donde la idea es evaluar la sensibilidad del plazo y costo a los riesgos evaluados. Para esto, los valores de cada riesgo, uno a uno, se fijan en sus valores extremos (P5% y P95%) y el resto de los riesgos se

FIGURA 8. VARIACIONES EN EL PERFIL PLANIFICADO A Y B



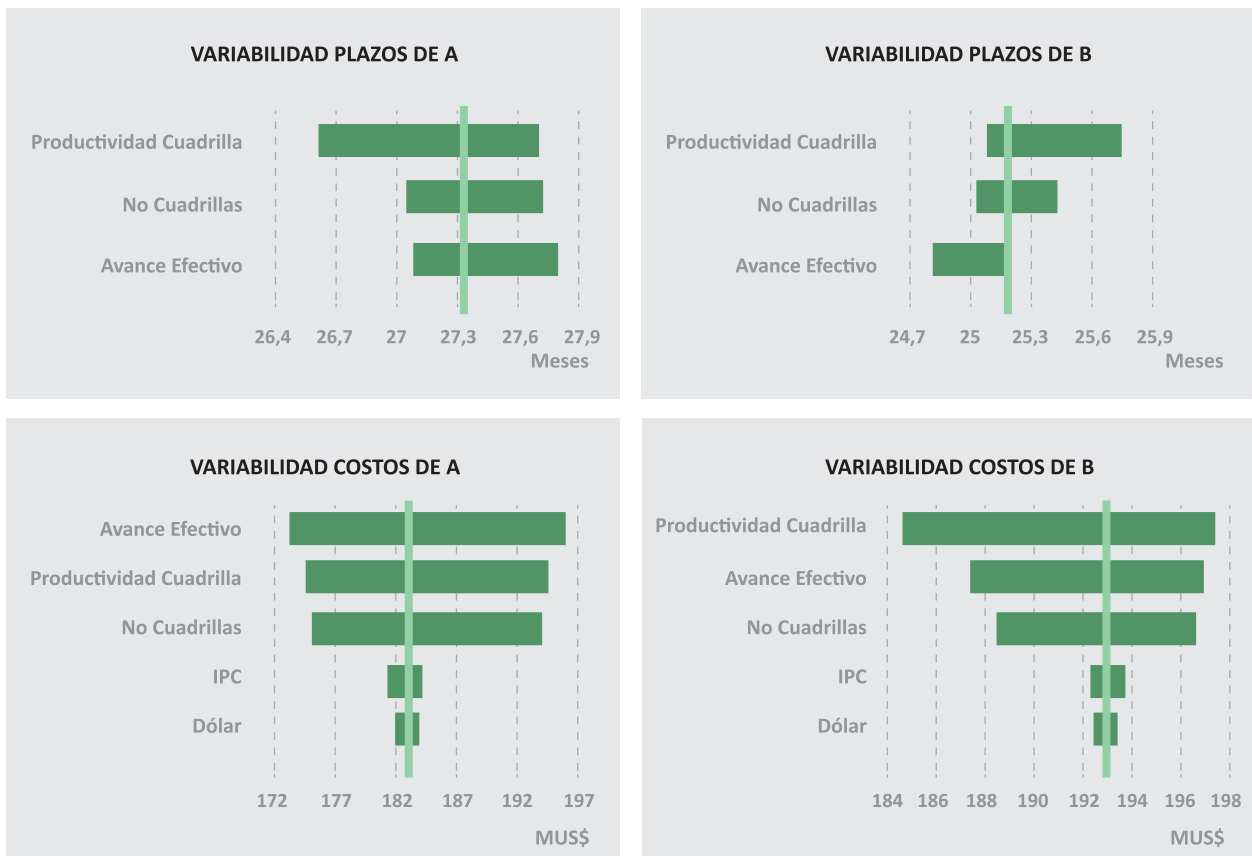
mantiene activo, para luego simular (estas simulaciones se realizaron con 1.000 iteraciones). Así, mediante los gráficos de tornado es posible ver el impacto que cada riesgo tiene por separado, mostrándose así los intervalos entre los que pueden variar los plazos y costos. En la **FIGURA 9** se muestran los resultados de los gráficos de tornado obtenidos para los escenarios con gestión. Es importante aclarar que para el caso del costo, se estudió el costo que la empresa mandante tendría considerando las multas (es decir, el costo planificado de cada contratista menos el total en multas).

De la figura se puede deducir que para A, el riesgo que tiene un mayor impacto negativo en términos de plazo es el de Avance Efectivo, es decir la materialización de valores bajos de este riesgo conlleva a un mayor aumento en el plazo del proyecto. Respecto a los costos para el mandante, el Avance Efectivo también es aquel que más reduce el costo para el mandante. En otras palabras, es este el causante de multas más abultadas, reduciendo el monto a pagar del mandante.

Para el caso de la compañía B se puede decir que el riesgo Productividad Cuadrilla es aquel que tiene mayores impactos negativos respecto al plazo. Se puede ver que riesgos equivalentes a un bajo nivel de productividad tiene como impacto un mayor aumento en el plazo que los restantes riesgos técnicos. Respecto a los costos del contratista, esta variable es la que también conlleva a una generación mayor de multas, disminuyendo el monto total a pagar por el mandante. Es importante comentar que, si bien los riesgos tienen el potencial de disminuir los montos a pagar por parte del mandante debido a las multas, el objetivo principal es que el contratista termine el proyecto dentro de lo establecido. En otras palabras, el sistema de multas debiese tener como objetivo principal el de incentivar al contratista para que se ajuste a lo planificado, y no usufructuar.

A través de la evaluación de riesgos de las licitaciones de las compañías A y B se puede deducir, en primer lugar, que en el caso con recuperación, ambas compañías no

**FIGURA 9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**



lograrían – en valor esperado – el objetivo planificado ni en términos de plazo ni costos. No obstante, la compañía A se acerca mucho más al plazo planificado que B, quien se aleja bastante por su perfil más riesgoso. Sin embargo, cuando las compañías tienen capacidad de gestión, B logra concluir el proyecto dentro de su planificación, principalmente porque puede reaccionar paulatinamente a los atrasos que genera, la capacidad extra gestionada no tiene riesgo y su plazo planificado contaba con un diferencial a favor respecto al plazo del referente. Por último, se pudo constatar que para el caso A, el riesgo de mayor impacto en el desarrollo del plan era el Avance Efectivo, mientras que para B, el de Productividad Cuadrillas. Esto permitiría a la empresa mandante solicitar a la empresa escogida agregar medidas de mitigación dentro de la planificación para apalear el impacto del riesgo bajo interés.

*La evaluación de riesgos permite al mandante seleccionar al correcto contratista considerando sus riesgos y entrega información valiosa para asistir al mandante durante la negociación de los términos del contrato.*

*A priori, ciertas ofertas pueden ser atractivas en términos de plazos de ejecución y costos. No obstante, dicha figura puede cambiar drásticamente si se considera el perfil de riesgo de cada ofertante.*

## CONCLUSIONES

El caso ilustrado ejemplificó la relevancia de realizar una evaluación de riesgos a la hora de analizar las opciones en una licitación. A priori, ciertas ofertas pueden ser atractivas en términos de plazos de ejecución y costos. No obstante, dicha figura puede cambiar drásticamente si se considera el perfil de riesgo de cada ofertante. En este caso, se pudo concluir que, en el caso que las empresas no cuentan con medidas de gestión para palear los atrasos (caso con recuperación), ambas ofertas eran incapaces – en valor esperado – de realizar el trabajo respecto a lo planificado y a lo requerido por el oferente. Sin embargo en el caso con gestión, al menos la compañía B logra desarrollar el

proyecto en el plazo requerido por el mandante.

La evaluación de riesgos en licitaciones también brinda el beneficio de detectar los riesgos de mayor impacto para cada oferente. Esto puede ser muy útil ya que aumenta la información con la que se puede negociar al minuto de escoger al contratista. Por ejemplo, se podría solicitar al contratista que incluya algunas medidas de prevención y/o mitigación para contrarrestar el potencial impacto de cierto(s) riesgo(s) durante el desarrollo. Además, a través de esta herramienta se podría estudiar distintas estrategias de multas. Esto pues la importancia de las multas es que sean capaces de incentivar a la empresa contratista a terminar el proyecto dentro de lo necesitado, sin afectar la solidez financiera de la compañía ni intentar reducir el costo para el mandante por efecto de cobros desmesurados de multas.

Finalmente, la visión tradicional de la evaluación de licitaciones considera solamente los análisis técnicos y económicos. No obstante, y dado la actual coyuntura, cada día toma más fuerza la idea de agregar la evaluaciones de riesgos dentro del proceso de evaluación. Esta permite estudiar en detalle cada una de las ofertas considerando los riesgos que afectan el rendimiento de los licitantes, brindando la cuota de realismo a las conclusiones obtenidas en la evaluación técnica y económica. Por lo tanto, la evaluación de riesgos permite al mandante seleccionar al correcto contratista considerando sus riesgos y entrega información valiosa para asistir al mandante durante la negociación de los términos del contrato.

## BIBLIOGRAFÍA

- COCHILCO, 2016. Informe de Tendencias del Mercado del Cobre: Enero 2016, Santiago.
- COCHILCO, 2015. Caracterización de los Costos de la Gran Minería del Cobre, Santiago.
- Huidobro, J., Heredia, B., Salmona, M., Alvarado, L., 2009. Inclusión en la gestión de riesgos en el estudio de ofertas para licitaciones de proyectos. Revista de la Construcción, 8(2), pp. 27-37.



### JOSEFINA CORREA

Se unió GEM en marzo de 2015. Durante su tiempo en la compañía se ha especializado en la evaluación de proyectos y el área de economía. Ha participado en diversos proyectos relacionados con las industrias del cobre, litio, potasio y aluminio, realizando estudios de tendencias de mercado, y desarrollando modelos para estimar tendencias futuras en precios, costos y producciones. A su vez ha participado en la evaluación de los proyectos estratégicos de grandes empresas mineras. Josefina tiene un grado de Ingeniero Industrial, con diploma en Ingeniería de Minas de la Universidad Católica de Chile.

[jcorrea@gem-ing.cl](mailto:jcorrea@gem-ing.cl)



### CARLOS HINRICHSEN

Se unió GEM en marzo de 2011 y es su Gerente de Desarrollo de Negocios. Se ha especializado en las áreas de Evaluación y Capacitación. Su experiencia se ha centrado en las evaluaciones de proyectos en condiciones de incertidumbre, a través de metodologías de análisis de riesgo y opciones reales. Además, es el presentador principal de los cursos de “Análisis de Riesgos de los Planes Mineros” y “Opciones Reales para la Evaluación de Proyectos Mineros”.

Carlos tiene un grado de Ingeniero Industrial de la Universidad de los Andes, y un diploma en Marketing y Ventas de la Universidad de Chile. También es profesor del curso “Evaluación Bajo Incertidumbre” de facultad de ingeniería y ciencias aplicadas de la Universidad de los Andes.

[chinrichsen@gem-ing.cl](mailto:chinrichsen@gem-ing.cl)



### MATÍAS MARAÑÓN

Se unió a GEM en septiembre de 2014. Se ha especializado en las áreas de Economía, Evaluación e I+D. Su experiencia se ha centrado en estudios de tendencias de mercado (cobre, hierro, litio y aluminio), modelos económicos, evaluaciones de riesgo, evaluaciones de proyectos mineros y en el desarrollo de herramientas internas.

Matías tiene un grado de Ingeniero Civil Industrial, con diploma en Ingeniería de Minas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

[mmaranon@gem-ing.cl](mailto:mmaranon@gem-ing.cl)



# ECONOMÍA DE MINERALES

Por Christian Lichtin

No solo personas ligadas al mundo de la minería están al tanto del difícil momento que enfrenta la industria, en donde el precio de varios *commodities* ha bajado considerablemente, sino que dada la relevancia que tienen estos mercados a nivel mundial, el crudo contexto actual es ampliamente conocido. Se conoce la situación pero quizás pocos entienden las razones que la explican.

Existe un área de la economía enfocada en estudiar los fundamentos económicos de la industria minera llamada Economía de Minerales. En esta sección nos enfocaremos en dar una breve descripción a uno de los libros que tratan estos temas. Se llama *Mineral Economics and Policy*, y fue escrito conjuntamente por John E. Tilton y Juan Ignacio Guzmán. Este libro busca explicar los fundamentos que existen detrás de las fuerzas que determinan el precio de mercado de los distintos *commodities*, revisando la Demanda y la Oferta, y cómo estas dos interactúan y forman los distintos tipos de Mercados Mineros. Se busca explicar por qué existe una alta volatilidad en los precios de los metales y cuál es el impacto que generan los inversionistas/especuladores en la industria.

Uno de los atributos que hacen que este libro sea distinto es el hecho que incluye discusiones interesantes asociadas al establecimiento de impuestos específicos a la minería, detallando las razones a favor y en contra de dichas políticas. A su vez, revisa cómo la minería y el desarrollo económico de los países se relacionan, ilustrando algunas experiencias de ciertos países. Finalmente discute temas de sustentabilidad y cómo se espera evolucione la disponibilidad de materias primas en las generaciones futuras.

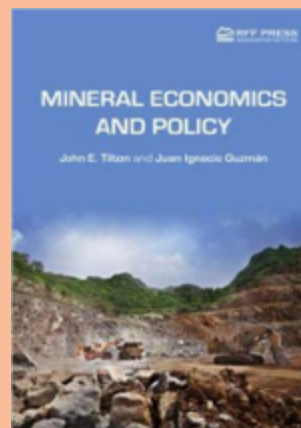
*Mineral Economics and Policy* es un libro fácil de leer y simple de entender. No entra en definiciones demasiado técnicas, teniendo el nivel de profundidad necesario para que cualquier persona interesada en entender un poco más el mercado de minerales lo pueda hacer.

Ha recibido buenas críticas de parte de conocidos académicos de la industria, como los que se presentan al final de esta sección, por lo que si se tiene tiempo y se está interesado en entender por qué el mercado está como está, y cómo debiese evolucionar, la lectura de este libro está totalmente recomendada.

“This is a well-written concise examination of the basic economics of the mineral industry and of the various policy issues facing all its stakeholders. It is not only an ideal text for students of mineral economics but also a clear exposition of the industry’s driving forces for students of mining-related disciplines, and for professionals within the industry, the financial community and governments.” - Phillip Crowson, Honorary Professor and Professorial Research Fellow, Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy, University of Dundee, UK.

“... this is a comprehensive work of encyclopedic ambitions. It is well researched by two scholars with impressive knowledge of minerals. In my judgment, the prospects are considerable for the book to become a long-lasting classic. Reading it will benefit all kinds of audiences with an interest in mining, from students and their faculty to the captains and employees in the industry, as well as the public policy makers responsible for creating a favorable climate for mineral production, not to forget the financial types that invest in the sector.” - Marian Radetzki, Professor of Economics, Luleå University of Technology, Sweden, in Asian Pacific Economic Literature.

## REFERENCIAS



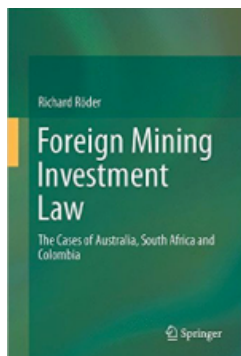
**Mineral Economics and Policy**  
J.E. Tilton y J.I. Guzmán  
Resources for the Future, 2016  
270 págs.

## ÚLTIMOS LIBROS

## ÚLTIMOS ARTÍCULOS

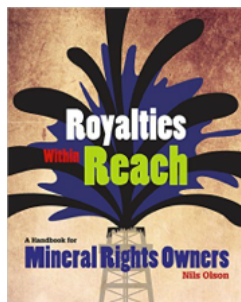
### Foreign Mining Investment Law: The Cases of Australia, South Africa and Colombia

Richard Röder  
Springer, 2016  
239 págs.



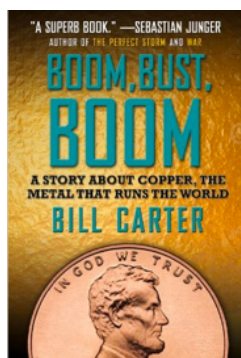
### Royalties Within Reach: A Handbook for Mineral Rights Owners

Nils Olson  
CreateSpace Independent  
Publishing Platform, 2014  
80 págs.



### Boom, Bust, Boom: A Story About Copper, the Metal that Runs the World

Bill Carter  
Schaffner Press, Inc.;  
Reprint edition, 2014  
304 págs.



### Mineral Rents and the Financing of Social Policy: Opportunities and Challenges (Social Policy in a Development Context)

Katja Hujo  
Palgrave Macmillan, 2012  
343 págs.



### ECONOMÍA

- Boulamanti, A. & Moya, J. (2016). Production costs of the non-ferrous metals in the EU and other countries: Copper and zinc. *Resources Policy*, Vol 49, 112-118.
- Henckens, M., Van Ierland, E., Driessen, P. & Worrell, E. (2016). Mineral resources: Geological scarcity, market price trends, and future generations. *Resources Policy*, Vol 49, 102-111.
- Waqar, M., Asim, M. & Jang, H. (2016). A review of cut-off grade policy models for open pit mining operations. *Resources Policy*, Vol 49, 142-152.
- Ramírez-Cendrero, J. & Wirth, E. (2016). Is the Norwegian model exportable to combat Dutch disease? *Resources Policy*, Vol 48, 85-96
- Redlinger, M. & Eggert, R. (2016). Volatility of by-product metal and mineral prices. *Resources Policy*, Vol 47, 69-77.
- Fogarty, J. & Sagerer, S. (2016). Exploration externalities and government subsidies: The return to government. *Resources Policy*, Vol 47, 78-86.
- Moffat, K. & Zhang, A. (2014). The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining. *Resources Policy*, Vol 39, 61-70.



# ECONOMÍA DE MINERALES

10-11 Agosto 2016

## INSCRIPCIONES ABIERTAS

**CARLOS HINRICHSEN**  
Gerente de Desarrollo de Negocios  
chinrichsen@gem-ing.cl  
22 225 3021

[www.gem-ing.cl](http://www.gem-ing.cl)

