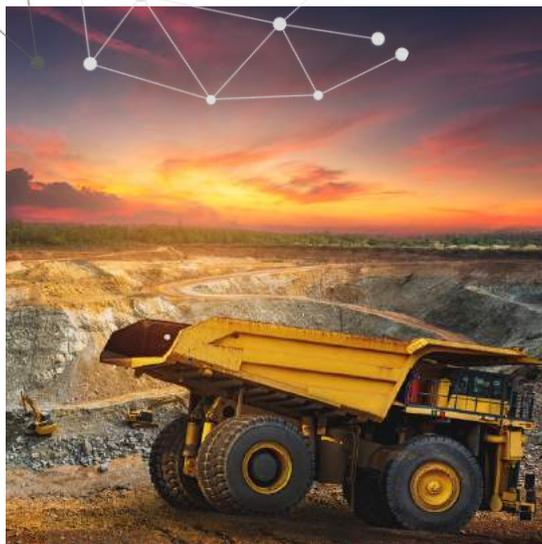


PERSPECTIVA

Análisis de Riesgo en la Industria Minera

Mayo 2022



GEM

ÍNDICE

Sobre nosotros.....	2
"Nueva Perspectiva".....	3
Análisis de Riesgo en la Industria del Cobre.....	5
Perspectiva vs realidad.....	5
Metodología del análisis.....	6
I. Evaluación Ex Ante.....	7
II. Evaluación de sobrecostos y sobreplazos en la industria minera.....	12
III. Evaluación de sobrecosidos y sobreplazos en la industria minera de cobre en Chile Perú.....	18
Análisis y discusión.....	20
Conclusiones y recomendaciones.....	23
Autores y contacto.....	24



SOBRE NOSOTROS

Con más de 13 años de experiencia y más de 350 exitosos proyectos implementados a nivel mundial, **GEM es la consultora líder de la industria minera.**

NUESTRA MISIÓN

Somos una empresa proveedora de productos y servicios de ingeniería industrial de excelencia para la industria minera. Buscamos maximizar el valor del negocio de nuestros clientes a través de mejorar su capacidad para tomar decisiones estratégicas, por medio de servicios innovadores entregados de manera efectiva por un equipo profesional altamente calificado.

Contamos con seis áreas de expertas:

Analítica

Capacitación

Economía

Estrategia

Evaluación

Optimización

"UNA NUEVA PERSPECTIVA"

"Confiamos en que nuestra experiencia y conocimientos en temas de gestión y economía -acumulados en más de 13 años de existencia y más de 350 proyectos desarrollados a nivel internacional- son una fuente de conocimiento valiosa para la minería, por lo que hemos iniciado esta publicación trimestral llamada Perspectiva. Mediante un lenguaje simple, presentaremos algunos de los tópicos de mayor impacto para las empresas, operaciones, proyectos, y demás *stakeholders* de la industria, ofreciendo una Perspectiva nueva y/o renovada respecto al tema.

Habiendo tantos temas de interés para la industria, decidimos iniciar esta publicación con una revisión en profundidad del análisis de los riesgos en operaciones y proyectos mineros.

Tratando de mantener en todo momento la objetividad del análisis, en este documento se resumen los principales resultados agregados que hemos podido derivar en conjunto con más de 20 empresas mineras y 80 proyectos en los últimos años. Así también, hemos incorporado algunas de las fuentes académicas más relevantes para fundamentar las causas de desvíos en proyectos mineros.

Con objeto de ofrecer una mirada más especializada, decidimos profundizar con un mayor nivel de análisis de la industria



del cobre en Chile y Perú, que en conjunto produjeron alrededor del 37,5% de la producción mundial de cobre mina en 2021.

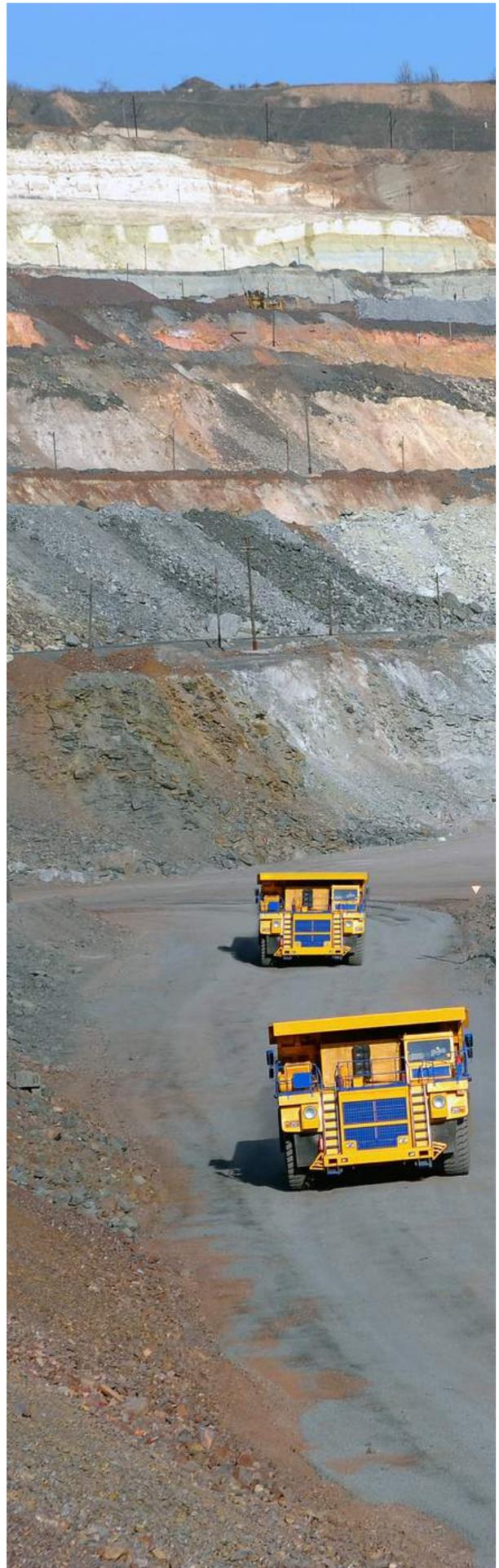
Aunque a inicios de este siglo pocas empresas se atrevían a cuantificar el riesgo de sus proyectos y operaciones, hoy en día prácticamente todas las principales empresas de minería del mundo mantienen sistemas de análisis y gestión de riesgos a niveles corporativos, así como en sus operaciones y proyectos.

Incluso, parece impensado tomar hoy decisiones estratégicas sin un entendimiento profundo y cuantitativo de las vulnerabilidades y oportunidades

que dichas decisiones conlleven. Esto no es, sin embargo, pura casualidad. El ambiente interno y externo de la minería se ha vuelto más incierto en las últimas dos décadas, y probablemente algunas fuentes de incertidumbre (precios, regulaciones ambientales, relación con comunidades, desafíos técnicos, entre otros) solo vayan aumentando en el tiempo.

Esperamos que *Perspectiva*, disponible en inglés y español, se convierta en una fuente de consulta en la minería mundial para todos aquellos que deseen conocer y profundizar en los problemas y herramientas de vanguardia. De esta forma, estamos convencidos de que esta publicación nos permitirá seguir apoyando a la industria minera a maximizar el valor a extraer y capturar de sus decisiones de negocio".

 **Juan Ignacio Guzmán**
CEO GEM



ANÁLISIS DE RIESGO EN LA INDUSTRIA DEL COBRE

ESTIMACIÓN VS REALIDAD

Mediante una licitación internacional, en 2004, Xstrata Copper obtuvo el derecho de explorar el depósito de cobre "Las Bambas", ubicado a unos 72 km al suroeste de la ciudad de Cusco, Perú.

El estudio de factibilidad se obtuvo en 2009, y dos años después, la aprobación de EIA.

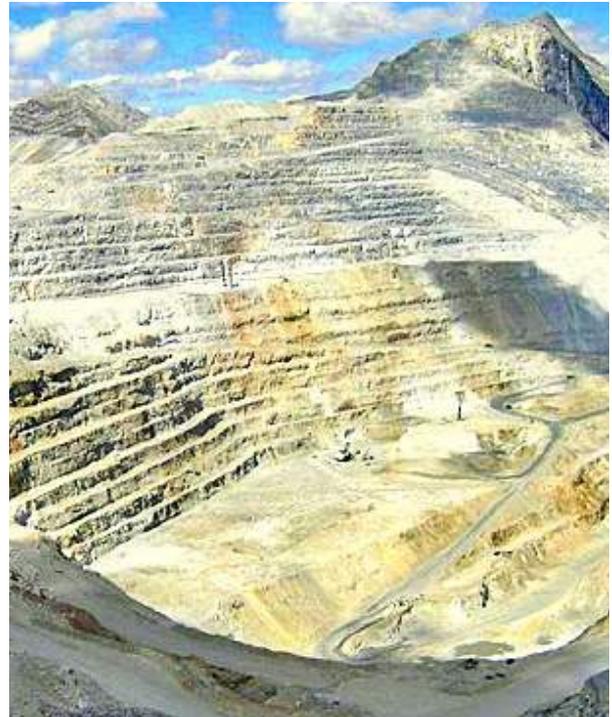
El costo de capital total se estimó en 4.200 MUS\$, y la producción en 400.000 toneladas de cobre en régimen. Con esto, la construcción de la mina se inició en 2012, periodo en que el precio del metal rozaba los 4 US\$/lb.

En 2013, Glencore adquirió Xstrata, por lo que pasó a ser la nueva propietaria de la mina.

Ya habían avances en la construcción e infraestructura de Las Bambas en el año 2014, cuando también las perspectivas de precio del metal se redujeron. Fue este año, que el consorcio compuesto por MMG Limited, Guoxin International Investment Co. Ltd. y CITIC Metal Co. Ltd. adquirió este depósito de cobre.

Finalmente, la primera producción de concentrado de cobre se logró en diciembre de 2015, como parte de las actividades de comisionamiento.

La producción comercial comenzó en



julio de 2016. El costo de capital total actualizado: 7.400 MUS\$, un 75% superior al valor estimado en la etapa de ingeniería.

En el primer año completo de producción comercial, esta superó las 450.000 toneladas de cobre en concentrado, y actualmente la mina se encuentra en estudio la etapa 2 de desarrollo de la operación y cuarto EIA.

Casos de desarrollo como el anteriormente descrito, no son una excepción en la industria minera. Las estimaciones de mercado pueden cambiar. Nuevas y mejores soluciones técnicas son desarrolladas y nuevos requerimientos políticos, sociales y regulatorios pueden establecerse después de la decisión de inversión.

En la práctica, se sabe que siempre existen incertidumbres, las que al materializar un proyecto, constituyen riesgos que pueden afectar el valor final de los proyectos mineros. Así, muchas inversiones no alcanzan el retorno original prometido.

Por tal motivo, **el objetivo de este reporte es estudiar las principales variables que afectan el valor económico alcanzado por los proyectos mineros, analizar el impacto agregado observado en la industria y entregar algunas luces respecto a las razones que explican estas desviaciones a partir de lo señalado en la literatura.**

Este estudio se basa en las mejores prácticas de la industria minera y la experiencia de GEM en el proceso de Análisis y Gestión de Riesgos de proyectos individuales y agregados, como parte de una cartera de proyectos de inversión. De esta forma, se esperan detectar oportunidades de mejora en los procesos de estimación actuales.

METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

Esta consiste en primer lugar, en un estudio Ex Ante de 53 Análisis de Riesgos ejecutados por GEM, para 27 proyectos de diferentes empresas mineras entre los años 2010 y 2021, considerando la identificación de las principales incertidumbres, la contribución individual de estas al Valor en Riesgo (VaR) del proyecto, y el análisis de la estimación de la incertidumbre en relación al valor estimado por los equipos de proyecto.

En segundo lugar, se incluye una

evaluación Ex Post enfocada en el sobrecosto y sobreplazo que experimentan los proyectos mineros, a partir de una amplia base de datos de proyectos mineros en el mundo ejecutados entre 1994 y 2021, que recoge 237 estimaciones de 88 proyectos en diferentes etapas de ingeniería hasta la construcción.

Como parte de la revisión, se exploran diferentes hipótesis de la literatura que buscan explicar de manera aislada el sesgo y variabilidad que experimentan los proyectos mineros, en particular, para la minería del cobre en Chile y Perú. Como resultado del análisis se evidencia que los proyectos mineros presentan un déficit en la estimación de CAPEX y plazos de ejecución, presentando sobrecostos y sobreplazos.



En las próximas páginas, se presenta el análisis y discusión de los resultados observados, contrastado con algunas explicaciones identificadas en la literatura, respecto a desviaciones entre las estimaciones tempranas y materializadas.

I. EVALUACIÓN EX ANTE

A continuación, se muestra una recopilación de distintos estudios de Análisis de Riesgos realizados por GEM, particularmente en la industria minera del cobre en Chile y el extranjero.

El objetivo es mostrar las principales incertidumbres identificadas, la contribución individual de estas al Valor en Riesgo del proyecto (VaR), y la medición de la incertidumbre total del valor del proyecto respecto al valor estimado por el equipo de estimación (valor determinístico).

La figura (1) corresponde a un esquema de la base de datos considerada, que contiene un total de 53 estudios de Análisis de Riesgos efectuados por GEM a 27 proyectos mineros de cobre entre 2010 y 2021.

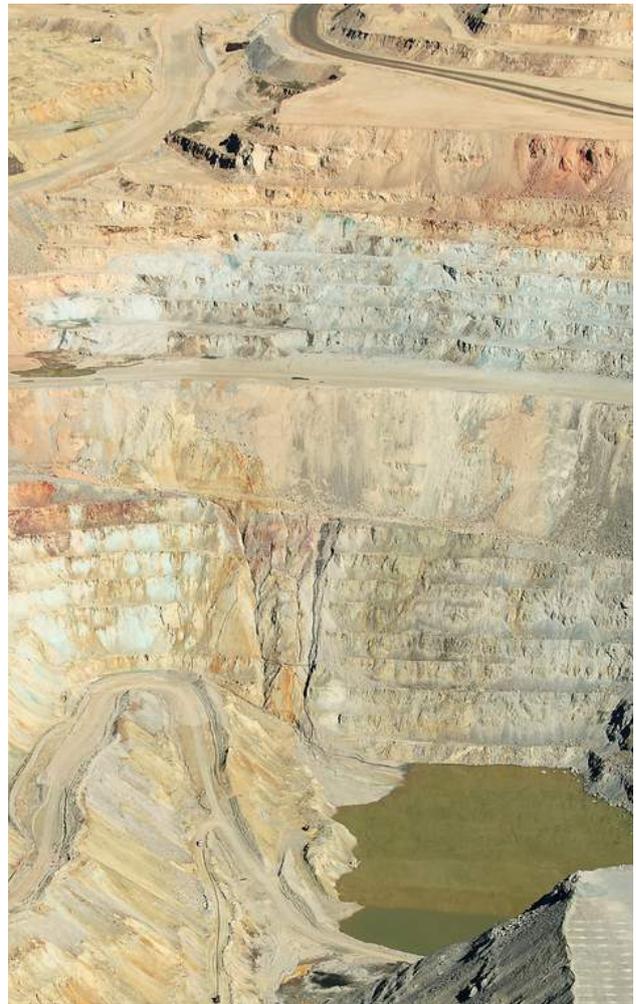


Figura 1 - Esquema de base de datos



Con el fin de evaluar el impacto de la desviación de las estimaciones en el valor del proyecto, el análisis de la base de datos se centra en la recopilación de las siguientes variables (figura 2).

Figura 2 - Variables



En el gráfico 1, se muestra el registro de observaciones referidas a los riesgos identificados en los estudios de Análisis de Riesgos desarrollados por GEM para la industria del cobre.



Se observa que el OPEX (costo operacional) es considerado en todos los Análisis de Riesgo estudiados. Otros riesgos considerados en la mayoría de los análisis corresponden al atraso en el plazo de ejecución (PE), la recuperación del producto principal, CAPEX (Capital Expenditure / Inversión en Capital), precio del producto principal y precio de subproductos.

Es importante destacar que el gráfico anterior no da cuenta del impacto de estos riesgos, y su objetivo es solo ilustrar sobre los riesgos más considerados en los estudios de la industria.

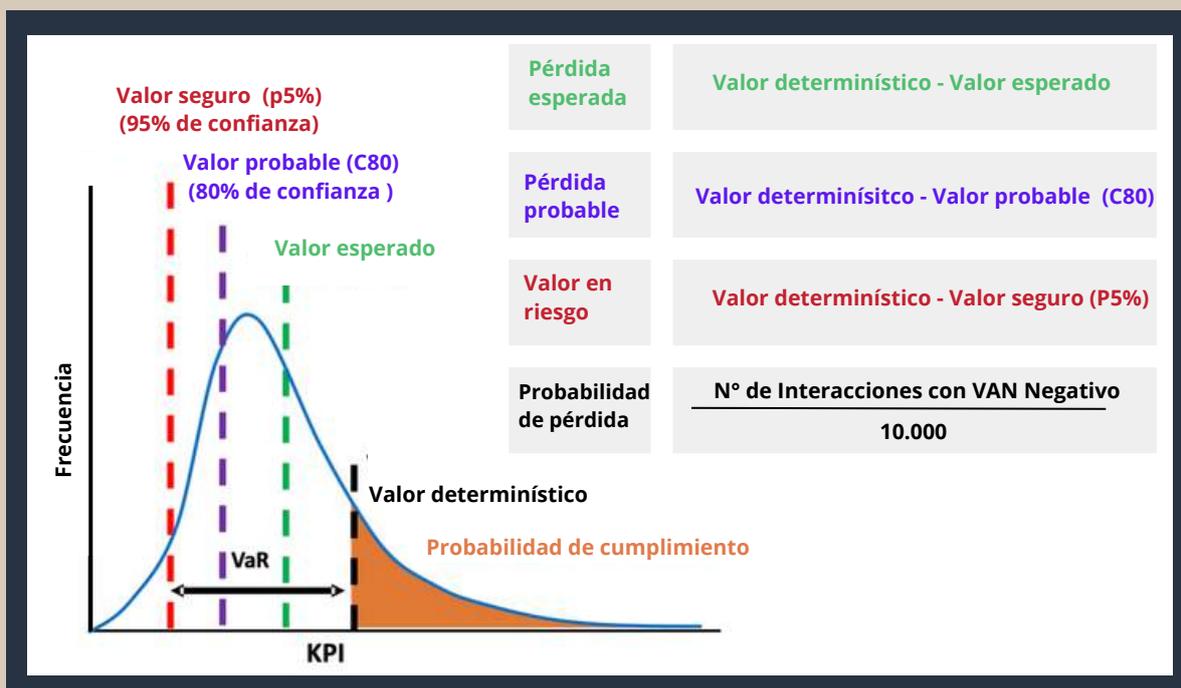


¿QUÉ ELEMENTOS COMPONEN UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE GEM?

Mediante simulación de Monte Carlo se obtiene el análisis de riesgos que cuenta con las siguientes métricas:

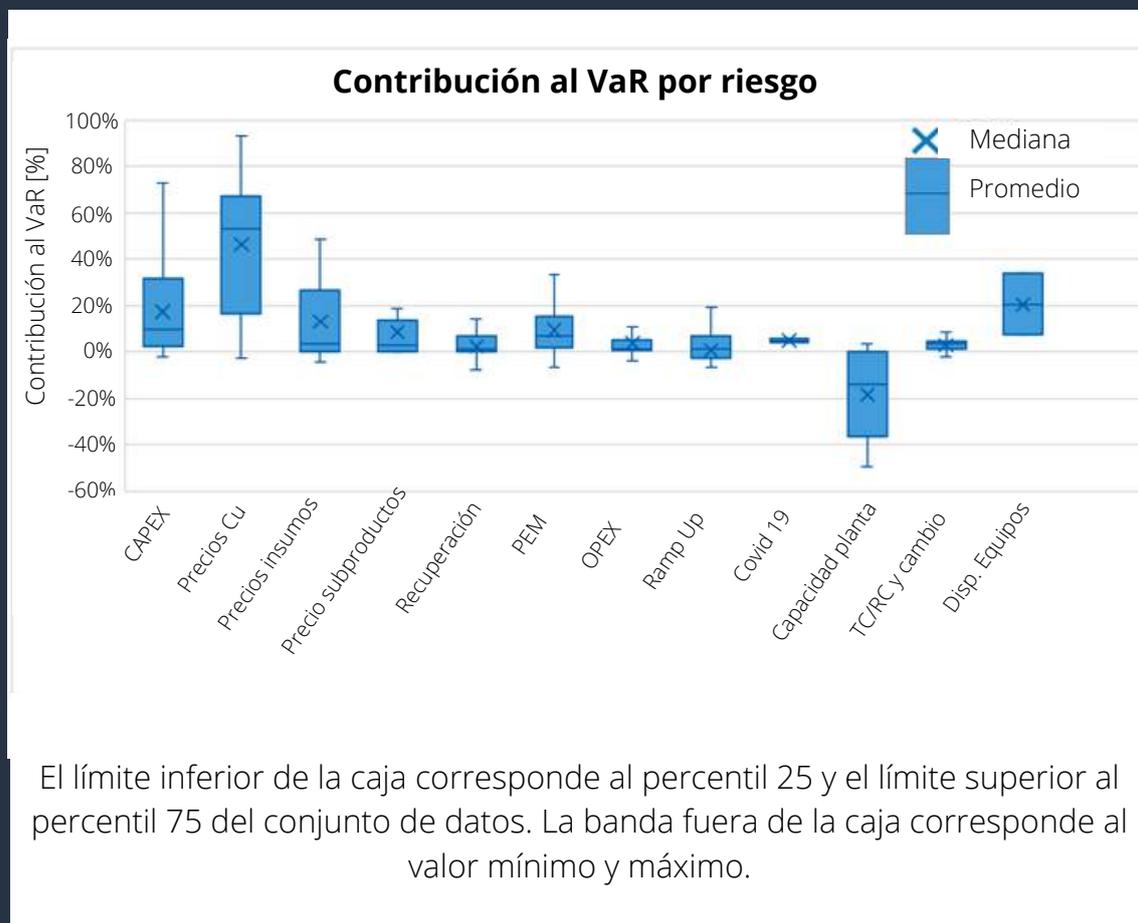
- Valor en riesgo (VaR): Es el valor el cual se puede perder (o crear) en caso de materializarse los riesgos. Resultado de la diferencia entre Valor determinístico y el Valor seguro.
- Probabilidad de pérdida: Es el número de veces en la cual la simulación arrojó un valor negativo de VAN sobre el número de iteraciones.
- Probabilidad de cumplimiento de VAN: Es el número de iteraciones en la cual el VAN es mayor a el valor determinístico.

El siguiente esquema incorpora las métricas descritas:



El siguiente gráfico (2) muestra el impacto al Valor en Riesgo de los proyectos para los principales riesgos identificados.

Gráfico 2 - Impacto en el Valor en Riesgo de los proyectos para los principales riesgos identificados



Se aprecia que el riesgo con mayor impacto en el Valor en Riesgo en los proyectos estudiados corresponde al precio del producto principal, el cual contribuye en un 46% al VaR en promedio.

Así también, otras variables de alto impacto en el valor del proyecto corresponden al CAPEX, Puesta en Marcha (PEM), capacidad planta y disponibilidad de equipos.

Incertidumbres con bajo impacto en el VaR, como por ejemplo el OPEX, implican que la industria, en general, considera que de materializarse la incertidumbre no se verá afectado el VAN de manera significativa. Esto se explica con el modelo de GEM para el OPEX, que incluye la reacción o ajuste de este ítem al precio del commodity principal y en consecuencia, su contribución al Valor en Riesgo. Dicho de otra forma, si bien existe una variabilidad operacional que

está contenida en la incertidumbre de OPEX, el Análisis de Riesgos de GEM considera también en la variable precio eventuales ajustes de costos ante posibles alzas/bajas.

Por último, para la base de datos de Análisis de Riesgos de GEM se estima el nivel de incertidumbre de la medición a través del cálculo del Valor en Riesgo (VaR) sobre el VAN estimado, el cual se presenta en la siguiente figura (gráfico 3).

Esta razón da una medida del nivel de riesgo de cada proyecto, y permite comparar proyectos de diferentes tamaños y características, en virtud de la tolerancia al riesgo propia de cada compañía.

Un valor cercano a cero es el óptimo en esta razón, donde el valor seguro (P05) sería igual al VAN estimado y el resto de los valores de la simulación serían mayores al VAN estimado. Por otro lado, un valor alto de la razón de VaR sobre VAN indica que el valor seguro del proyecto es pequeño respecto al VAN estimado, y, por lo tanto, el Valor en Riesgo es alto.

En el gráfico 3 se observa que el valor medio del VaR sobre VAN es de 57%, es decir que, en promedio, el valor seguro de los proyectos de la base de datos es de 43% del VAN estimado previamente al Análisis de Riesgos.



II. EVALUACIÓN DE SOBRECOSTOS Y SOBREPLOZOS EN LA INDUSTRIA MINERA

Como fue expuesto en la sección anterior, la inversión en capital (CAPEX) y la fecha de puesta en marcha de un proyecto minero, son fuentes de incertidumbre relevantes para el éxito de este.

Por esto, el presente capítulo describe el análisis Ex Post realizado por GEM de los sobrecostos y sobreplazos de 88 proyectos mineros de cobre realizados a nivel internacional entre los años 1994 y 2021.

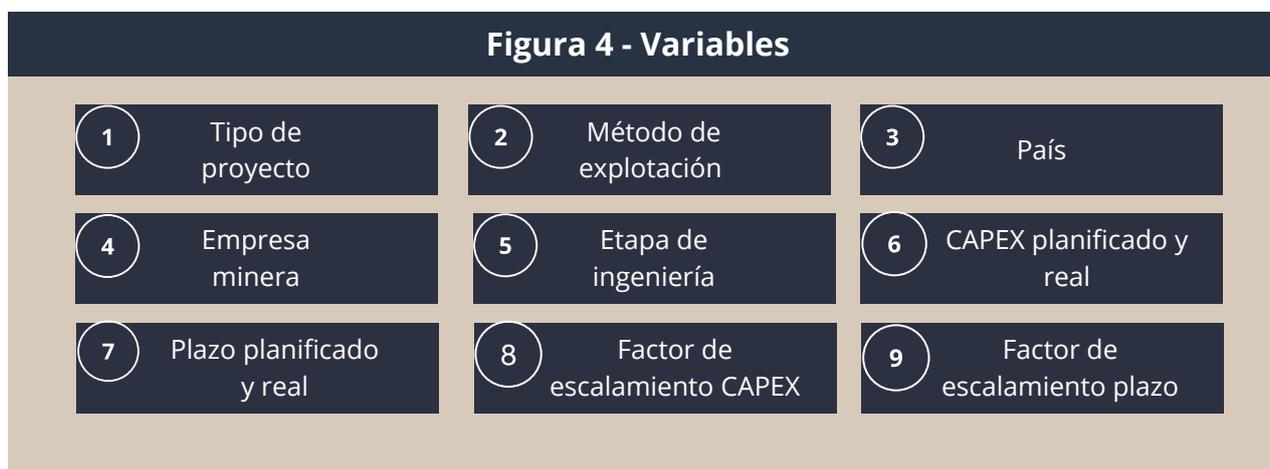


La siguiente figura (3) esquematiza la base de datos utilizada.



La información incluye varias empresas mineras y distintas etapas de ingeniería (desde prefactibilidad hasta construcción).

Los proyectos analizados en esta base de datos corresponden a proyectos tipo Greenfield y Brownfield. Las variables que se manejan son las expuestas en la figura 4.



Entre las múltiples formas de agrupar y estudiar la información, se exploran diferentes hipótesis recogidas en la literatura que pudiesen explicar de manera parcial el sesgo y variabilidad que experimentan los proyectos mineros.

De este modo, a objeto de caracterizar la información, se utilizan las siguientes categorizaciones: i) tipo de proyecto (Greenfield y Brownfield), II) método de operación (rajo, subterráneo, mixto), III) etapa de ingeniería y iv) tamaño del proyecto (CAPEX).

En la base de datos se cuenta con 34 proyectos tipo Greenfield y 54 proyectos tipo Brownfield. El método de explotación más estudiado corresponde a rajo abierto, con 60 observaciones, seguido por subterráneo con 20 observaciones y 8 de tipo mixto.

Finalmente, respecto a la categorización de etapa de ingeniería se cuenta con 94 proyectos en estado terminado, 36 en construcción, 90 en factibilidad y 17 en etapa de prefactibilidad.



Como punto de referencia, las principales métricas registradas en la base de datos se presentan en la tabla 1 adjunta.

Tabla 1 - Estadísticas base de datos Análisis Ex Post

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	87	5,6	0	0	9,2	0	12
Sobrecosto	%	87	21,4%	12,4%	0%	35,4%	-8,6%	64,4%

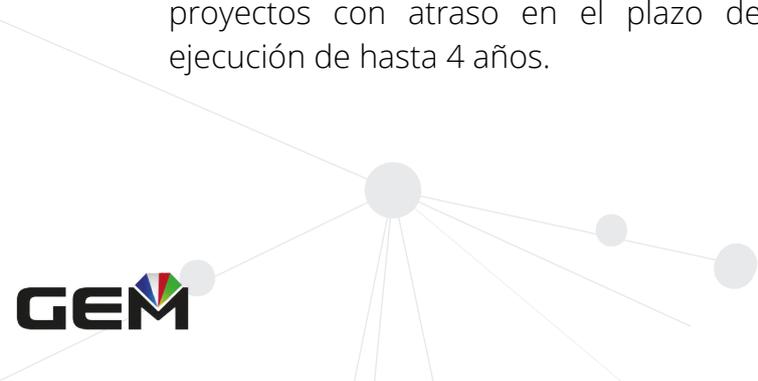
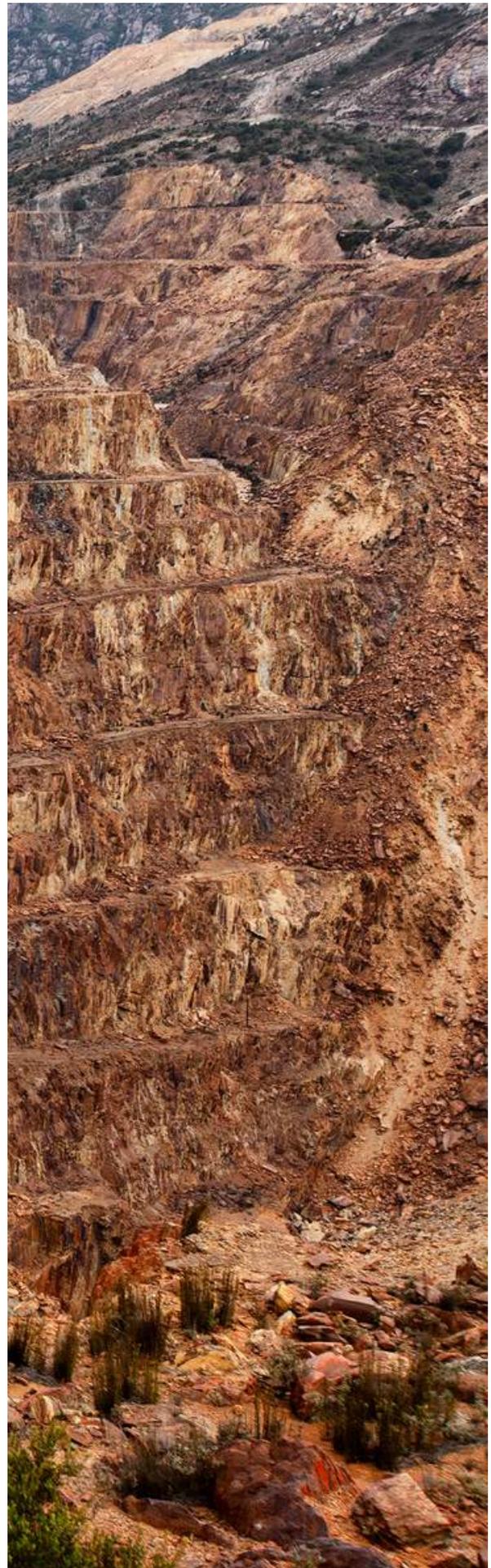
Tal como se muestra en la tabla 1, la base de datos indica que el sobrecosto promedio de los proyectos mineros es superior en un 21% al valor planificado, con una desviación estándar de 35%. Respecto al atraso promedio de los proyectos este es de 5,6 meses con una desviación estándar de 9,2 meses. Estos indicadores de sobrecosto y sobreplazo generan una gran oportunidad de mejora para los proyectos, ya que estos podrían ser evaluados con una mayor precisión, anticipándose al sesgo que poseen los Análisis de Riesgos de los proyectos mineros de cobre.

Por otro lado, existe una gran variabilidad entre los datos del estudio, lo que refleja de buena manera la situación mundial de proyectos construidos. Por ejemplo, en cuanto al factor de escalamiento del CAPEX, es posible visualizar que existen proyectos que terminan costando un 16% del total estimado (valor mínimo).

Este tipo de proyectos corresponde a aquellos de menor uso intensivo de capital (dentro de 60 a 120 MUS\$).

Existen proyectos con un sobrecosto de hasta 2,97 veces el valor estimado, correspondiente a una mina en Congo con una estimación de 787 MUS\$ y un CAPEX materializado de 2.336 MUS\$.

Asimismo, se ve que existe una gran variabilidad en los plazos de ejecución de los proyectos, con un atraso promedio aproximado de 6 meses hasta proyectos con atraso en el plazo de ejecución de hasta 4 años.



Al analizar la base de datos discriminando entre proyectos de tipo rajo abierto y subterráneo, se obtiene para proyectos de minería rajo abierto la siguiente tabla 2.

Tabla 2 - Estadísticas análisis Ex Post: Proyectos de minería a rajo abierto

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	60	4,9	0	0	7,5	0	12
Sobrecosto	%	59	20,5%	8,0%	0%	37,3%	-11%	62,9%

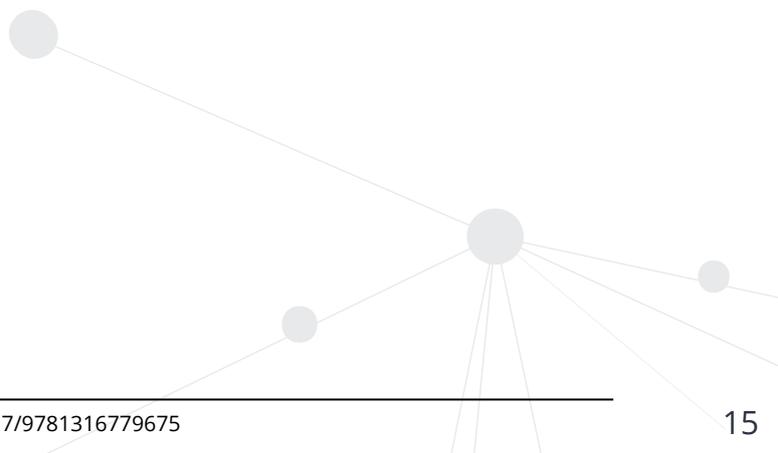
Para el caso de minería subterránea se obtienen los siguientes indicadores contenidos en la tabla 3.

Tabla 3 - Estadísticas análisis Ex Post: Proyectos de minería a subterránea

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	19	6,1	0	0	11,5	0	18
Sobrecosto	%	20	29,4%	17%	0%	30,3%	0%	69,4%

Es posible observar que las minas subterráneas poseen en promedio un factor de escalamiento de CAPEX mayor que las operaciones a rajo abierto. Esto puede ser debido a que los proyectos de minería subterránea son más complejos en su construcción. Este es uno de los factores más importantes de sobrecosto según la literatura (Segelod, 2018)¹ a diferencia de proyectos rajo abierto que se concentra en el secuenciamiento de la extracción de mineral.

Además de presentar mayor atraso por la complejidad en la construcción, la minería subterránea también sufre de mayor tiempo de preparación antes de la producción.



Ahora, distinguiendo entre etapas de ingeniería, se observa que una etapa más avanzada logra acercarse más al CAPEX real y tiene una menor desviación respecto a los plazos de ejecución de los proyectos.

La tabla 4 contiene los indicadores para ingeniería de factibilidad.

Tabla 4 - Estadísticas análisis Ex Post: Estudios de Factibilidad

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	90	5,5	0,25	0	8,6	0	12
Sobrecosto	%	90	23%	13%	N/A	41,9%	-8,8%	69,4%

Se puede notar que el sobrecosto, a medida que avanzan las etapas de ingeniería, disminuye hasta materializarse el CAPEX final en la etapa de construcción. Lo anterior puede ser debido a la mayor certidumbre que existe a medida que se realizan más estudios.

La tabla 5 contiene los indicadores para estudios de ingeniería en etapa de prefactibilidad.

Tabla 5 - Estadísticas análisis Ex Post: Estudios de Prefactibilidad

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	17	7,5	12	12	9,9	0	12
Sobrecosto	%	17	40,2%	24,1%	N/A	52,3%	-15,5%	111,1%

En las siguientes tablas se observa el impacto sobre los indicadores al discriminar los proyectos en virtud de la inversión en capital.

Para proyectos de CAPEX inferiores a 250 MUS\$ se tienen los siguientes indicadores contenidos en la tabla 6.

Tabla 6 - Estadísticas análisis Ex Post: Proyectos pequeños

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	35	5,2	0	0	9,8	0	12
Sobrecosto	%	36	21,8%	7,8%	0%	38%	-8,8%	45,2%

Para proyectos de CAPEX entre 250 MUS\$ y 750 MUS\$ se tienen los estadísticos contenidos en la tabla 7.

Tabla 7 - Estadísticas análisis Ex Post: Proyectos medianos

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	22	6,3	0,5	0	8,8	0	12
Sobrecosto	%	22	21,1%	8,6%	N/A	39,9%	-14,4%	71%

Para proyectos de CAPEX sobre 750 MUS\$ se tienen los indicadores de la tabla 8.

Tabla 8 - Estadísticas análisis Ex Post: Megaproyectos

Variable	Unidad	N° proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P10	P90
Atraso del proyecto	Meses	30	5,4	0	0	8,8	0	12
Sobrecosto	%	29	21,3%	15,4%	0%	27,6%	-7,9%	62,9%

Se puede inferir que el sobrecosto (y sobreplazo) de los proyectos mineros de cobre es independiente del tamaño del proyecto en términos de CAPEX, dado que presentan indicadores sin una tendencia comparativa clara.

III. EVALUACIÓN DE SOBRECOSTOS Y SOBREPLOSOS EN LA INDUSTRIA MINERA DE COBRE EN CHILE Y PERÚ

De modo análogo, es interesante entender la incertidumbre 'estimación de los costos de capital y plazos de ejecución' de manera aislada en la región que concentra la mayor producción de cobre del mundo: Chile y Perú. Para esto, se considera un universo de proyectos de cobre mayores a 100 MUS\$ sobre proyectos Greenfield, Brownfield, Redfield y de infraestructura tales como desaladora, acueductos y mineroductos en los últimos 11 años.

Para el análisis de sobrecostos en estos dos países, se tomaron proyectos Greenfield, Brownfield, Redfield y de infraestructura (a diferencia de la base de datos internacional donde solo se consideró proyectos Greenfield y Brownfield).

La base de datos cuenta con información de 118 proyectos de 49 empresas mineras, de los que fue posible obtener información respecto al sobrecosto de 29 proyectos.



La tabla 9 muestra el número de observaciones por tipo de proyecto, donde se observa que priman los proyectos de tipo Brownfield y Greenfield.

Tabla 9 - Observaciones por tipo de proyecto dentro de Evaluación Ex Post en Chile y Perú

Tipo de proyecto	Unidad	Nº observaciones
Brownfield	s/u	49
Greenfield	s/u	45
Redfield	s/u	3
Infraestructura	s/u	21

El siguiente gráfico (4) muestra el histograma de sobrecostos para los proyectos estudiados en Chile y Perú (el que resulta mayor que los proyectos mineros de cobre a nivel mundial). Se observa que la mayoría de los proyectos excede el CAPEX estimado, mientras que solo uno de los proyectos estudiados muestra un ahorro en CAPEX.



La Tabla 10 complementa la figura anterior con información referente al atraso del proyecto.

Tabla 10 - Estadísticas análisis Ex Post: Chile y Perú

Variable	Unidad	Nº proyectos	Promedio	Mediana	Moda	Desviación Estándar	P 10	P 90
Atraso del proyecto	Meses	18	6,7	7	7	4,8	0	11
Sobrecosto	%	29	24%	17,3%	N/A	20%	3,6%	51,8%

De esta información, se muestra un sobrecosto promedio de 24%.

El atraso promedio de los proyectos es de 6,7 meses con una desviación estándar de 4,8 meses. Cabe mencionar que la mayoría de los proyectos presentan un atraso de 7 meses.

En relación a los parámetros observados a nivel mundial, existe un mayor sobrecosto en proyectos mineros de cobre en Chile y Perú, lo que puede deberse al aumento en el sobreplazo de proyectos ejecutados en estos países.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

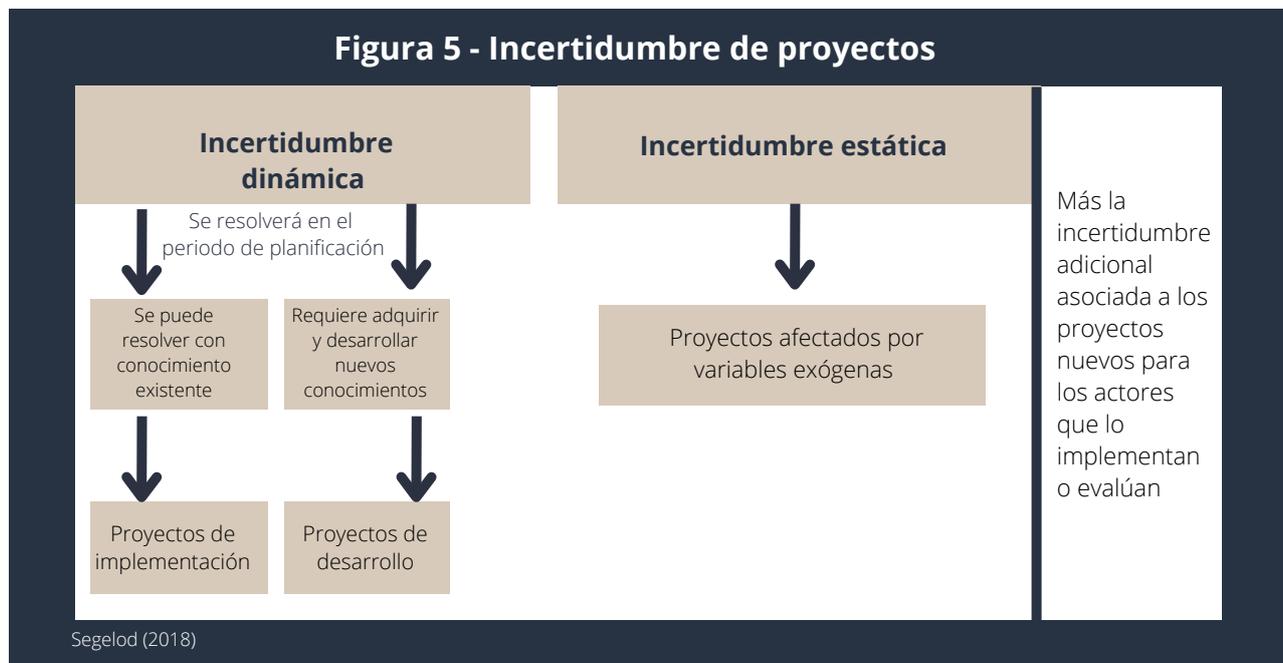
Los resultados no parecen ser sorprendentes. Frente a la materialización de las variadas incertidumbres a las que se enfrenta un proyecto minero, una apropiada evaluación del desarrollo y ejecución del proyecto debe incluir la consideración de elementos adicionales y/o ahorros, cambios de precios, cambios de alcance y de metas, y la modificación de las expectativas y requerimientos desde su etapa de planificación y aprobación.

Para ello, Segelod (2018)² propone, en primer lugar, distinguir entre incertidumbre estática e incertidumbre dinámica.

Por un lado, la incertidumbre estática se origina de factores externos, como cambios políticos, leyes, regulaciones, desastres naturales o tipo de cambio, y es una forma de incertidumbre que siempre está presente y que no desaparecerá hasta que el proyecto esté completo.

La incertidumbre dinámica se resuelve en la medida en que el proyecto se concrete y que información más confiable esté disponible.

En la siguiente figura (5), vemos esquematizado lo mencionado anteriormente.



Más aún, se encontrará un mayor nivel de riesgo en aquellos proyectos que desde un punto de vista técnico requieren nuevo conocimiento, en los que las especificaciones de detalle no pueden entregarse antes de la decisión de inversión.

En dicho caso, la planificación es una etapa de aprendizaje, que empieza con una visión que debe ser luego aplicada. Requiere de ideas y soluciones alternativas ante eventos que podrían modificar radicalmente la visión planificada.

Sin embargo, el desconocimiento técnico está lejos de ser el único catalizador que explica las diferencias entre el retorno obtenido y el retorno comprometido en la decisión de inversión.

Como resume Plebankiewicz (2018)³, los proyectos se enfrentan a desafíos de origen técnico, económico, contractual, psicológico y político que deben ser considerados con cuidado al momento de la aprobación de la inversión.

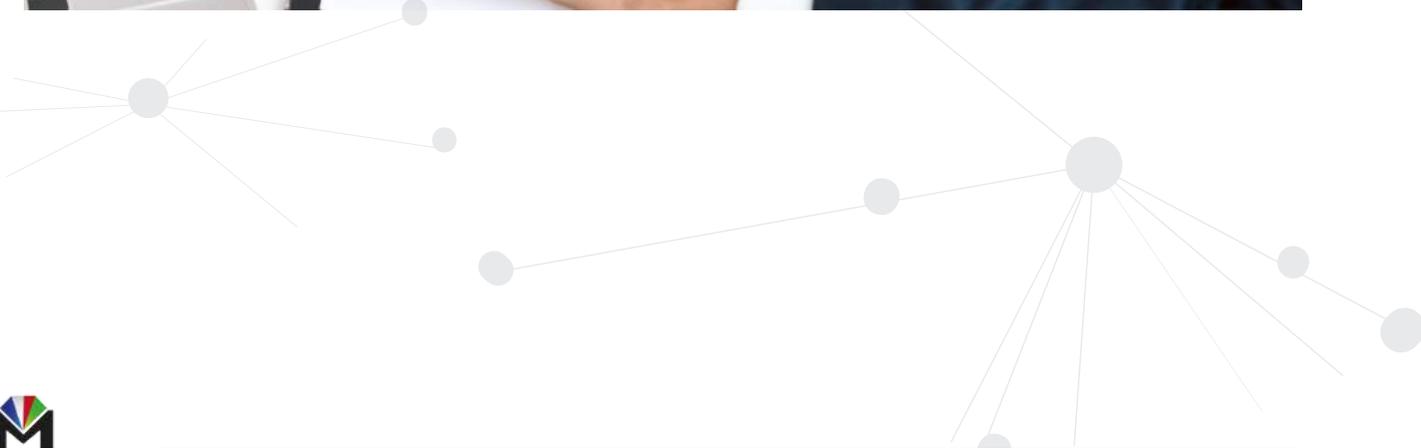
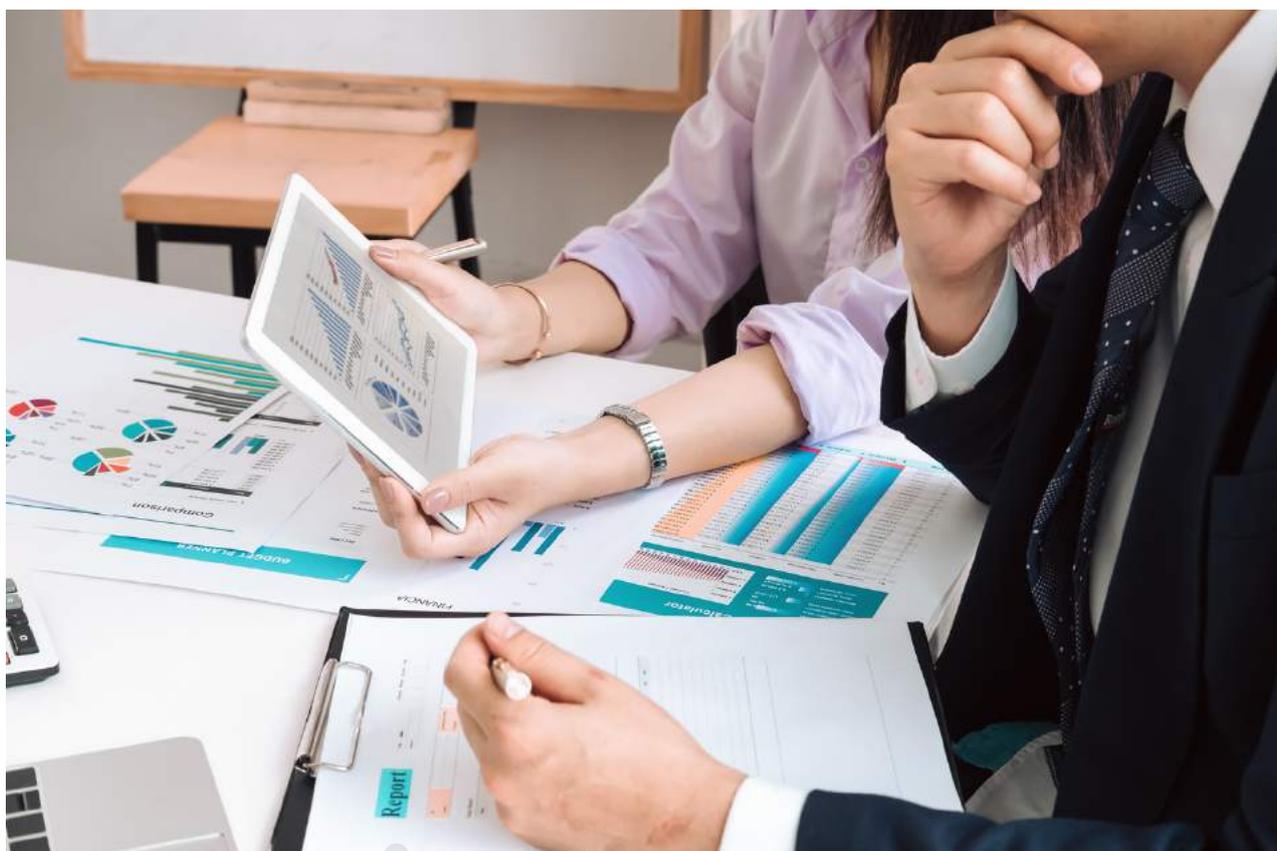


Tabla 11. Incertidumbres de proyectos. Plebankiewicz (2018)

Categoría	Causa	Impacto del Proyecto*
Técnico	Aumento de precios	ΔP
	Pobre diseño de proyecto	ΔQ
	Incompletitud de estimaciones	$\Delta P, \Delta Q$
	Cambios de alcance	ΔQ
	Estructura organizacional inapropiada	$\Delta P, \Delta Q$
	Proceso toma de decisiones inadecuado	$\Delta P, \Delta Q$
	Proceso de planificación inadecuado	$\Delta P, \Delta Q$
	Trabajos adicionales	ΔQ
	Trabajos de reposición	ΔQ
Económico	Falta de incentivos	ΔP
	Falta de recursos	$\Delta P, \Delta Q$
	Ineficiente uso de recursos (pobre financiamiento)	$\Delta P, \Delta Q$
Contractual	Estrategia de licitación (abierta, selectiva)	ΔP
	Opciones de abastecimiento (diseño-construcción; diseño y construcción)	ΔP
Psicológico	Sesgo de optimismo entre funcionarios locales	$\Delta P, \Delta Q$
	Sesgo cognitivo de las personas	$\Delta P, \Delta Q$
	Aversión al riesgo	$\Delta P, \Delta Q$
Político	Deliberada subestimación de costos	ΔP
	Manipulación de presupuestos	ΔP

Fuente: Plebankiewicz (2018).
 * ΔP = Cambios de precios. ΔQ = Cambios de alcance.

Frente a estas dificultades, para estimar el valor real del proyecto y reducir su incertidumbre se recomienda al menos:

- Definir en detalle las partidas incluidas y costos considerados en el monto de inversión.
- Evaluar si las estimaciones estipuladas representan el resultado más probable.
- Reconocer si las estimaciones se han ajustado a cambios de precios e inflación (escalamiento).
- Determinar la eventualidad de considerar cambios en el proyecto.
- Incluir los costos e impactos del proyecto a nivel de la compañía y no solo del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este reporte Perspectiva, se identificaron los principales riesgos de la industria minera del cobre (medido por la cantidad de apariciones), que son considerados en Análisis de Riesgos de acuerdo a un conjunto de estudios realizados por GEM en la industria minera.

Se observó que en todos estos estudios se considera el riesgo asociado al costo de operación (OPEX) y que, en la gran mayoría de ellos, se considera el riesgo de atraso del plazo de ejecución del proyecto, recuperación del producto principal además de la inversión en capital (CAPEX). En más de la mitad de los estudios de los proyectos, se incorpora la variabilidad del precio del producto principal (cobre) y de subproductos.

Se estudió la contribución al Valor en Riesgo (VaR) de las principales incertidumbres presentes en los estudios de Análisis de Riesgos, de tal forma de determinar de manera concreta el impacto que la industria provee para estas incertidumbres.

Se determinó que el precio del producto principal (cobre) es la incertidumbre que se le asigna más peso dentro de la contribución al Valor en Riesgo (VaR); es decir, de materializarse la incertidumbre, el impacto sobre el valor del proyecto sería significativo.

En menor medida se observa el mismo comportamiento sobre el CAPEX, en donde se observa que tiene una gran contribución al Valor en Riesgo, llegando casi al 20% en promedio.

Dada la contribución al VaR del precio de los insumos, precio de subproductos, recuperación, plazo de ejecución y ramp up, se puede concluir que estos riesgos tienen un impacto negativo en el valor del proyecto. Esto permite inferir que el valor de precio de subproductos, recuperación, etc., utilizados para el cálculo del valor del proyecto está subestimado, generando una mala estimación de VAN.

A partir de la evaluación Ex Post de sobrecostos y sobreplazos, es posible verificar que en los proyectos mineros de cobre existe un sobrecosto promedio de 21% y sobreplazo de 6 meses, sin embargo, estos datos presentan una gran variabilidad.

Estos indicadores generan una gran oportunidad de mejora para los proyectos, ya que podrían ser evaluados con una mayor precisión, anticipándose al sesgo que poseen los Análisis de Riesgos de los proyectos mineros de cobre. Un oportuno entendimiento de estos factores, es de suma importancia para inversionistas, directores de proyectos, directores de finanzas, y para la adecuada colocación de recursos en las organizaciones y la sociedad.

AUTORES



ARIEL MIÑO

Gerente de Operaciones



ISAAC PAREDES

Ingeniero Especialista

CONTACTO



JEAN MASSENEZ

Gerente de Desarrollo de Negocio

jmassenez@gem-mc.com

<https://www.gem-mining-consulting.com>





GEM