



Caracterización de los costos de la gran minería del cobre

DE 4/2015

Resumen ejecutivo

El análisis de los costos de la minería del cobre en Chile ha cobrado una marcada notoriedad al existir consenso en la industria sobre el fin del ciclo de mayores márgenes operacionales, una pérdida de productividad del sector y los correspondientes aumentos de costos. En particular, las empresas han intensificado sus esfuerzos de contención de costos, cambiando el foco de atención que se tenían en los ritmos de producción.

El presente estudio busca caracterizar los costos de la industria, considerando las distintas definiciones utilizadas y analizar las variaciones que éstos han tenido en los últimos 10 años.

Según la información disponible, se tiene que el costo medio de operación ha aumentado desde los 90 cUS\$/lb del año 2005 hasta los 217 cUS\$/lb el año 2014, lo que expresa un crecimiento promedio del 10% anual. Dentro del total, los mayores elementos de gasto corresponden a los materiales, remuneraciones (propias y contratadas), junto con otros servicios y gasto (17%, 21% y 28%, respectivamente). Cabe destacar que el gasto en energía (electricidad y combustible) se acercó a niveles máximo cercanos al 15% del costo operacional entre los años 2008 – 2011. El aumento de los costos explica (junto a la caída del precio) el deterioro de los márgenes operacionales, los cuales han caído constantemente desde un máximo de 65% el 2006, hasta un 22% el 2014.

Entre los factores que explican el movimiento de los costos operacionales se destacan el crecimiento del precio y la cantidad de los factores de producción. Éstos explican un 30% del aumento del costo, destacando el efecto precio/cantidad del factor trabajo con un 18% del total. Otro elemento relevante corresponde a que el solo efecto aislado de la disminución de la ley del mineral permite explicar un 14% de la variación. La corrección monetaria referida a efectos inflacionarios o de tipo de cambio logra explicar un 19% del total del aumento.

La existencia de economías de escala para la industria minera nacional es comprobada a través de la función translogarítmica, es decir, el costo total operacional medio disminuye al aumentar la producción de cobre. Esa conclusión explica en gran medida la tendencia de las operaciones a incrementar su producción, dado el enfoque constante sobre los movimientos de costos.

Finalmente, los costos C1 de la industria chilena, que incluyen los créditos por subproductos y descuentan la depreciación, mantiene la tendencia previamente mencionada de los costos operacionales, pasando desde 51 cUS\$/lb el 2005 hasta 162 cUS\$/lb el 2014. Lo anterior no da cuenta de una gran pérdida de posición competitiva de la producción chilena, dónde el año 2005 un 31% de la producción mundial poseía menores costos que Chile, mientras que al 2014 este porcentaje aumentó a un 33%. Sin embargo, si se muestra una menor capacidad de diferenciación entre los distintos países en términos de producción de cobre.



Abstract

Mining costs analysis in Chile has become an important topic due to the consensus about end of commodities super cycle, with lower operating margins, lack of productivity concern and higher costs. Companies are now focusing on cost containment, instead of production increments.

The purpose of this study is to identify cost structure of mining industry, including main definitions occupied by mining sector and analyzes cost fluctuations during the last ten years.

According to available information, average operating cost has increase from 90 cUS\$/lb in 2005 to 217 cUS\$/lb in 2014, an average annual growth of 10%. In mining cost structure main expenditure elements are materials, salaries (own workforce and contractors) and other services, with 17%, 21% and 28%, respectively. Energy expense reaches maximum level as a percentage of cost around 15% during 2008 to 2011. Operating cost increments and price decrements affect average operating margin, which fall from 65% in 2006 to 22% in 2014.

Among factors explaining variation of operating costs, price and quantity of production factors account for 30% of total increments. Specifically, labor price and workforce represents an 18% of cost variation. Another relevant element consists in diminishing copper grade, which by its own could explain 14% of cost increment. Monetary correction related to inflation and exchange rates allows to explain a 19% of cost increase.

Translog cost function verifies the existence of economies of scale for the domestic mining industry, namely, total average operating cost decreases when cooper output increase. This result is encouraging in a market constantly focused on cost movements.

Finally, C1 cost of the Chilean mining industry, including by-product credits and discounting depreciation, maintains previous mentioned trend of operating costs, growing from 51 cUS\$/lb in 2005 to 162 cUS\$/lb in 2014. C1 movements does not show a great loss of competitiveness of Chilean copper production, considering that in 2005 31% of global production possessed lower cost than Chile and in 2014 that percentage reached 33%.



Contenido

1	Introducción.....	1
2	Antecedentes de costos de producción	2
2.1	Definición financiero – contable.....	2
2.2	Definición estratégica – comercial.....	3
2.3	Conceptos de economías de escala	4
3	Metodología.....	5
3.1	Fuente de los datos.....	5
3.2	Efectos variación de costos.....	6
3.3	Estimación curva de oferta	8
3.4	Estimación de economías de escala y función de costos	8
4	Análisis de resultados	11
4.1	Caracterización de los costos.....	11
4.1.1	<i>Caracterización de costos totales de operación</i>	<i>11</i>
4.1.2	<i>Caracterización de costos según tipo de procesamiento</i>	<i>15</i>
4.2	Efectos de variación	18
4.3	Economías de escala en la producción de cobre	20
4.4	Oferta y capacidad competitiva	21
5	Comentarios y conclusiones.....	26
6	Referencias	27
7	Anexos.....	28
7.1	Efectos de variación de costos.....	28
7.2	Regresiones economías de escala.....	30



1 Introducción

El menor nivel de precios de los metales del último tiempo junto al aumento que han sufrido los costos de producción en la minería en Chile en la última década hace notar una preocupación sobre la capacidad competitiva de la producción chilena de cobre para mantener sus márgenes operativos y para crear valor. Lo anterior debe ser considerado en un contexto donde las variables estructurales asociadas al recurso geológico y profundidad de las minas se encuentran en declive.

Entre los factores ampliamente discutidos que afectan los costos se mencionan los precios de insumos relevantes como la energía y ácido sulfúrico, el costo de la mano de obra, el alto monto de las inversiones requeridas y el crecimiento del monto gastado en servicios de terceros.

Ante el amplio espectro de factores que determinan los costos de producción de la minería de cobre, el presente estudio propone ahondar en las variables que explican la variación de los costos de producción, junto con establecer las características para indicar la existencia de posibles economías de escalas en la producción de cobre de mina en el país.

Para ello, el informe realiza una revisión sobre distintas definiciones de costos, destacando aquellas utilizadas con fines financieros – contables y otras de carácter estratégico y comparativo. El siguiente capítulo explica la clasificación de los costos, el origen de los datos y la manera en que será realizado el análisis de la información recopilada. Luego se realiza el análisis de resultados, destacando los elementos relevantes para determinar el costo de producción y la existencia de economías de escala en la producción.



2 Antecedentes de costos de producción

La definición de la estructura de costos de una determinada empresa estará intrínsecamente relacionada con el objetivo de las decisiones que ésta busque tomar y de la información que para ello requiera. El área de la contabilidad ha desarrollado ampliamente el tema para determinar el desglose de los costos y por parte de la industria es reconocida la terminología de clasificación a través de los conceptos C1, C2 y C3¹. A continuación se revisarán ambos conceptos mayormente utilizados, considerando su uso para fines contables y estratégicos de manera separada.

2.1 Definición financiero – contable

El término costo corresponde a la expresión en términos monetarios de los valores asignados para la elaboración de un determinado producto (García 2008). Si bien existen diversas maneras de clasificar los costos, una de las principales corresponde a su relación con la producción, considerando en su clasificación los costos de producción, de distribución y de administración.

Los costos de producción corresponden a todos aquellos que son necesarios de incurrir para la elaboración del producto, ya sea de manera directa (mano de obra, insumos, materiales e inventarios de materia prima) o indirecta, como lo pueden ser los servicios de apoyo a la producción. También se incluyen los costos incurridos por desgaste de los activos, como depreciaciones y amortizaciones.

Los costos de distribución y administración son aquellos necesarios para finalmente lograr la venta del producto, si bien no son necesarios para su producción si son costos necesarios para lograr los ingresos finales por la venta de los productos, como por ejemplo los fletes y seguros. La siguiente tabla resume los aspectos relevantes de esta definición para el caso minero:

Tabla 2-1: Desglose de costos totales de operación. Fuente: elaboración propia.

Total costos de operación	Costos de explotación	Remuneraciones
		Materiales e insumos
		Energía
		Combustibles
		Depreciación
		Servicios
Costos de distribución, administración y venta		

¹ Términos asociados a la consultora Brook Hunt, parte del grupo Wood Mackenzie.



Para el presente estudio no se ha considerado incluir los costos no operacionales (como por ejemplo los financieros), dado que el análisis se centra en los términos operativos de cada faena.

2.2 Definición estratégica – comercial

Un término común en la industria del cobre para realizar comparaciones de la posición competitiva de las distintas faenas corresponde al denominado *net direct cash cost* o C1. El objetivo de tal indicador se encuentra en determinar la curva de oferta de corto plazo del cobre, siendo un indicador del costo marginal de las empresas.

En términos prácticos, el concepto de costo C1 agrupa los costos incurridos a través de todo el proceso minero hasta la venta del producto comercializable (cátodo en el caso del cobre), descontando los ingresos provenientes de los subproductos en caso de que existan. La situación anterior permite que en algunos casos el indicador C1 sea negativo². Además, el costo C1 incorpora para el caso de las explotaciones que comercializan productos intermedios, como el concentrado, los costos asociados a fundición y refinación (TC/RC)³ y los costos asociados al transporte marítimo del concentrado.

El caso del costo C2 (*production cost*) corresponde al mismo costo C1, pero agregando los montos dados por depreciación, amortización o agotamiento del recurso en los casos que corresponda. En este caso, la incorporación de las variables previamente mencionadas permite tener una noción del costo operacional, que a diferencia del C1 tiene una visión de sustentabilidad del negocio en un mediano plazo.

Finalmente, el denominado costo C3 (*fully allocated cost*) incluye además, costos indirectos, gastos cargos financieros netos. Los costos indirectos incluyen entre otros: porción atribuible de los gastos de las casas matrices, exploración atribuible a la operación, royalties u otros gastos extraordinarios. En este caso, la totalidad de los costos permite ser utilizada como una aproximación de la sustentabilidad económica de largo plazo de la operación, sin embargo, también incluiría costos que podrían ser temporales asociados a operaciones financieras particulares.

La Tabla 2-2 sintetiza los términos previamente mencionados:

² Un costo negativo solo tiene sentido para realizar comparaciones o determinar los márgenes de las faenas, pero no para definir los montos efectivamente incurridos en cada período.

³ Los descuentos de TC/RC corresponden en realidad a descuentos sobre las ventas en lugar de costos efectivamente pagados por las faenas.



Tabla 2-2: Desglose de costos C1, C2 y C3. Fuente: elaboración propia en base a información de WoodMackencie.

C3	C2	C1	Costos de extracción
			Costos de tratamiento
			Flete, fundición y refinación (TC/RC)*
			Gastos de administración
			(-) Subproductos
			Depreciación y amortización
			Costos indirectos
			Costos financieros netos

*Según corresponda al tipo de producto de la operación.

Para efectos del análisis comparativo se utilizará el valor del costo C1, que muestra la competitividad en un horizonte de tiempo menor (corto plazo) de la industria chilena, por ser un indicador ampliamente utilizado.

2.3 Conceptos de economías de escala

En base a los costos definidos para la industria es posible determinar la existencia de economías, deseconomías o rendimientos constantes a escala en el sector minero nacional en base distintas definiciones (Krugman, Wells y Olney 2008).

La industria minera se encontrará experimentando economías de escala cuando el costo total medio disminuye al aumentar la producción, es decir, si el costo total operacional promedio de producir una unidad adicional de cobre disminuye respecto al costo promedio de producir la unidad anterior se dirá que existen economías de escala en el sector minero. Por otra parte, se tendrán deseconomías de escala cuando el costo total medio aumente al incrementar la producción. Entonces, para el caso del sector minero se estará ante deseconomías de escala si el costo total promedio de producir una unidad más de cobre aumenta respecto a la unidad anterior.

Finalmente, existen rendimientos constantes a escala cuando el costo total medio es constante al aumentar la producción. Es decir, el costo total promedio de cada unidad de cobre producida será el mismo independiente de la cantidad que se produzca.

Dadas estas definiciones, es posible que el sector minero enfrente cada una de las estructuras de costos mencionadas para distintos niveles de producción.



3 Metodología

Considerando los conceptos de costos previamente definidos, la metodología se basa en explicar el origen y pertinencia de la información utilizada, junto con el planteamiento de los mecanismos para definir los efectos principales que se relacionan con la variación de los costos en las faenas mineras de cobre del país. El estudio entrega información entre los años 2005 – 2014, incorporando a un 95% de la producción de cobre de mina del período en Chile.

3.1 Fuente de los datos

Para recolectar los datos relevantes en los costos se consideró como base lo descrito en el punto 2.1, abarcando los costos de explotación y de administración, sin incorporar los costos financieros en el análisis para evitar sesgos por conceptos fuera de la gestión principal del activo minero.

Los costos se clasificaron según: remuneraciones (propias y contratadas), materiales, ácido sulfúrico, energía eléctrica, combustibles, depreciación y otros servicios. El origen de los datos se describe en la siguiente tabla:

Tabla 3-1: Fuente de datos utilizados en modelo de costos. Fuente: elaboración propia

Indicador	Fuente
Costos totales explotación	Reportes estados financieros
Personal propio y contratado	Información SERNAGEOMIN
Renta promedio	Estados financieros y estadísticas INE
Precio energía	Precio Medio de Mercado (PMM) publicado por la CNE
Precio ácido	CIF Mejillones en base a Thomson Reuters
Precio petróleo	Estadísticas Banco Central de Chile (WTI)
Flete concentrados	Base histórica COCHILCO
Consumo de energía, combustibles y ácido	Base histórica COCHILCO
Depreciación	Reportes estados financieros
Materiales	Estimación WOODMAC
Producción minera y ley de cobre	Base histórica COCHILCO
Precio productos mineros	Base histórica COCHILCO
Estadísticas macroeconómicas	Banco Central de Chile

Todos los costos informados serán determinados de manera unitaria, utilizando para ello el concepto de cobre pagable. Esta base de comparación se refiere al tonelaje de



cobre efectivamente pagado a las faenas, el cual varía dependiendo de si se trata de cátodos (toda la producción es pagable) o de concentrados (considera un descuento metalúrgico de 3,4%⁴). Así, los costos se indicarán en la unidad cUS\$/libra de cobre pagable.

Considerando lo anterior, se construye una estructura de costos considerando los siguientes campos:

- Remuneraciones propias y contratadas
- Ácido sulfúrico (caso operaciones de óxidos)
- Energía eléctrica
- Combustibles
- Flete concentrados (caso operaciones de venta de concentrados)
- Materiales
- Depreciación
- Otros servicios y gastos

Para los casos de elaboración de la estructura de costos C1, también se consideraron los créditos por subproductos de cada faena y los cargos de fusión y refinación correspondientes.

3.2 Efectos variación de costos

Para determinar los principales elementos que inciden en la variación de costos se ha propuesto la siguiente estructura:

- Efecto ley de cobre.
- Efecto precio – cantidad de principales factores de producción.
- Efectos monetarios y macroeconómicos.
- Efecto otros servicios y gastos.

El efecto ley está relacionado con la manera de medir los costos (centavos de dólar por cobre pagable), pues si se mantiene todo el resto de las variables constantes y la ley disminuye se apreciaría un alza neta en el indicador de costo unitario que no estaría reflejando necesariamente un mayor costo efectivamente incurrido.

Para realizar este ajuste se considera la producción mina de cada año, la recuperación y la ley de cobre a planta, lo que permite estimar un fino teórico extraído en comparación al año de referencia.

⁴ Supuesto usual utilizado en negociaciones de concentrados de cobre. Fuente: COCHILCO.



En segundo lugar, el efecto precio – cantidad de factores de producción se refiere a determinar que las variaciones del costo ocurrirán tanto por efecto del precio del factor (remuneraciones, precio de la energía, petróleo, ácido y flete) cómo por la cantidad utilizada en cada año y por el efecto mixto de variación de precio y consumo. Se requiere distinguir estos efectos, pues se refieren distintamente a condiciones de mercado o condiciones internas de cada operación. Para el caso del gasto en materiales, se considera el precio de los aceros, productos químicos y neumáticos para determinar el efecto precio, utilizando un índice ponderado.

El efecto monetario y macroeconómico corresponde al ajuste que se debe realizar a las variables por efecto de la inflación y el tipo de cambio, para evitar incorporar algún tipo de sesgo por estos conceptos al determinar la variación de costos. Los elementos para estimar el efecto por corrección monetaria son los siguientes:

Tabla 3-2: Factores de corrección monetaria e inflación por elemento de gasto. Fuente: elaboración propia.

Ítem del costo	Tipo de corrección
Remuneraciones propias y contratadas	Inflación – Tipo de cambio
Energía eléctrica y combustibles	Inflación
Transporte marítimo	Inflación
Materiales	Inflación – Tipo de cambio
Depreciación	Índice de precio bienes de capital
Otros gastos, servicios e insumos	Inflación – Tipo de cambio

Finalmente, el efecto de la variación en otros gastos y servicios se refiere al cambio neto en otros costos no considerados previamente, principalmente otros servicios de terceros.

Para el caso de los materiales se supuso un 70% de ajuste en moneda extranjera, mientras que para el caso de otros gastos servicios e insumos se consideró un 30% de peso para la moneda extranjera⁵. El detalle de la metodología de determinación de efectos de variación de costos se indica en el anexo 7.1.

⁵ El supuesto se basa en suponer un 70% de compra de materiales en el exterior y un 70% de servicios locales contratados. Los valores anteriores se utilizan según un orden de magnitud estimado y no reflejan necesariamente la proporción exacta de la industria.



3.3 Estimación curva de oferta

Este punto busca utilizar la definición de costos entregada en el punto 2.2 para entregar la posición estratégica y competitiva de la producción de cobre nacional a través del concepto del *cash cost* o C1.

Como se indicó en el capítulo anterior, para determinar el C1 se considera el costo total nominal (sin ajustes) en cada año determinado previamente y se descuenta la depreciación. Además, se incluyen los créditos por subproductos para las faenas que correspondan, junto a los cargos de fusión y refinación para las faenas productoras de concentrados no integradas.

Con los resultados obtenidos para el costo C1, se procede a construir la curva de oferta de cobre de mina del país considerando la producción de cada año acumulada tal como se indica en la siguiente figura:

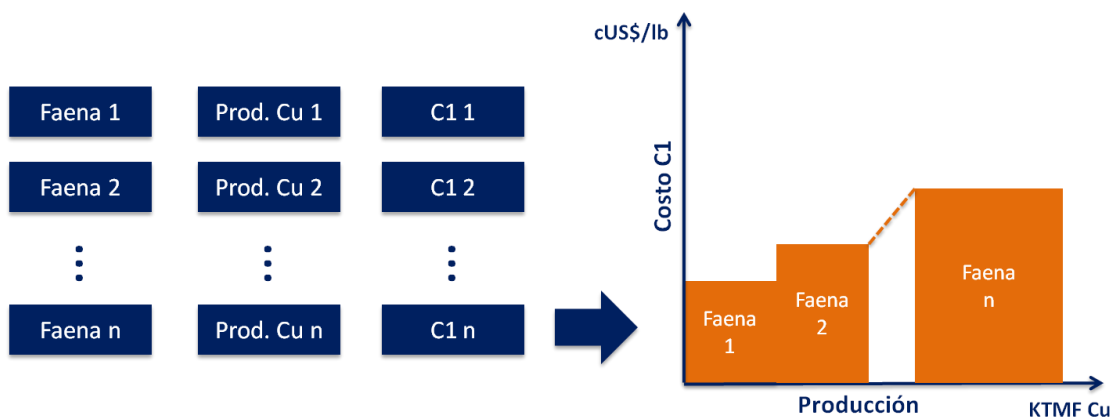


Figura 3-1: Esquema elaboración curva de oferta de cobre. Fuente: elaboración propia.

La curva de costos generada se presenta para distintos período en estudio.

3.4 Estimación de economías de escala y función de costos

La existencia de economías de escala es comprobada mediante el uso de una función de costos translogarítmica, denominado **modelo 1**. El uso de una función de costos translogarítmica se debe a que la especificación general de esta no impone restricciones previas sobre la estructura de producción, tales como , homoteticidad, homogeneidad, rendimientos constantes a escala, entre otros⁶ (COCHILCO 2008).

La función de costos translogarítmica representada en su forma general para una empresa monoprodutora viene dada por:

⁶ La principal desventaja viene dada por la pérdida de grados de libertad al aumentar el número de regresores.



$$\ln C = \alpha_0 + \sum_{i=1} \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \alpha_y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{yy} (\ln Y)^2 + \sum_{i=1} \gamma_{iy} \ln P_i \ln Y \quad (1)$$

Donde:

C Es el costo total de producir

Y Es la producción

$i, j = 1, \dots, N$ son los subíndices de los N diferentes insumos considerados

P_i Son los precios de los insumos considerados

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$

Los insumos que se consideraran en la función de costos son trabajadores (L), tanto mandantes como contratistas; materiales (M); flete de concentrado (F); energía (E), que contiene energía eléctrica y combustible; ácido sulfúrico (A); capital (K) y otros (O).

Para que la función sea bien comportada, esta debe ser homogénea de grado uno en precios, lo que implica que, para un nivel fijo de producción, el costo total debe aumentar proporcionalmente al incremento de los precios. Por lo tanto, se aplican las siguientes restricciones a la ecuación:

$$\sum_{i=1} \alpha_i = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1} \gamma_{iy} = 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1} \gamma_{ij} = \sum_{j=1} \gamma_{ij} = \sum_{i=1} \sum_{j=1} \gamma_{ij} = 0 \quad (4)$$

En base a lo señalado en el punto 2.3 de este estudio, la variación del costo total ante cambios en la cantidad producida se puede representar de la siguiente forma:

$$E = 1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} = 1 - \varepsilon_{C,Y} \quad (5)$$

Así, se tendrán economías de escala cuando E sea mayor a 0, deseconomías de escala cuando sea menor a 0 y rendimientos constantes a escala cuando E sea igual a 0.



Tabla 3-3 Definición de economías de escala en la producción. Fuente: elaboración propia.

<i>E</i>	Industria enfrenta:
> 0	Economías de escala
< 0	Deseconomías de escala
= 0	Rendimientos constantes a escala

Adicionalmente, serán estimados dos modelos. El **modelo 2** incorpora homoteticidad al **modelo 1**, es decir, implica que la participación de los insumos en los costos no varía con cambios en el nivel de producción, lo cual se logra incorporando en la función de costos la siguiente restricción.

$$\gamma_{ij} = 0 \tag{6}$$

El **modelo 3** considera homoteticidad y homogeneidad, es decir, incorpora al **modelo 2** la homogeneidad, esto implica que se cumple que la elasticidad costo-producción es constante, matemáticamente se tendría además de la restricción de homoteticidad, la siguiente restricción:

$$\gamma_{YY} = 0 \tag{7}$$

Tabla 3-4 Modelos de estimación de economías de escala. Fuente: elaboración propia.

		Modelo	
	M1	M2	M3
Restricciones	-	$\gamma_{ij} = 0$	$\gamma_{ij} = 0$
			$\gamma_{YY} = 0$
Descripción		La participación de los insumos en los costos no varía ante cambios en el nivel de producción	La participación de los insumos en los costos no varía ante cambios en el nivel de producción
			Elasticidad costo respecto a la producción constante



4 Análisis de resultados

En el presente capítulo se analizan los principales resultados en lo relativo a los costos de la minería del cobre de Chile. En primer lugar se utilizará la definición de costos operacionales entregadas en los antecedentes (costos totales sin considerar costos financieros), que permite tener una referencia sobre el gasto efectivamente incurrido por parte de las operaciones. El análisis de los distintos efectos también se realiza en función del costo mencionado.

Finalmente, el análisis comparativo utiliza las definiciones asociadas al costo neto o C1.

4.1 Caracterización de los costos

En la presente sección se presenta la caracterización de los costos totales de operación para todas las operaciones y luego se diferencian las operaciones según el tipo de procesamiento, entre aquellas asociadas a la lixiviación de mineral oxidado, concentración de mineral sulfurado o aquellas de producción mixta.

4.1.1 Caracterización de costos totales de operación

En los últimos 10 años se ha producido un aumento constante de los costos de operación de la minería en Chile. Al analizar los costos unitarios de explotación (centavos de dólar por libra de cobre pagable) se aprecia que, en promedio, éstos han crecido a una tasa de 10% anual desde 90 cUS\$/lb hasta 217 cUS\$/lb. Sin embargo, se ha estabilizado desde el año 2011, con una leve tendencia a la baja desde el año 2012, tal como indica el Gráfico 4-1:



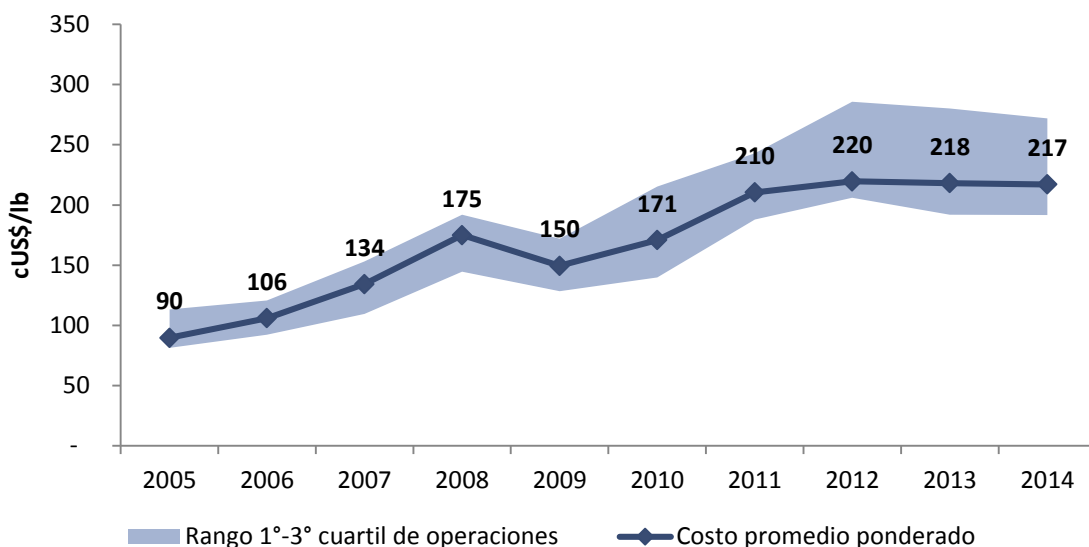


Gráfico 4-1: Costo de operación promedio de la producción minera de cobre en Chile. Fuente: elaboración propia.

El gráfico anterior también muestra el aumento de la dispersión entre las distintas operaciones en Chile, lo cual da cuenta de que el paso del tiempo y la distinta capacidad de enfrentar los aumentos de costos ha llevado a las empresas a diferenciarse de manera más acentuada en los últimos años y a reducir sus márgenes en relación a las ventas por cobre que realizan.

Basado en la descripción entregada en los antecedentes, se han desglosado los costos de operación de las empresas productoras de cobre del país en los siguientes gastos: remuneraciones propias y contratadas, ácido sulfúrico, energía eléctrica, combustibles, fletes concentrados, materiales, depreciación y otros servicios y gastos.



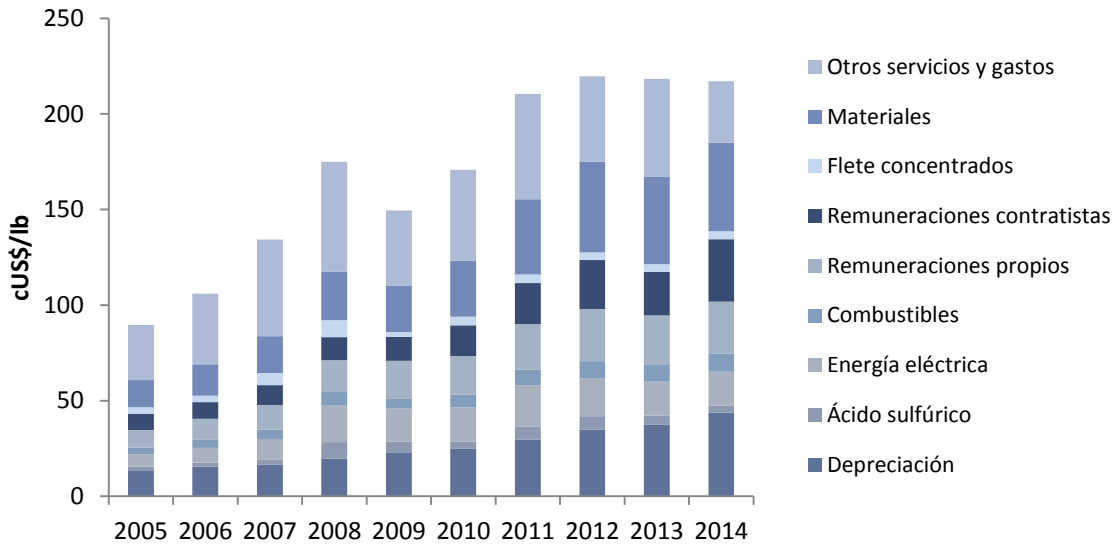


Gráfico 4-2: Desglose de costos unitarios de explotación entre 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.

El Gráfico 4-2 muestra la evolución y el comportamiento según cada elemento de costo considerado, notando una disminución del porcentaje del costo explicado por otros gastos, servicios e insumos, aumentando el costo por concepto de depreciación de los activos y el gasto en materiales. En los Gráfico 4-3 y Gráfico 4-4 se muestra la composición media de los costos de explotación para el período 2005 – 2014.

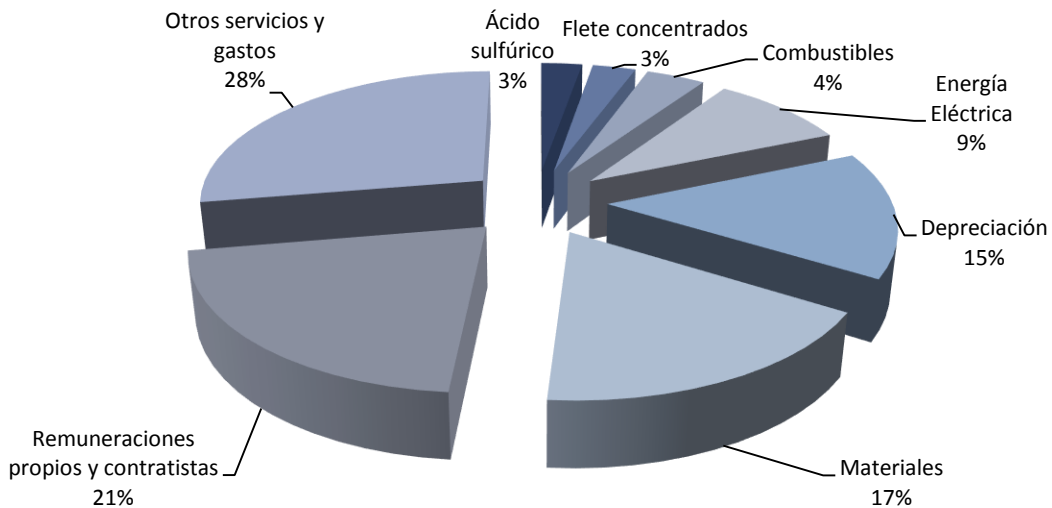


Gráfico 4-3: Participación porcentual promedio por elemento de gasto dentro del costo total de explotación en el período 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.



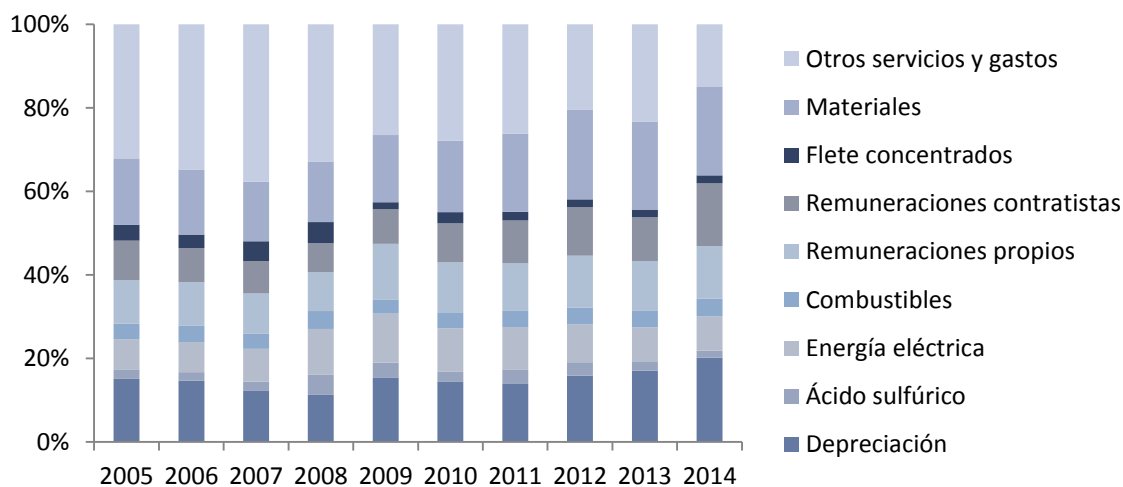


Gráfico 4-4: Participación porcentual por elemento de gasto dentro del costo total de explotación en el período 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.

En términos de rentabilidad, se da que los costos se han incrementado siguiendo a las ventas, lo cual se aprecia al comparar los costos y ventas unitarias en el Gráfico 4-5. El mismo gráfico permite además, apreciar la disminución a prácticamente la mitad del resultado operacional promedio, desde 210 cUS\$/lb para el año 2010 hasta 102 cUS\$/lb el 2014.

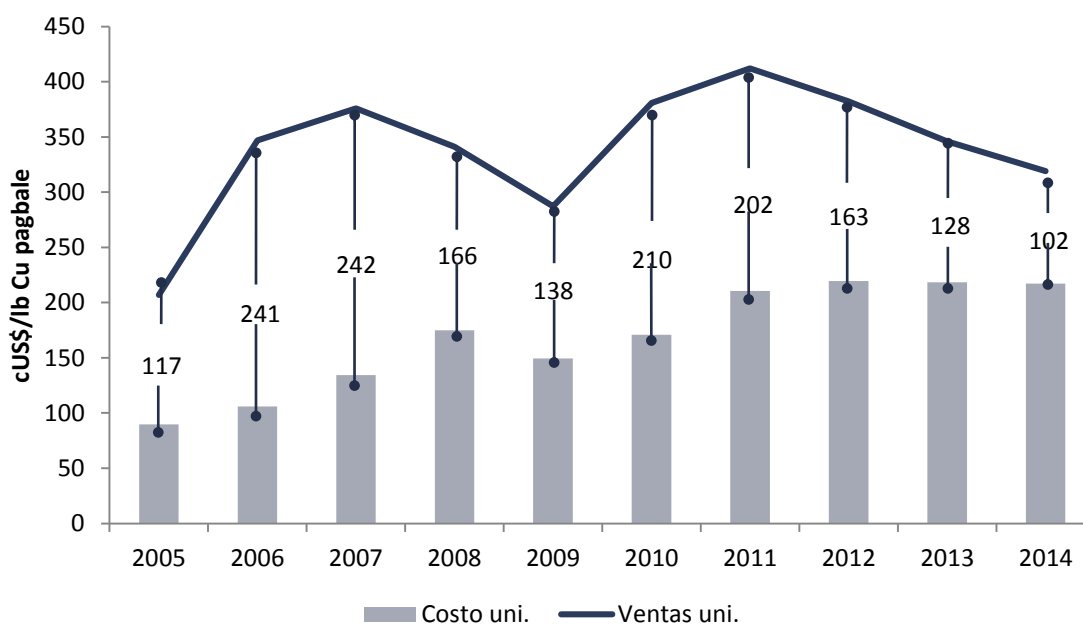


Gráfico 4-5 Costos y ventas unitarias en la minería del cobre en Chile entre 2005 y 2014. Fuente: elaboración propia.



El gráfico anterior también da cuenta de la disminución en los márgenes operacionales que han experimentado las empresas mineras en los últimos años debido al aumento de los costos y menor precio del cobre. En particular, el siguiente gráfico muestra los márgenes sobre las ventas para las empresas mineras de la minería del cobre (valores mínimos, máximos, promedios y cuartiles), los cuales han caído constantemente desde un 48% el año 2010 hasta un 22% el año 2014, dejando incluso empresas operando a pérdida.

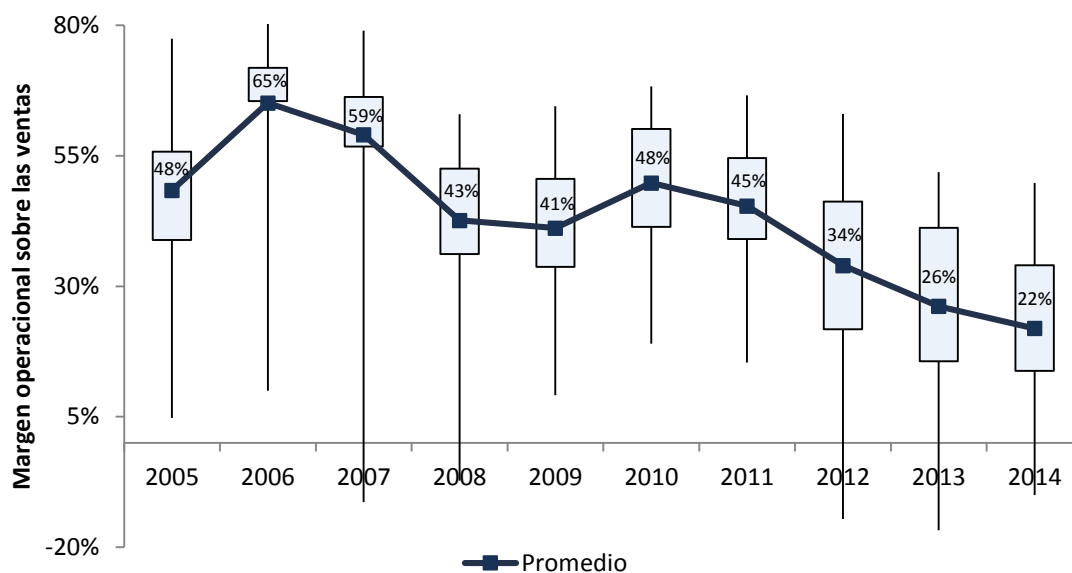


Gráfico 4-6 Márgenes operacionales sobre las ventas de empresas productoras de cobre en el período 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Caracterización de costos según tipo de procesamiento

Parte de la caracterización de los costos buscó diferenciar entre aquellas operaciones que realizan un procesamiento distinto en función del tipo de mineral, ya sea si se trata de minerales oxidados que se procesan por un lixiviación o sulfurados por vía concentración. El Gráfico 4-7 muestra los costos unitario totales descritos, diferenciando también las operaciones que mantienen una producción de ambos tipos de minerales:



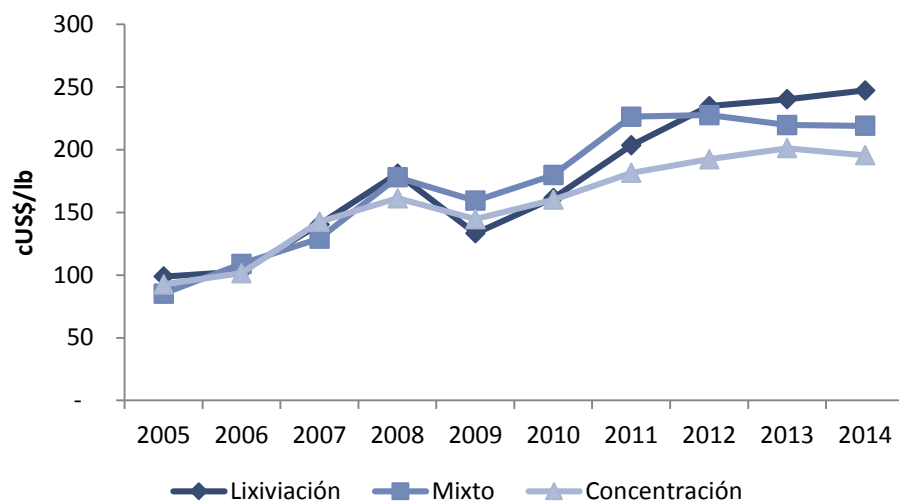


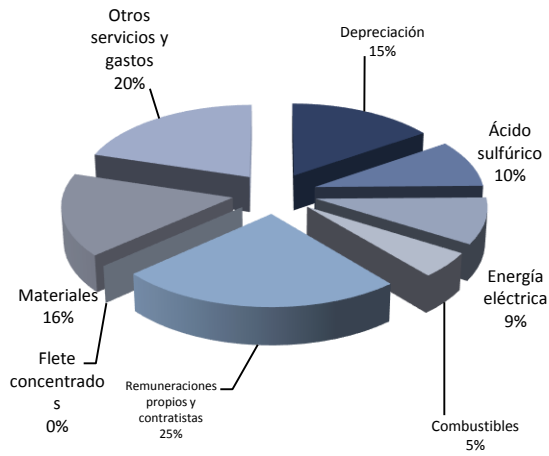
Gráfico 4-7 Evolución de los costos promedios según tipo de procesamiento de mineral en Chile para el período 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.

El gráfico muestra que no existían amplias variaciones entre las distintas operaciones hasta el año 2010, en el cual se aprecia que comienzan a diferenciarse. Entre las compañías de mayores costos se encuentran aquellas de lixiviación, lo cual puede ser contra intuitivo considerando que se esperaría un menor costo del proceso hidrometalúrgico en comparación al de concentración, sin embargo, otros factores estructurales toman un mayor peso en las operaciones de lixiviación, que en general se trata de yacimientos más antiguos, con los mayores costos asociados a esa extracción y minerales que requieren un mayor consumo de ácido.

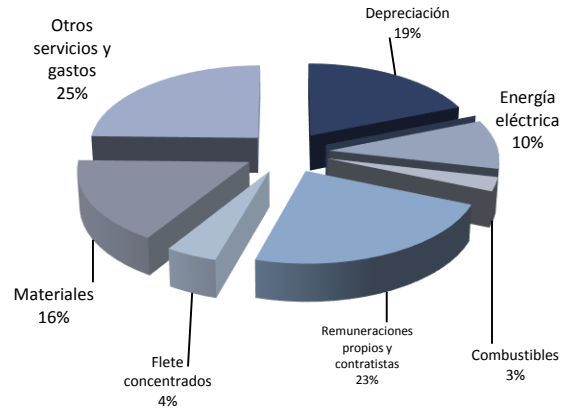
Los gráficos muestran el porcentaje de participación de cada elemento de gasto dentro del costo de los 3 tipos de operaciones, siendo significativas las diferencias asociadas en lo que respecta a la participación del ácido sulfúrico y transporte marítimo de concentrados:



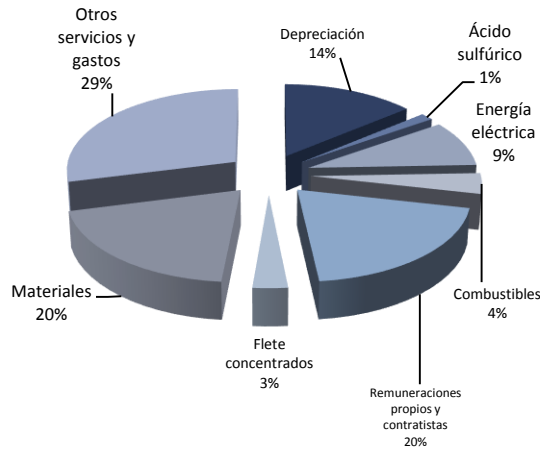
Lixiviación



Concentración



Mixto



Gráficos 4-8, 4-9 y 4-10 Participación por elemento de gasto en el costo operacional de las operaciones de procesamiento de óxidos (izquierda), sulfuros (derecha) y mixtas (abajo) en el período 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.



4.2 Efectos de variación

La información entregada en el punto anterior muestra un aumento significativo desde el costo de operación del año 2005 al año 2014. Considerando que la composición de éstos se ha mantenido relativamente constante, se deben descomponer los efectos de variación para explicar las razones del crecimiento.

Tal como se mencionó en la metodología, cuatro efectos son considerados para mostrar los aumentos de los costos de explotación, los que corresponden a un efecto por los cambios en la ley del mineral procesado, los cambios en los precios y cantidades utilizados de los distintos factores de producción, los efectos inflacionarios o de tipo de cambio y la variación en otros servicios y gastos. Adicionalmente se incluye el efecto del aumento en la depreciación de los activos que no es posible recoger dentro de los otros factores.

El análisis planteado muestra que el mayor efecto (a nivel agregado) que explica la variación del costo unitario es el aumento del precio y cantidades utilizadas de los factores de producción. Este ítem representa un 29% del aumento del costo. El Gráfico 4-11 muestra la evolución para el total de efectos considerados:

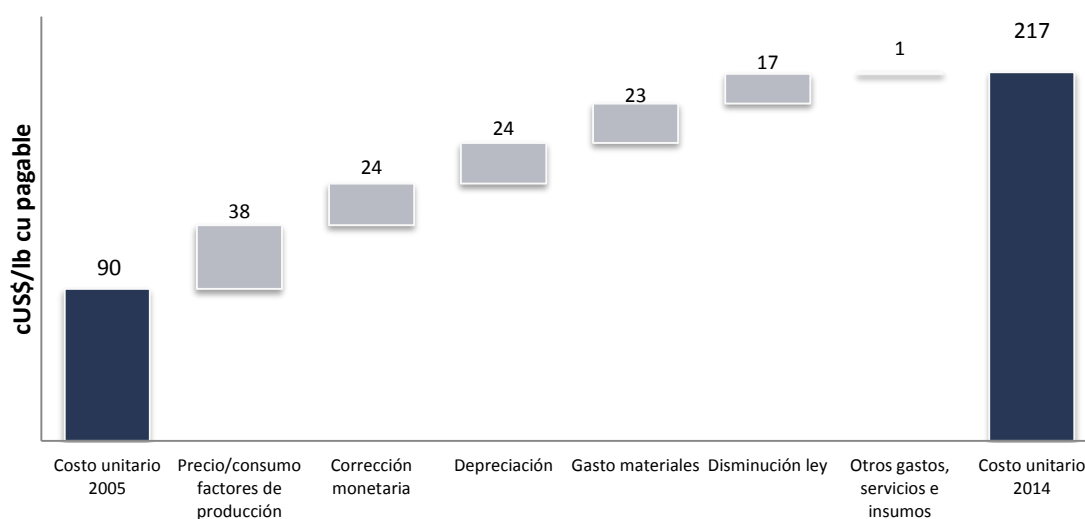


Gráfico 4-11: Efectos que explican la variación del costo unitario en la minería del cobre entre 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que dentro del factor de variación de precio y consumo de los factores de producción no se considera el aumento de gasto de materiales (al no poseer cifras sobre las cantidades utilizadas por cada operación). Sin embargo, sí está considerado el efecto del precio de los materiales, por lo cual el incremento del gasto en materiales indicado



estaría asociado a un aumento conjunto entre en las cantidades utilizadas en el período y al efecto combinado de precio y cantidad.

También se destaca que la sola caída de la ley, realizando un análisis estático, explica un 14% del aumento del costo. Este efecto solo considera a la ley y no otras variables estructurales de la operación como podrían ser el aumento de la profundidad de extracción, las mayores distancias de acarreo o cambios en la composición de la roca mineralizada. Aquellos efectos se recogen implícitamente en el resto de las variables consideradas.

Dado que el mayor peso que tienen los factores de producción en el aumento del costo operacional, la Tabla 4-1 muestra en mayor detalle las variaciones relativas a precio y cantidad para trabajo, energía eléctrica, combustibles, materiales (solo precio), ácido sulfúrico y el flete marítimo de los concentrados.

Tabla 4-1 Detalle variación de costo por factores de producción. Fuente: elaboración propia.

Efecto	Unidad	Precio	Cantidad	Mixto	Total
Trabajo	cUS\$/lb pagable	9,1	6,4	6,9	22,4
Energía eléctrica	cUS\$/lb pagable	5,3	1,4	1,6	8,2
Combustibles	cUS\$/lb pagable	1,2	1,8	1,2	4,2
Materiales	cUS\$/lb pagable	1,6	-	-	1,6
Ácido sulfúrico	cUS\$/lb pagable	0,2	0,8	0,2	1,2
Flete marítimo⁷	cUS\$/lb pagable	-0,6	0,5	0,0	-0,1
Total	cUS\$/lb pagable	16,8	10,9	9,8	37,5

Los datos indican que los tres factores que más afectaron el aumento del costo operacional corresponden al trabajo, a la energía eléctrica y a los combustibles, tanto en la variación del precio de cada uno de éstos, como en la cantidad requerida por las empresas mineras. El peso relativo de cada ítem se muestra a continuación:

⁷ Los valores negativos para el caso del transporte marítimo de concentrados se deben a que su crecimiento fue menor a la inflación del período, por lo tanto en términos reales disminuyó el precio pagado.



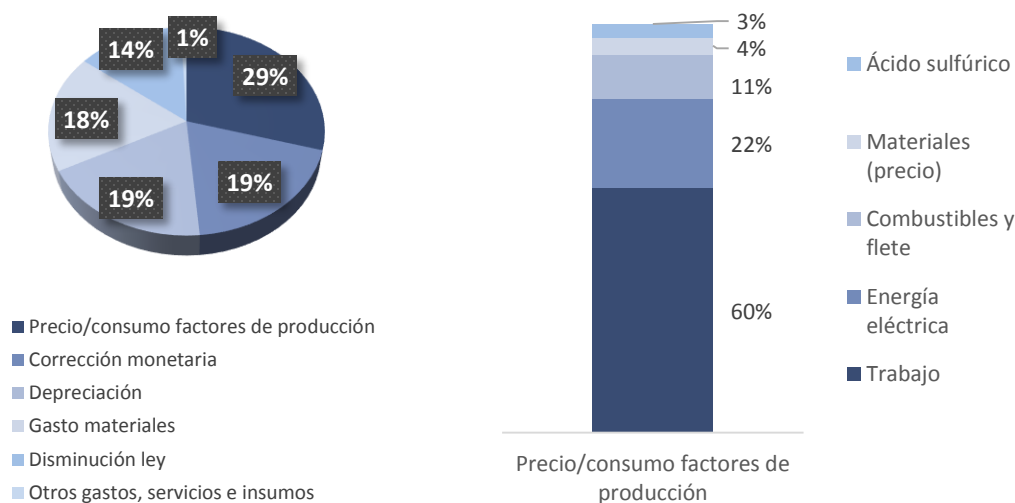


Gráfico 4-12 y 4-13 Variación de costo operacional (izquierda) y detalle de precio/consumo de factores de producción (derecha) en el período 2005 – 2014. Fuente: elaboración propia.

Los gráficos anteriores muestran que el mayor peso del aumento del costo operacional se da por el efecto sobre el factor trabajo, llegando a un 60% entre los distintos factores productivos (18% del total de variación), dejando a la energía eléctrica con un 22% (6% del total de variación).

4.3 Economías de escala en la producción de cobre

La estimación de la función de costos translogarítmica con siete insumos productivos para el periodo 2005 a 2014 se presenta en el anexo 7, donde además se exponen los resultados obtenidos para la función que considera homoteticidad y homogeneidad.

De los tres modelos estimados, el modelo sin restricciones (**modelo 1**) presenta el mayor R^2 y la mayor cantidad de variables explicativas significativas. Se descartan los modelo 2 y 3 debido a que suponer que la participación de los insumos no variará ante cambios en el nivel de producción es bastante restrictivo y poco representativo para la industria minera nacional⁸. Además, evitar estas restricciones es una de las razones por las que se trabaja con la función de costos translogarítmica.

El resultado obtenido en el cálculo de economías de escala es de $E = 0,99$, por lo que se muestra la fuerte evidencia de la existencia de economías de escala para la minería del cobre en Chile, es decir, el costo total operacional medio disminuye al aumentar la producción de cobre.

⁸ A modo de ejemplo, este supuesto implicaría que si para un nivel de producción de 10.000 TMF se utilizó 20% de mano de obra y 80% de capital, para un nivel de producción de 100.000 TMF se utilizaría esta misma participación.



Lo anterior se explica claramente en el Gráfico 4-14, donde se muestra la relación entre el costo medio o costo unitario de cobre con su determinado nivel de producción. A medida que aumenta la producción de cobre el costo unitario de producción tiende a disminuir, evidenciando una industria con economías de escala en la producción.

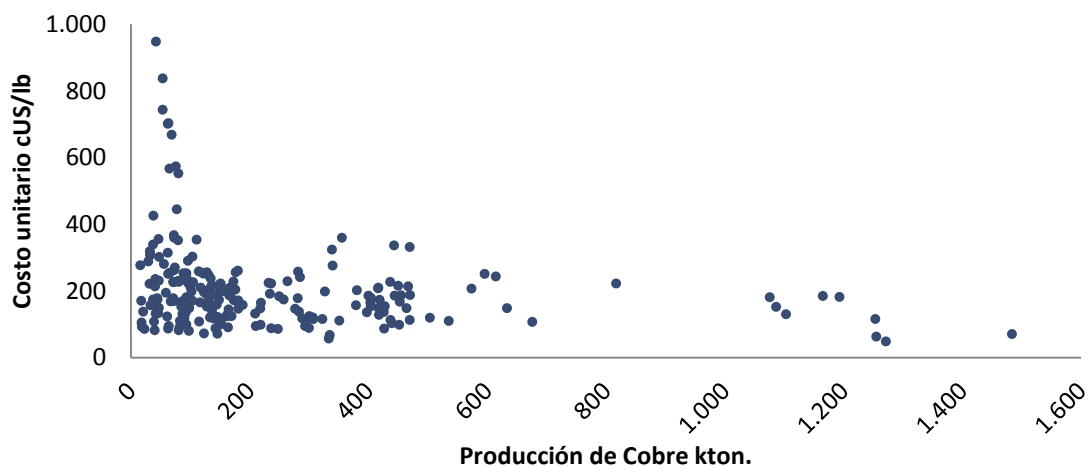


Gráfico 4-14: Relación entre costo unitario y nivel de producción en la minería del cobre en Chile, datos entre 2005 - 2014. Fuente: elaboración propia.

Una limitación del método de estimación utilizado se da en que, a pesar de que los resultados obtenidos representan adecuadamente al promedio de la industria minera, los valores extremos de faenas con una menor producción en cada año o elementos anómalos por una gran producción no son debidamente representados por la función.

4.4 Oferta y capacidad competitiva

La construcción de la curva de oferta marginal a través de la metodología de costeo a través del C1 muestra el importante aumento del costo en las faenas productoras de cobre del país. En promedio, la evolución del C1 del país se ha incrementado desde 51 cUS\$/lb en el año 2005 hasta 162 cUS\$/lb en el 2014. Para el caso de esta metodología, se indican las variaciones en los cargos de TC/RC y el efecto de los créditos por subproductos⁹ sobre el promedio nacional:

Tabla 4-2 Promedio costo C1 ponderado en Chile junto a efectos por cargos de fundición/refinación y crédito por subproductos. Fuente: elaboración propia.

cUS\$/lb	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TC/RC	15	16	10	7	12	7	9	10	12	17
Subproductos	-34	-26	-32	-30	-16	-21	-29	-24	-19	-22
Promedio C1 Chile	51	74	93	131	118	130	157	167	170	162

⁹ Incluye ventas de molibdeno, oro, plata y ácido sulfúrico en operaciones integradas.



Los datos anteriores muestran la relevancia de los subproductos para la competitividad de la industria chilena, permitiendo disminuir aproximadamente un 17% del costo C1 en promedio al país.

De manera acumulada, la curva de costos C1 calculada para las principales faenas del país presenta la siguiente evolución en los años 2005 y 2014:

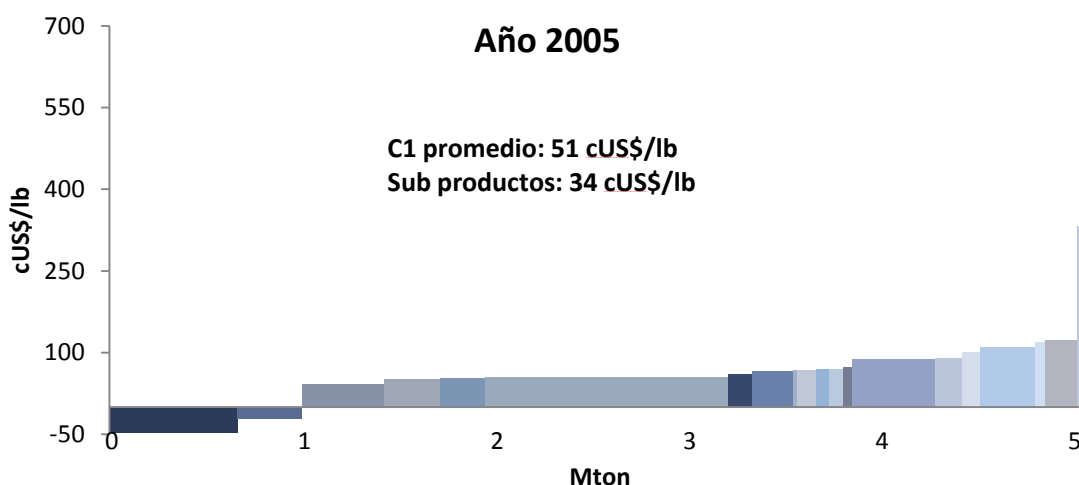


Gráfico 4-15 Curva de costos C1 de la minería del cobre en Chile el año 2005. Fuente: elaboración propia en base a información de COCHILCO y empresas.

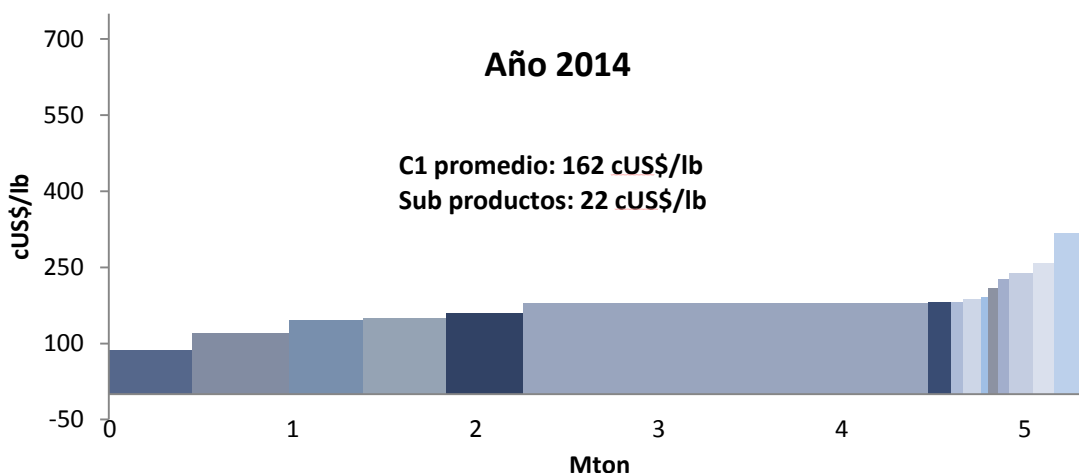


Gráfico 4-16 Curva de costos C1 de la minería del cobre en Chile el año 2014. Fuente: elaboración propia en base a información de COCHILCO y empresas.

El crecimiento de los costos que ha experimentado el país se manifiesta del mismo modo en el resto de los productores de cobre del mundo, agrupados según sus distintas zonas geográficas. El Gráfico 4-18 muestra que la variación porcentual del costo C1 en



Chile ha sido mayor que en otras zonas. En particular, el valor en Chile ha crecido en 3,2 veces, mientras que en otros países el aumento llega alrededor de 2 veces el costo del 2005. Si bien el mayor valor de los subproductos compensa la pérdida de competitividad, el incremento de los costos operacionales descritos en el punto 4.1 explica la mayor parte de la variación del C1. A pesar de que el aumento del costo cash del resto de los países latinoamericanos es mayor que el de Chile, en términos absolutos éstos se encuentran en una ventaja por sobre el país tal como indica el Gráfico 4-17.

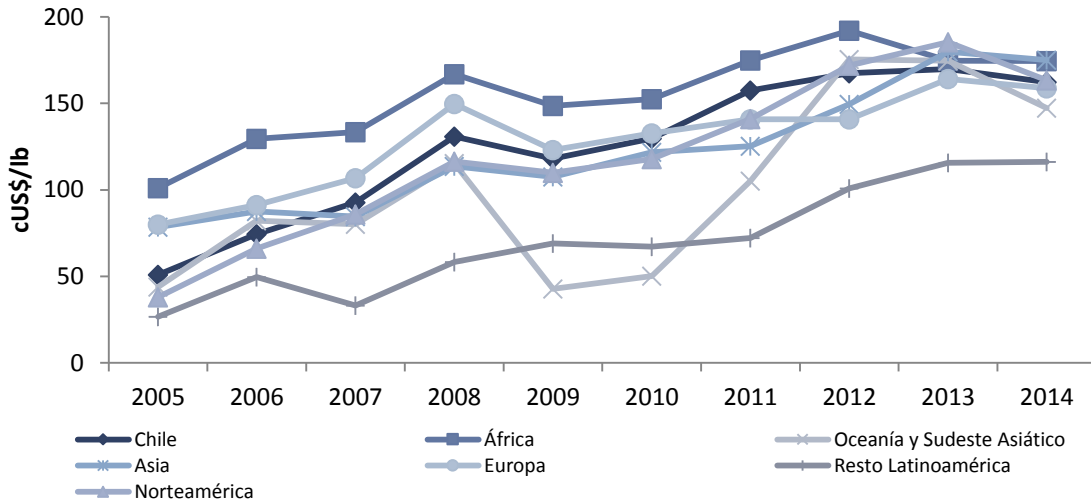


Gráfico 4-17 Evolución de costos C1 en Chile y distintas regiones del mundo. Fuente: elaboración propia en base a datos de COCHILCO y WoodMac.

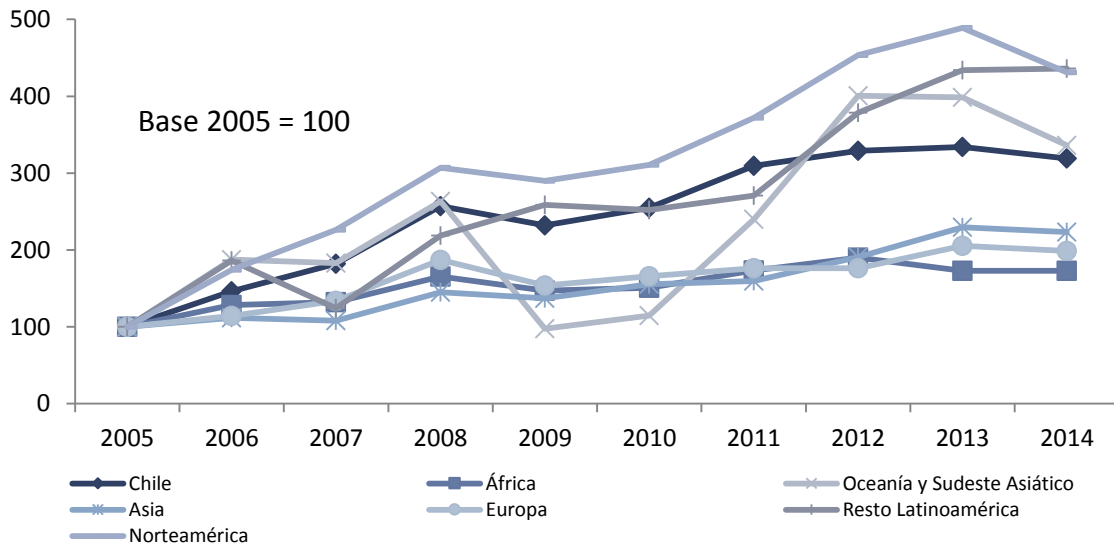


Gráfico 4-18 Evolución de costos C1 (índice base 2005=100) en Chile y distintas regiones del mundo. Fuente: elaboración propia en base a datos de COCHILCO y WoodMac.



Finalmente, se presentan de manera ilustrativa las curvas de oferta C1 por países, que permiten ver la variación en el posicionamiento de la producción de las principales operaciones de cobre chilenas con respecto al resto de los países:

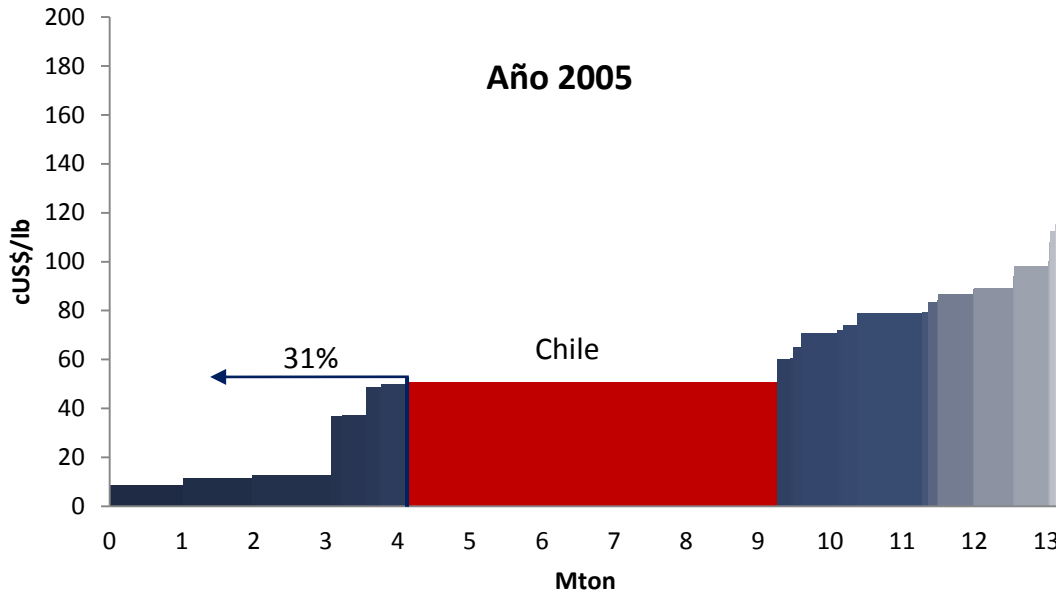


Gráfico 4-19 Curva de costos C1 promedio de la minería del cobre por países el año 2005.
 Fuente: elaboración propia en base a datos de COCHILCO y WoodMac.

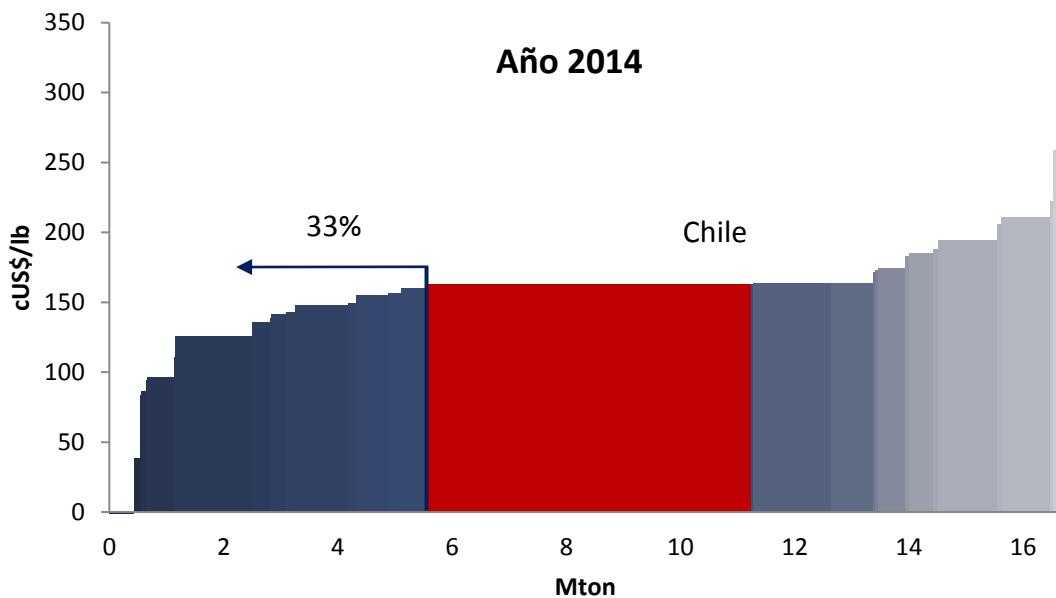


Gráfico 4-20 Curva de costos C1 promedio de la minería del cobre por países el año 2014.
 Fuente: elaboración propia en base a datos de COCHILCO y WoodMac.



Los gráficos anteriores muestran la evolución de la competitividad de la minería de cobre en el país en el período 2005 – 2014. Durante estos años, el porcentaje de producción proveniente de países con un menor costo C1 que Chile pasó de un 31% a un 33%. Lo anterior muestra que para los países es cada vez más difícil diferenciarse en términos de costos, pues existe una regularización o estandarización de la curva de oferta, lo que impulsa a los países a buscar nuevas maneras de lograr atraer proyectos mineros para lograr aumentar su capacidad productiva.



5 Comentarios y conclusiones

Los costos en minería se vuelven el indicador principal en la parte baja de los ciclos de precio, cuando las operaciones se preocupan de mejorar su productividad para un escenario competitivo que no requiere solo aumentos de producción. En este contexto, las cifras muestran el crecimiento de los costos (tanto de operación como C1) en el período 2005 – 2014, aumentando en promedio un 10% anual desde 90 cUS\$/lb hasta 217 cUS\$/lb en lo que se refiere a costos de operación y 17% anual desde 51 cUS\$/lb hasta 162 cUS\$/lb en el caso del costo C1. La situación mencionada, junto a un menor precio del cobre, llevó a la reducción constante de los márgenes operacionales, desde un 48% a un 22% en el mismo período.

En la estructura de costos, cabe destacar el peso que tienen las remuneraciones (tanto de personal propio como contratistas), ocupando un 21% promedio en el período y los materiales (principalmente aceros, productos químicos y neumáticos) con un 17%. Insumos como la energía eléctrica, combustibles, ácido sulfúrico y flete marítimo corresponden en conjunto a un 19% del costo total.

El análisis para explicar las variaciones del costo según la metodología propuesta, da cuenta del mayor peso que tuvieron las variaciones en los factores de producción (trabajo, energía eléctrica, combustibles, ácido, flete marítimo), tanto de precio como en la cantidad utilizada. Los factores anteriores permiten explicar un 29% de la variación del costo unitario, seguido por la corrección monetaria que explicaría un 19% del aumento. Dentro de los factores de producción, es el empleo (tanto en salarios como en número de trabajadores) el de mayor significancia en el incremento del costo de operación con 22 cUS\$/lb (18% sobre la variación total).

La existencia de economías de escala en la industria minera nacional comprueba la tendencia de la industria de aumentar los niveles de producción para alcanzar posiciones competitivas.

La capacidad competitiva del país se manifiesta a través del costo C1, que permite compararnos con otros polos de interés minero. Si bien durante los años en estudio la mayor parte de los países aumentaron sus costos, en Chile se dio de manera más pronunciada (3,2 veces), lo que significó que si en el año 2005 un 31% de la producción de otros países poseía un menor costo que el promedio nacional, el 2014 este porcentaje subió a 33%. Si bien el alza puede no parecer significativa, la menor competitividad se da en el hecho de la mayor similitud entre las distintas zonas en términos de costos.



6 Referencias

Asafu-Adjaye, J., y R. Mahadevan. «How cost efficient are Australia's mining industries?» *Energy Economics*, 2003: 315-329.

Carmichael, D.R., O. Ray Whittington, y Lynford Graham. *Accountant's Handbook*. New Jersey: Jhon Wiley & Sons, 2007.

Castillo, E., y Eduardo Bravo. *Análisis de costos operacionales 2000 - 2010*. Rancagua: CODELCO División El Teniente, 2010.

COCHILCO. *Análisis histórico y proyección de los costos de producción en la minería del cobre en Chile (período 1995 - 2015)*. Estudio, Santiago: Dirección de Estudios, 2010.

COCHILCO. *Costos de la minería: ¿cuánto impactan los insumos en la industria del cobre?* Dirección de Estudios y Políticas Públicas, Santiago: COCHILCO, 2008.

Crowson, Phillip. «Mine size and the structure of costs.» *Resources Policy*, 2004: 15-36.

García, Juan. *Contabilidad de costos*. México D.F.: McGraw - Hill, 2008.

Krugman, Paul, Robin Wells, y Martha L. Olney. *Fundamentos de economía*. 2008.

WoodMac. *Copper Mine Composite Costs 2005 - 2014*. Enero de 2015.



7 Anexos

7.1 Efectos de variación de costos

Para determinar los principales elementos que explican la variación de los costos de explotación se considera primeramente determinar una cantidad de cobre producido “teórico”, es decir, determinar de una manera *ceteris paribus* cuánto habría sido el cobre producido en un año si las leyes de envío a planta hubiesen sido las de otro. Lo anterior se enuncia en la siguiente ecuación:

$$Q_{ijk} = T_{ik} \cdot L_{jk} \cdot R_{ik} \quad (1)$$

Dónde Q_{ijk} se refiere a la producción de cobre pagable teórico en el año i , en base al año j para el mineral k (sulfuro y óxido). T_{ik} Corresponde al tonelaje de mineral k en el año i , L_{jk} a la ley del mineral k en el año se referencia j y R_{ik} a la recuperación metalúrgica del mineral k en el año i .

Luego, el denominado efecto ley del año i al año de referencia j se determina como la diferencia entre el costo unitario en base al cobre realmente producido en el año i y aquel calculado por el cobre teórico con las leyes del año de referencia:

$$\Delta E_{ley,ij} = C_i/Q_{ij} - C_i/Q_i \quad (2)$$

De este modo, una caída en la ley de cobre enviado a planta significaría que la producción teórica fuese menor a la real del año i y por lo tanto un efecto ley positivo, es decir, que utilizando la misma combinación de factores o condiciones y tan solo variando la ley, el costo habría sido mayor.

En lo que se refiere al efecto por corrección monetaria de un año i con respecto al año j , se consideró un ajuste del gasto total de cada elemento en base a distintos indicadores, luego se realizó la diferencia entre el gasto total de cada año y aquel calculado con los índices respectivos y finalmente se determina de manera unitaria con el valor del cobre teórico previamente mencionado:

$$\Delta E_{CM,ij} = \sum_l (C_{il} \cdot I_{ijl} - C_{il}) / Q_{ij} \quad (3)$$

En la ecuación anterior C_{il} se refiere al gasto total en el año i para el elemento l (depreciación, ácido, energía, combustibles, remuneraciones, flete, materiales y otros servicios), mientras que I_{ijl} corresponde al índice utilizado como factor de corrección del elemento l en el año i en base al año de referencia j .



Dado que el ajuste anterior solo ilustra los cambios por efectos inflacionarios generales y no considera las particularidades de cada insumo, se realiza otro ajuste en virtud de los precios efectivos que pagan las compañías en el país. En particular, este efecto por sobre el de corrección monetaria se realiza para los salarios, la energía eléctrica, el ácido sulfúrico, los combustibles, los materiales y el flete, por lo tanto se trata de la variación de los precios reales. Para este efecto se mantienen fijas las cantidades de cada factor de producción y se determina el gasto total según los precios del año de referencia¹⁰:

$$\Delta E_{P,ij} = \sum_l (M_{il} \cdot P_{jl} - C_{il} \cdot I_{ijl}) / Q_{ij} \quad (4)$$

En este caso M_{il} se refiere a la cantidad del factor de producción (excluyendo los materiales) l en el año i y P_{jl} al precio del mismo factor en el año j . Similar al caso anterior, el efecto cantidad se determina a través de la diferencia en el uso de los distintos factores de producción entre los años i y j :

$$\Delta E_{Q,ij} = \sum_l (M_{jl} - M_{il}) \cdot P_{il} / Q_{ij} \quad (5)$$

Un efecto que falta considerar en los asociados a precio – consumo es el efecto mixto, el cual corresponde al producto de los diferenciales entre precio y cantidad (excluyendo materiales):

$$\Delta E_{P-Q,ij} = \sum_l (M_{jl} - M_{il}) \cdot (P_{jl} - P_{il}) / Q_{ij} \quad (6)$$

Finalmente, se presentan otros efectos que corresponden a los aumentos en la depreciación por sobre la corrección monetaria, mayor gasto en materiales por sobre las correcciones de precios realizadas y un aumento en el gasto de otros servicios e insumos por sobre las corrección monetaria.

Cabe destacar que en caso de existir un diferencial con respecto al costo unitario del año j , se realiza un prorrateo hacia cada efecto calculado.

¹⁰ Para el caso del efecto precio de los materiales se consideró una ponderación entre aceros, productos químicos y neumáticos de una operación tipo para determinar un factor ad – hoc.



7.2 Regresiones economías de escala

A continuación se presentan los resultados estadísticos de las variables consideradas para los distintos modelos en la determinación de economías de escala.

Modelo 1

Linear regression	Number of obs. = 49
	F(6, 6) = .
	Prob > F = .
	R ² = 0,9922
	Root MSE = 0,26971 (Std. Err. adjusted for 7 clusters in i)

Inc	Coef.	Robust Std. Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
α_L	-5,447	70,353	-0,080	94%	-177,594	166,699
α_M	0,000	(omitted)				
α_F	1.353,637	1.131,263	1,200	28%	-1.414,465	4.121,739
α_E	264,086	76,430	3,460	1%	77,069	451,102
α_A	-1.615,233	1.192,440	-1,350	22%	-4.533,029	1.302,564
α_K	-0,904	36,995	-0,020	98%	-91,428	89,621
α_O	1.460,664	977,875	1,490	19%	-932,109	3.853,438
γ_{LL}	-1,352	4,018	-0,340	75%	-11,183	8,479
γ_{MM}	0,000	(omitted)				
γ_{FF}	-112,222	80,072	-1,400	21%	-308,150	83,707
γ_{EE}	24,865	18,937	1,310	24%	-21,472	71,203
γ_{AA}	145,286	125,199	1,160	29%	-161,066	451,637
γ_{KK}	-0,293	0,615	-0,480	65%	-1,798	1,212
γ_{OO}	0,000	(omitted)				
γ_{LM}	-13,819	16,411	-0,840	43%	-53,976	26,338
γ_{LF}	-5,352	1,397	-3,830	1%	-8,769	-1,934
γ_{LE}	-13,920	6,715	-2,070	8%	-30,351	2,510
γ_{LA}	4,358	2,098	2,080	8%	-0,775	9,492
γ_{LK}	-0,255	2,993	-0,090	94%	-7,579	7,069
γ_{LO}	1,623	21,157	0,080	94%	-50,148	53,393
γ_{LF}	1.088,626	801,140	1,360	22%	-871,693	3.048,944
γ_{MP}	88,124	75,084	1,170	29%	-95,601	271,849
γ_{MA}	-1.002,079	763,505	-1,310	24%	-2.870,308	866,150
γ_{MK}	26,248	8,501	3,090	2%	5,446	47,049
γ_{MO}	-133,441	194,400	-0,690	52%	-609,121	342,240
γ_{FE}	-11,689	6,959	-1,680	14%	-28,716	5,338
γ_{FA}	-6,026	21,285	-0,280	79%	-58,107	46,056



γ_{FK}	1,418	1,264	1,120	31%	-1,674	4,510
γ_{FO}	-1.554,596	1.165,855	-1,330	23%	-4.407,341	1.298,149
γ_{EA}	6,421	5,141	1,250	26%	-6,159	19,000
γ_{EK}	5,532	2,565	2,160	7%	-0,745	11,809
γ_{EO}	-31,984	38,589	-0,830	44%	-126,409	62,441
γ_{AK}	-0,068	0,728	-0,090	93%	-1,850	1,713
γ_{AO}	1.354,637	1.041,781	1,300	24%	-1.194,510	3.903,783
γ_{KO}	-21,448	8,706	-2,460	5%	-42,751	-0,146
α_Y	3,247	8,179	0,400	71%	-16,765	23,259
γ_{YY}	0,174	0,255	0,680	52%	-0,450	0,797
γ_{LY}	-0,451	0,719	-0,630	55%	-2,211	1,308
γ_{MY}	5,773	2,261	2,550	4%	0,242	11,305
γ_{FY}	0,918	0,390	2,350	6%	-0,037	1,873
γ_{EY}	1,386	0,597	2,320	6%	-0,075	2,846
γ_{AY}	-0,556	0,075	-7,450	0%	-0,739	-0,373
γ_{KY}	0,135	0,420	0,320	76%	-0,893	1,164
γ_{OY}	-7,711	2,594	-2,970	3%	-14,060	-1,363
Cte	1.952,333	432,807	4,510	0%	893,293	3.011,374

Modelo 2

Linear regression	Number of obs. = 49
	F(5, 6) = .
	Prob > F = .
	R ² = 0,9822
	Root MSE = 0,28792 (Std. Err. adjusted for 7 clusters in i)

Inc	Coef.	Robust Std. Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
α_L	45,786	34,574	1,320	23%	-38,813	130,385
α_M	0,000	(omitted)				
α_F	1.343,720	953,666	1,410	21%	-989,817	3.677,257
α_E	214,686	117,575	1,830	12%	-73,010	502,382
α_A	-1.645,782	1.027,119	-1,600	16%	-4.159,053	867,489
α_K	-26,704	15,613	-1,710	14%	-64,908	11,500
α_O	1.133,123	431,771	2,620	4%	76,618	2.189,628
γ_{LL}	-3,840	2,824	-1,360	22%	-10,751	3,070
γ_{MM}	0,000	(omitted)				
γ_{FF}	-111,214	74,655	-1,490	19%	-293,888	71,460
γ_{EE}	1,752	8,057	0,220	84%	-17,963	21,466



γ_{AA}	146,276	98,828	1,480	19%	-95,548	388,100
γ_{KK}	-0,586	0,316	-1,850	11%	-1,359	0,187
γ_{OO}	0,000	(omitted)				
γ_{LM}	-18,693	13,177	-1,420	21%	-50,935	13,550
γ_{LF}	-4,532	1,353	-3,350	2%	-7,843	-1,221
γ_{LE}	-8,522	1,581	-5,390	0%	-12,390	-4,654
γ_{LA}	2,750	0,893	3,080	2%	0,564	4,935
γ_{LK}	2,538	1,231	2,060	9%	-0,474	5,549
γ_{LO}	-1,437	12,456	-0,120	91%	-31,915	29,040
γ_{LF}	1.031,916	651,247	1,580	16%	-561,627	2.625,459
γ_{MP}	-5,494	71,223	-0,080	94%	-179,770	168,782
γ_{MA}	-960,928	614,386	-1,560	17%	-2.464,277	542,421
γ_{MK}	10,054	8,222	1,220	27%	-10,065	30,173
γ_{MO}	-199,599	171,923	-1,160	29%	-620,280	221,082
γ_{FE}	-6,646	9,719	-0,680	52%	-30,428	17,136
γ_{FA}	-5,556	10,633	-0,520	62%	-31,574	20,462
γ_{FK}	0,874	0,715	1,220	27%	-0,876	2,623
γ_{FO}	-1.433,626	888,508	-1,610	16%	-3.607,727	740,475
γ_{EA}	-3,400	6,086	-0,560	60%	-18,292	11,491
γ_{EK}	1,923	1,008	1,910	11%	-0,544	4,390
γ_{EO}	42,067	58,816	0,720	50%	-101,851	185,984
γ_{AK}	-0,595	0,648	-0,920	39%	-2,180	0,990
γ_{AO}	1.283,267	823,836	1,560	17%	-732,587	3.299,122
γ_{KO}	-0,041	6,332	-0,010	100%	-15,535	15,453
α_Y	-3,697	1,703	-2,170	7%	-7,864	0,470
γ_{YY}	0,350	0,135	2,590	4%	0,020	0,681
γ_{LY}	-	-	-	-	-	-
γ_{MY}	-	-	-	-	-	-
γ_{FY}	-	-	-	-	-	-
γ_{EY}	-	-	-	-	-	-
γ_{AY}	-	-	-	-	-	-
γ_{KY}	-	-	-	-	-	-
γ_{OY}	-	-	-	-	-	-
Cte	1.887,468	1.101,610	1,710	14%	-808,074	4.583,009



Modelo 3

Linear regression	Number of obs. = 49
	F(5, 6) = .
	Prob > F = .
	R ² = 0,9718
	Root MSE = 0,35016 (Std. Err. adjusted for 7 clusters in i)

Inc	Robust					[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err	t	P> t			
α_L	14,631	65,376	0,220	83%	-145,337	174,600	
α_M	0,000	(omitted)					
α_F	680,510	789,268	0,860	42%	-1.250,761	2.611,780	
α_E	236,553	111,550	2,120	8%	-36,400	509,506	
α_A	-1.051,049	880,092	-1,190	28%	-3.204,557	1.102,460	
α_K	-16,973	15,529	-1,090	32%	-54,972	21,026	
α_O	369,237	348,583	1,060	33%	-483,715	1.222,189	
γ_{LL}	-0,040	2,598	-0,020	99%	-6,398	6,317	
γ_{MM}	0,000	(omitted)					
γ_{FF}	-67,484	63,565	-1,060	33%	-223,023	88,055	
γ_{EE}	-6,499	13,973	-0,470	66%	-40,691	27,693	
γ_{AA}	81,819	82,131	1,000	36%	-119,148	282,786	
γ_{KK}	-0,350	0,300	-1,170	29%	-1,083	0,384	
γ_{OO}	0,000	(omitted)					
γ_{LM}	-25,695	18,065	-1,420	21%	-69,898	18,508	
γ_{LF}	-3,505	2,269	-1,550	17%	-9,056	2,046	
γ_{LE}	-4,078	2,026	-2,010	9%	-9,034	0,879	
γ_{LA}	1,813	1,151	1,570	17%	-1,004	4,630	
γ_{LK}	1,975	1,372	1,440	20%	-1,383	5,333	
γ_{LO}	22,567	13,515	1,670	15%	-10,502	55,636	
γ_{LF}	590,863	541,184	1,090	32%	-733,368	1.915,093	
γ_{MP}	-57,971	65,989	-0,880	41%	-219,440	103,497	
γ_{MA}	-548,101	507,976	-1,080	32%	-1.791,073	694,871	
γ_{MK}	5,943	6,882	0,860	42%	-10,895	22,782	
γ_{MO}	-142,122	141,493	-1,000	35%	-488,342	204,098	
γ_{FE}	-9,665	9,781	-0,990	36%	-33,598	14,268	
γ_{FA}	7,046	6,110	1,150	29%	-7,905	21,996	
γ_{FK}	0,122	0,429	0,280	79%	-0,928	1,172	
γ_{FO}	-775,980	724,912	-1,070	33%	-2.549,776	997,816	



γ_{EA}	-8,450	5,353	-1,580	17%	-21,548	4,649
γ_{EK}	0,345	1,044	0,330	75%	-2,210	2,901
γ_{EO}	75,493	57,626	1,310	24%	-65,513	216,498
γ_{AK}	-0,469	0,358	-1,310	24%	-1,345	0,407
γ_{AO}	706,058	673,624	1,050	34%	-942,240	2.354,356
γ_{KO}	-1,580	8,314	-0,190	86%	-21,923	18,764
α_Y	0,699	0,101	6,900	0%	0,451	0,946
γ_{YY}	-	-	-	-	-	-
γ_{LY}	-	-	-	-	-	-
γ_{MY}	-	-	-	-	-	-
γ_{FY}	-	-	-	-	-	-
γ_{EY}	-	-	-	-	-	-
γ_{AY}	-	-	-	-	-	-
γ_{KY}	-	-	-	-	-	-
γ_{OY}	-	-	-	-	-	-
Cte	2.422,648	841,050	2,880	3%	364,672	4.480,624

Estadística descriptiva de las variables relevantes

Variable	Obs	Mean	Std, Dev,	Min	Max
i	260	13,50	7,51	1,00	26,00
t	260	2.009,50	2,88	2.005,00	2.014,00
Cte	260	807.000.000	911.000.000	0	4.670.000.000
yp	260	200.429,80	248.261,10	0,00	1.483.900,00
pl	260	31.828,49	16.695,00	0,00	67.346,43
pm	260	1,12	0,16	0,93	1,42
pf	260	33.719	38.384	0	132.424
pe	260	0,06	0,03	0,00	0,12
pa	260	55.450	57.026	0	188.000
pk	260	0,10	0,10	0,00	0,81
po	260	1,09	0,13	0,94	1,33
Inc	228	20,16	1,19	13,70	22,26
Iny	224	11,91	0,96	9,45	14,21
Inpl	223	10,47	0,33	9,51	11,12
Inpm	260	0,10	0,14	-0,08	0,35
Inpf	127	11,09	0,30	10,63	11,79
Inpe	223	-2,63	0,27	-3,28	-2,11
Inpa	146	11,43	0,37	10,94	12,14
Inpk	221	-2,35	0,86	-9,44	-0,21
Inpo	260	0,08	0,11	-0,06	0,28



Este trabajo fue elaborado en la
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por

Daniela Rojas Seguel

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Emilio Castillo Dintrans

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Jorge Cantallopts Araya

Director de Estudios y Políticas Públicas

Junio/ 2015

