



COMISIÓN CHILENA DEL COBRE
Dirección de Estudios

**ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE
ENERGÍA ASOCIADO A LA MINERÍA DEL COBRE AL AÑO 2012**

DE/11/2013

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. METODOLOGÍA.....	9
3. ASPECTOS ESTRUCTURALES DE LA MINERÍA	11
3.1 Leyes.....	11
3.2 Dureza del mineral.....	12
3.3 Implicancias de los aspectos estructurales de la minería.....	12
3.3.1 Efecto de la disminución de la ley de mineral	12
3.3.2 Efecto del aumento en la dureza del mineral	13
4. RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA MINERÍA DEL COBRE	15
4.1 Resultados 2011 vs 2012	15
4.2 Evolución de los consumos de energía 2001-2012.....	18
5. ANÁLISIS POR TIPO DE ENERGÍA.....	20
5.1 Consumo de combustibles.....	20
5.1.1 Consumo global de combustibles - País	20
5.1.2 Consumo de combustibles por proceso - País.....	22
5.1.3 Consumo de combustibles unitarios por procesos - País.....	24
5.2 Consumo de energía eléctrica	26
5.2.1 Consumo de energía eléctrica - País.....	26
5.2.2 Consumo de energía eléctrica – SING.....	30
5.2.3 Consumo de energía eléctrica - SIC	35
6 COMENTARIOS FINALES	40
ANEXO A – Encuesta.....	41
ANEXO B – Tablas	44

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012**Índice de figuras**

Figura 1: Procesos mineros según tipo de mineral	7
Figura 2: Fuentes de energía en la minería del cobre	7
Figura 3: Tipos de combustibles y sistemas interconectados.....	8
Figura 4: Evolución de la ley promedio de mineral.....	11
Figura 5: Evolución de la dureza del mineral	12
Figura 6: Evolución del consumo de energía en la minería del cobre y de la producción de cobre fino.....	18
Figura 7: Consumos unitarios globales y su evolución en términos relativos, base 100 = 2001	19
Figura 8: Distribución porcentual del consumo de energía en la minería del cobre - País 20	
Figura 9: Consumo de energía asociada a combustibles en el país – 2001 - 2012.....	21
Figura 10: Distribución de combustibles según cantidad energía aportada, 2001 – 2012	21
Figura 11: Consumo de combustible por proceso minero – País, 2001 - 2012.....	22
Figura 12: Distribución porcentual del consumo de combustible – País 2001 - 2012	22
Figura 13: Variación del consumo de combustibles por proceso, respecto al año 2001 - País	23
Figura 14: Variación del consumo unitario de combustible por tonelada de cobre fino, respecto al año 2001 (por proceso) - País	24
Figura 15: Variación del consumo unitario de combustible por tonelada procesada/extraída, con respecto al año 2001 (por proceso) - País	25
Figura 16: Consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - País	26
Figura 17: Consumo de energía eléctrica por proceso minero – País, 2001 - 2012	27
Figura 18: Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica – País, 2001 - 2012	27
Figura 19: Variación del consumo de energía eléctrica por proceso, respecto del año 2001 - País.....	28
Figura 20: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con respecto al año 2001 (por proceso) - País	29
Figura 21: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada procesada/extraída, con respecto al año 2001 (por proceso) - País	29
Figura 22: Consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SING.....	30
Figura 23: Consumo de energía eléctrica por proceso minero - SING	31
Figura 24: Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica por proceso minero – SING	31
Figura 25: Variación del consumo de energía eléctrica por proceso, con respecto al año 2001 - SING	32
Figura 26: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con respecto al año 2001 (por proceso) - SING.....	33
Figura 27: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada procesada/extraída, con respecto al año 2001 (por proceso) - SING.....	34
Figura 28: Consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SIC	35
Figura 29: Consumo de energía eléctrica por proceso minero y su distribución porcentual - SIC	36

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Figura 30: Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica por proceso minero - SIC	36
Figura 31: Variación del consumo de energía eléctrica por proceso, con respecto al año 2001 – SIC	37
Figura 32: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con respecto al año 2001 (por proceso) - SIC.....	38
Figura 33: Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada procesada/extraída, base 2001 (por proceso) - SIC	39

Índice de tablas

Tabla 1: Tipo de investigación	9
Tabla 2: Tipo de encuesta	10
Tabla 3: Ejemplo del efecto de la ley en el combustible a consumir.....	13
Tabla 4: Consumo de energía por proceso – 2011 vs. 2012.....	15
Tabla 5: Consumo unitario de energía por cobre fino, por proceso – 2011 vs. 2012.....	16
Tabla 6: Consumo unitario de energía por tonelada de producto procesado, por proceso – 2011 vs. 2012	17
Tabla 7: Distribución del consumo de diesel por proceso, 2012 - País	23
Tabla B.1: Evolución de los consumos de energía en la minería del cobre, por proceso y tipo de energía, 2001-2012 (TJ).....	44
Tabla B.2: Evolución de los consumos unitarios de energía por fino contenido, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - País	45
Tabla B.3: Evolución de los consumos unitarios de energía por producto extraído/procesado, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - País	45
Tabla B.4: Evolución de los consumos unitarios globales de energía, 2001 – 2012 (GJ/TMF) - País	46
Tabla B.5: Consumos unitarios de energía eléctrica por fino contenido, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - SING	46
Tabla B.6: Consumos unitarios de energía eléctrica por producto procesado/extraído, 2001 – 2012 (MJ/TM) - SING	46
Tabla B.7: Consumos unitarios de energía eléctrica por fino contenido, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - SIC	47
Tabla B.8: Consumos unitarios de energía eléctrica por producto procesado/extraído, 2001 – 2012 (MJ/TM) - SIC.....	47

RESUMEN EJECUTIVO

Anualmente Cochilco realiza una encuesta para conocer la información respecto a producción, fuentes de abastecimiento de agua, consumo de combustibles y de energía eléctrica por área de producción, de las distintas empresas. Este año, dicha encuesta fue realizada en enero y fue contestada por 37 faenas, lo que equivale a un 95% del total de la producción de cobre de mina aproximadamente.

Este informe presenta una actualización del trabajo que Cochilco ha efectuado en los últimos 12 años con el fin de contribuir al país con información fidedigna del consumo de energía en la minería del cobre. Su objetivo es observar la evolución de estos consumos, sin juicios respecto a la eficiencia energética en los distintos procesos mineros.

El aumento en la intensidad de uso de la energía por parte de la minería del cobre se ve explicado principalmente por factores estructurales, tales como una mayor dureza en el mineral, disminución de leyes y mayores distancias de acarreo. El capítulo 3 de este informe intenta explicar de manera ilustrativa y cuantificable el impacto de los factores estructurales de la minería en el consumo de energía.

Según el Balance Nacional de Energía 2011¹ publicado por el Ministerio de Energía, a nivel país la participación de la minería del cobre en el consumo total final de energía fue de un 8,1%.

Entre los años 2011 y 2012 el consumo de energía total en la minería del cobre aumentó un 2,1% al pasar de 137,6 petajoules a 140,5 petajoules. Al observar la variación por tipo de energía, la energía de combustibles disminuyó un 1,7% pasando de 65,7 petajoules a 64,6 petajoules, mientras la energía eléctrica aumentó un 5,6% de 71,9 petajoules el 2011 a 75,9 petajoules el 2012. La producción de cobre mina aumentó en un 3,3% en este mismo periodo de tiempo, al aumentar de 5,26 millones de toneladas métricas de cobre fino a 5,43 millones de toneladas métricas de cobre fino.

Los procesos que más consumen energía según los resultados de la encuesta son: explotación minera, concentradora y LXSXEW consumiendo un 37%, 28% y 18% de la energía total respectivamente. Al analizarlo por tipo de energía, los procesos que más consumen energía de combustibles son la explotación minera y la fundición con un 72% y 12% respectivamente, por su parte los grandes consumidores de electricidad son la planta concentradora y LXSXEW consumiendo el 51% y 27% de la energía eléctrica respectivamente.

Al obtener la variación porcentual que tuvieron los consumos de energía por tonelada de cobre fino (megajoules / toneladas métricas de cobre fino) en el último año, destacan los procesos de extracción minera, LXSXEW y fundición los cuales disminuyeron su consumo unitario en un 3,4%, 0,8% y 3,3% respectivamente. Al analizar la variación del consumo total de energía por la producción total de cobre mina, este disminuyó en un 1,1% al pasar de 26,1 MJ/TMF a 25,9 MJ/TMF.

¹ La información para el año 2012 no estaba disponible a la fecha de publicación del presente

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Por otra parte las variaciones en el consumo de energía por producto procesado han tenido una disminución en los procesos de extracción minera y LXSXEW, disminuyendo en un 4,3% y 9,8% respectivamente. Para los procesos de planta concentradora y fundición ha habido un aumento de un 1,1% y 1,4% respectivamente.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

1. INTRODUCCIÓN

Este informe tiene como objetivo dar a conocer el consumo global de energía eléctrica y combustibles en la minería del cobre registrado el año 2012 y los respectivos coeficientes unitarios de consumo energético por etapa del procesamiento minero resultantes y, con ello, analizar la evolución que ha tenido desde el año 2001.

Este informe corresponde a una línea de trabajo sistemática de COCHILCO que ha permitido, en base a los datos individuales aportados por las compañías mineras del cobre, construir y mantener una base de datos respecto de consumos energéticos sectoriales, con lo cual se elabora información de interés para la industria y a la autoridad.

Es importante señalar que este informe no mide la eficiencia energética, la cual es un tema muy importante para el país.

Los procesos mineros considerados en este estudio, siguiendo un orden de acuerdo al tipo de mineral y al grado de refinación que va teniendo el cobre, se muestran en la figura 1 (el producto de cada proceso se menciona entre paréntesis):

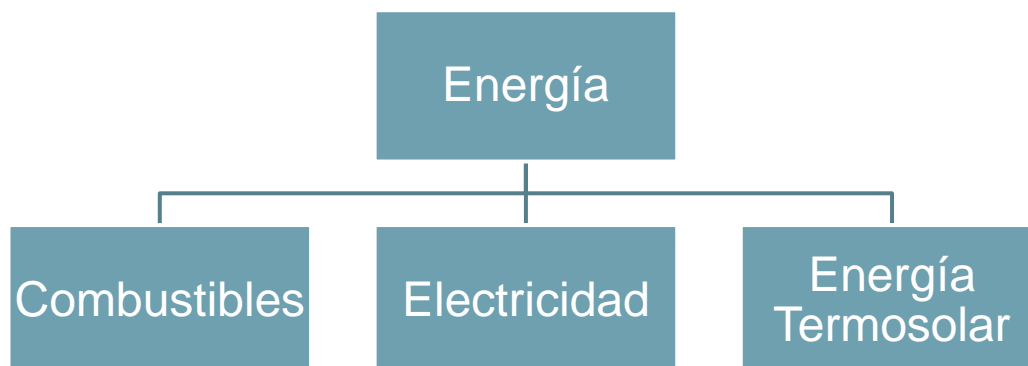
Figura 1: Procesos mineros según tipo de mineral



Además de estos procesos existen tareas y facilidades anexas que también consumen energía. Estos se resumen en el ítem “Servicios”, el cual reúne todo lo que no esté incluido dentro de los procesos mineros, como por ejemplo talleres y campamentos, entre otros.

La minería del cobre se abastece de distintas fuentes de energía para llevar a cabo sus procesos. En la figura 2 se muestran estas fuentes.

Figura 2: Fuentes de energía en la minería del cobre



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

A su vez, los combustibles y electricidad pueden provenir de distintas fuentes, señalados en la figura 3.

Figura 3: Tipos de combustibles y sistemas interconectados

Combustibles	Energía eléctrica
<ul style="list-style-type: none">• Carbón• Gasolina• Diesel• Enap 6• Kerosene• Gas Licuado• Gas Natural	<ul style="list-style-type: none">• Sistema Interconectado Central (SIC)• Sistema Interconectado del NORte Grande (SING)

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012**2. METODOLOGÍA**

La metodología puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Se consultan los datos directamente a las empresas mediante la “Encuesta de producción, energía y recursos hídricos”.
2. Al recibir las encuestas por parte de las empresas mineras, se revisan las cifras con la información de años anteriores y se ve si hay alguna diferencia significativa en algún dato entregado, en caso de haberlo se le comunica a la empresa minera para arreglar dicho dato.
3. Una vez recibidos los datos, estos se revisan y homologan.
4. Se calculan los consumos y los respectivos coeficientes unitarios de energía. Para el país se calculan tanto para combustibles como energía eléctrica, mientras que para energía eléctrica se detalla por el SING y SIC.
5. Los consumos de energía se presentan en petajoules (PJ) y los consumos unitarios en megajoules divididos en toneladas métricas (MJ/TM). Sin embargo en el anexo las cifras de consumo están detalladas en terajoules (TJ), con el fin de mostrar una mayor claridad visual en el informe y entregar una información más detallada para el lector.

La obtención de los datos se realizó por medio de una encuesta segmentada y específica, considerando las áreas, etapas y procesos característicos de cada una de las empresas, esta se aplicó el 1er semestre de 2013. La cobertura de las respuestas a la encuesta para el país, SING y SIC fue de un 94,6%, 94,9% y 94,2% respectivamente. Los datos finales fueron extrapolados al 100% de la producción chilena de cobre, a través de la imputación de medias.

Este es el primer año en el que se consulta por el consumo de energía termosolar. Si bien se consultó a cada empresa cuanta energía térmica consumió en los distintos procesos (principalmente en el calentamiento de soluciones), solo una faena minera contestó, por lo que se decidió no publicar las cifras asociadas a energía térmica, ya que se estaría entregando directamente la información de la faena en cuestión.

En el anexo A se muestran las preguntas efectuadas en la encuesta.

En las tablas 1 y 2 se presentan aspectos técnicos de la metodología utilizada

Tabla 1: Tipo de investigación

Finalidad	Aplicada
Alcance Temporal	Sincrónica (Transversal)
Profundidad	Descriptiva
Carácter	Cuantitativa
Fuentes	Primarias
Ambiente	De campo

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Tabla 2: Tipo de encuesta

Tipo	Censo
Según objetivos	Descriptiva
Unidad de análisis	Faenas mineras de cobre
Población	Empresas de la gran minería del cobre y algunas de la mediana minería.
Resultados	A nivel país, por área de producción
Variable 1	Tipo de fuente energética (combustibles o electricidad)
Carácter	Cualitativo
Tipo	Nominal
Variable 2	Cantidad de combustible o electricidad por proceso
Carácter	Cuantitativo
Tipo	Continua
Variable 3	Cantidad de material tratado por proceso
Carácter	Cuantitativo
Tipo	Continua
Variable 4	Cantidad de cobre fino por proceso
Carácter	Cuantitativo
Tipo	Continua

Los procesos mineros considerados se especificaron en la figura 1 del presente documento. Es importante destacar que a partir de este año el cuestionario a través del cual se obtienen los consumos, incluyó mayores detalles del ítem “servicios”. Como consecuencia, dicho ítem aumentó su consumo de energía. Sin embargo, desde un punto de vista porcentual, el consumo de energía en servicios afecta marginalmente al consumo total.

Los indicadores calculados se especifican a continuación con sus respectivas unidades entre paréntesis:

$$Energía consumida_i \text{ (Petajoules)}$$

$$Energía consumida_i \text{ (Megajoules)}$$

$$\frac{Energía consumida_i \text{ (Megajoules)}}{Cobre fino contenido en producto, proceso_i \text{ (Toneladas métricas de fino)}}$$

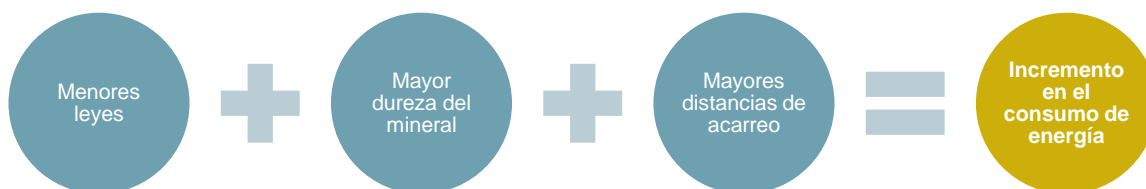
$$Energía consumida_i \text{ (Megajoules)}$$

$$\frac{Energía consumida_i \text{ (Megajoules)}}{Material procesado, proceso_i \text{ (Toneladas métricas de material)}}$$

Donde i representa a los distintos procesos mineros listados en la figura 1.

3. ASPECTOS ESTRUCTURALES DE LA MINERÍA

A medida que pasa el tiempo la minería va mostrando señales de envejecimiento. Es por esto que en el presente estudio se dedica una sección a este tema, el cual tiene una relación directa con la evolución de los consumos unitarios de energía en la minería. Dentro de las características más notorias cabe destacar: **disminución de las leyes del mineral, mayor profundidad de las minas y dureza del mineral; y aumento de la cantidad de material a transportar y en las distancias de acarreo.** Esto trae como consecuencia que se consuma más energía para producir la misma unidad de cobre. Estos factores mencionados previamente no son controlables, por lo que se irán acentuando con el paso de los años.



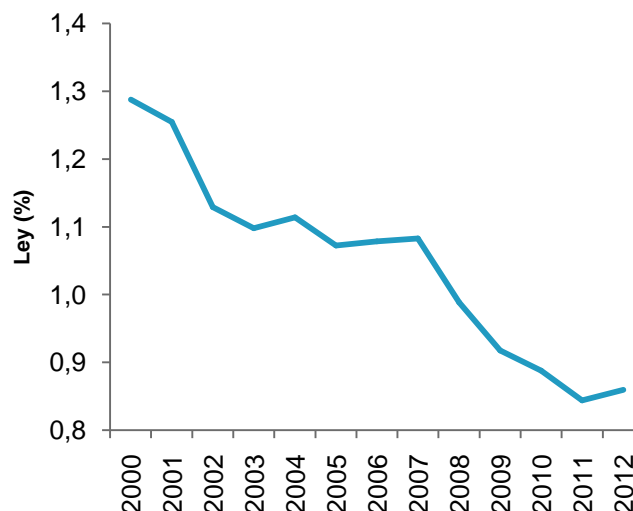
A continuación se presentará la evolución histórica de los factores estructurales de la minería²:

3.1 Leyes

Las leyes promedio del mineral han tenido una baja considerable a lo largo de los años, pasando desde 1,29% en el año 2000 a un 0,86% en el año 2012 (figura 4).

Al analizarlo por tipo de mineral, se aprecia que para los sulfuros la disminución es aún más pronunciada, pasando desde 1,38% en el año 2000 a 0,9% en el año 2012. Para el caso de los óxidos la disminución en la ley va desde 1,13% a 0,84% en el mismo periodo de tiempo.

Figura 4: Evolución de la ley promedio de mineral



Es importante mencionar que los proyectos que se han puesto en marcha en la última década, ya partieron con una ley más baja que la de operaciones más antiguas.

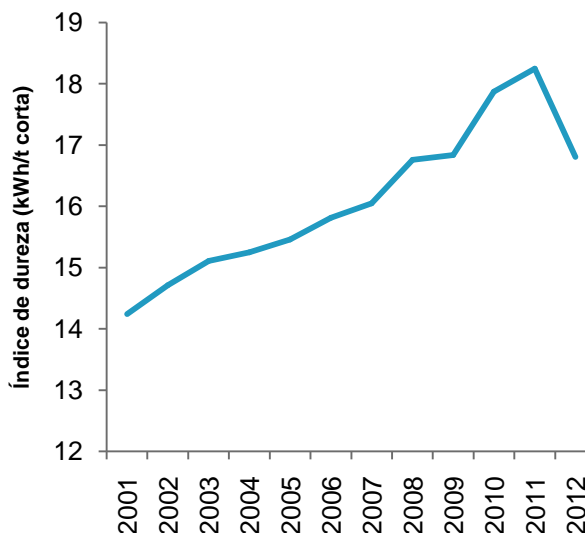
² No se presenta información histórica de las distancias de acarreo, debido a que esta información o está disponible en Cochilco

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

3.2 Dureza del mineral

En lo que respecta a la dureza promedio del mineral, ésta ha ido aumentando en el tiempo, lo cual se explica por la mayor profundidad de los yacimientos de rajo abierto. También es importante señalar que el último año la dureza tuvo una disminución con respecto al año anterior principalmente por la introducción a la muestra de minera Esperanza, la cual reportó un índice de dureza bajo del promedio (figura 5). En el periodo de tiempo analizado, el índice de dureza ha aumentado un 18%.

Figura 5: Evolución de la dureza del mineral



3.3 Implicancias de los aspectos estructurales de la minería³

Muchas veces se mencionan los aspectos estructurales de la minería como las principales causas del incremento en el consumo de la energía, pero ¿qué significa realmente esto?. A continuación se intentará cuantificar cuánto afecta el envejecimiento de las minas en el consumo de energía, primero en lo que respecta a la disminución de las leyes del mineral y posteriormente el aumento en la dureza del mineral. Todos los cálculos se hacen de manera ilustrativa para tener una idea general del impacto de los aspectos estructurales en el consumo de energía.

3.3.1 Efecto de la disminución de la ley de mineral

En la mina los camiones deben transportar una cierta cantidad de mineral o lastre, para lo cual consumen diesel. Por medio de un proceso de combustión, este diesel genera la energía necesaria para poder movilizar al camión. Lo que se ejemplificará a continuación es el aumento en la cantidad de combustible requerida para transportar una cierta unidad de cobre fino tanto para el año 2000 como para el 2012, tomando como *input* las respectivas leyes promedio de mineral. Para hacer este cálculo se supone que la ley del mineral puede cambiar y el resto de las variables permanecen con condiciones *ceteris paribus*, es decir las demás variables que influyen en la intensidad de uso del combustible permanecen constantes. Estas variables son factor de esponjamiento, pendientes de los caminos, distancias de acarreo, tipo de camión utilizado, eficiencia del motor de los camiones, entre otras.

En el año 2000 la minería del cobre tenía una ley promedio de 1,29%, por lo tanto un camión de 320 toneladas cortas⁴ de capacidad podía transportar 3.737 kg de cobre fino.

³Se sabe que el consumo de energía está determinado por una serie de variables, pero el objetivo es simplemente dar una visión del impacto que tiene la disminución de la ley y el aumento de la dureza del mineral en el consumo de energía.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Para el año 2012 la ley promedio de mineral había descendido a un 0,86%, por lo que el mismo camión transportó solo 2.496 kg de cobre fino. Esto puede ser resumido en la tabla 3, en donde se muestra la ley promedio de mineral, cobre fino contenido en 320 toneladas cortas y número de camiones requeridos para transportar la cantidad de cobre fino presente en el escenario del año 2000:

Tabla 3: Ejemplo del efecto de la ley en el combustible a consumir

Año	Ley promedio (%)	Cu fino en 320 toneladas cortas de mineral (kg.)	N° de camiones de 320 ton. Cortas requeridos para transportar mineral que contenga la cantidad de cobre fino del año 2000
2000	1,29	3.737	1,0
2012	0,86	2.496	1,5

Esto quiere decir que para transportar la misma cantidad de cobre fino el año 2012 se requeriría un 50% más de camiones en comparación al 2000, lo que se traduciría en un aumento del 50% del consumo de diesel y por ende en un posible aumento en el consumo de energía asociada a este tipo de combustible.

Este mismo análisis, suponiendo *ceteris paribus*, puede ser aplicado para el proceso de conminución, ya que se debe procesar más mineral para obtener la misma cantidad de cobre fino, debido a la disminución de las leyes explicadas anteriormente. Las conclusiones vendrían a ser equivalentes a las explicadas en el párrafo anterior, obteniendo que se requeriría consumir un 50% más de energía eléctrica para obtener la misma cantidad de cobre fino.

3.3.2 Efecto del aumento en la dureza del mineral

Un vez extraído el mineral de la mina, es llevado a los procesos de chancado y molienda, en donde se tiene como objetivo reducir el tamaño de los fragmentos rocosos para que posteriormente se pueda liberar la mayor cantidad de cobre presente en ellos. Estos procesos son intensivos en el consumo de energía eléctrica, por lo que la variación en la dureza del mineral tiene un impacto directo en este. Este impacto es el que se intentará ilustrar en el siguiente análisis.

La dureza promedio del mineral puede ser medida utilizando el índice de trabajo⁵, que fue de 14,24 kWh/t corta en el año 2000 mientras que el año 2012 fue de 16,81 kWh/t corta, esto es un 18% mayor. Este aumento implica que para reducir el mineral, según las especificaciones del índice de trabajo, se consume un 18% más de energía eléctrica para triturar y moler la misma cantidad de mineral.

⁴ Se usan 320 toneladas cortas, ya que esta capacidad es una de las más utilizadas dentro de las tolvas usadas en la minería nacional. 320 toneladas cortas equivalen a 290,3 toneladas métricas.

⁵ El índice de trabajo es un parámetro de conminución, el cual expresa la resistencia de un material a ser triturado y molido. Numéricamente son los kilowatts-hora por tonelada corta requeridos para reducir un material desde un tamaño teóricamente infinito hasta un tamaño tal que pase un 80% los 100 micrones.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Como se puede apreciar, el envejecimiento en las minas trae como consecuencia la disminución en la leyes, mayor dureza en el mineral y mayores distancias de acarreo, las que a su vez implican un mayor consumo de energía para obtener la misma cantidad de cobre fino.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012**4. RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA MINERÍA DEL COBRE**

Primeramente se presentarán los resultados de la encuesta 2012 comparándolos con los obtenidos el 2011 y luego se hará un análisis de la evolución del consumo de energía 2011 - 2012.

4.1 Resultados 2011 vs 2012

En la tabla 5 se presentan los consumos totales de energía en cada proceso minero asociados a combustibles y electricidad, tanto para el año 2011 como 2012 con su respectiva variación porcentual.

Tabla 4: Consumo de energía por proceso – 2011 vs. 2012

Proceso	Tipo de energía	Energía (TJ)		
		2011	2012	Var %
Mina rajo	Combustibles	48.776,6	45.864,1	-5,97%
	Electricidad	4.130,9	3.853,3	-6,72%
	Total	52.907,5	49.717,4	-6,03%
Mina subterránea	Combustibles	981,7	711,6	-27,51%
	Electricidad	1.528,6	1.733,8	13,42%
	Total	2.510,3	2.445,4	-2,59%
Mina	Combustibles	49.758,3	46.575,7	-6,40%
	Electricidad	5.659,5	5.587,0	-1,28%
	Total	55.417,8	52.162,8	-5,87%
Concentradora	Combustibles	733,6	457,0	-37,70%
	Electricidad	33.946,5	38.441,8	13,24%
	Total	34.680,0	38.898,9	12,16%
LXSXEW	Combustibles	6.023,9	4.327,0	-28,17%
	Electricidad	22.409,3	20.272,4	-9,54%
	Total	28.433,3	24.599,4	-13,48%
Fundición	Combustibles	6.540,3	7.654,6	17,04%
	Electricidad	5.348,2	6.643,3	24,22%
	Total	11.888,5	14.297,9	20,27%
Refinería	Combustibles	1.045,1	1.364,6	30,57%
	Electricidad	1.336,0	1.237,8	-7,36%
	Total	2.381,2	2.602,4	9,29%
Servicios	Combustibles	1.630,9	4.206,4	157,92%
	Electricidad	3.174,2	3.709,2	16,86%
	Total	4.805,1	7.915,6	64,73%
Total	Combustibles	65.732,2	64.585,4	-1,74%
	Electricidad	71.873,7	75.891,5	5,59%
	Total	137.605,9	140.476,9	2,09%

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

A partir de dichos consumos totales, se determinan los coeficientes de consumo de energía por cada unidad de cobre fino producido y por unidad de material tratado en cada proceso. Se obtienen tres coeficientes de consumo unitario por proceso, en combustibles, en electricidad y total.

La tabla 6 muestra los resultados del consumo unitario de energía por tonelada de cobre fino contenido en el producto que se obtiene de cada proceso para los años 2011, 2012 y su variación interanual.

Tabla 5: Consumo unitario de energía por cobre fino, por proceso – 2011 vs. 2012

Proceso	Tipo de energía	Consumo unitario por cobre fino (MJ/TMF)		
		2011	2012	Var %
Mina rajo	Combustibles	7.719,7	7.412,5	-3,98%
	Electricidad	653,8	591,5	-9,52%
	Total	8.373,4	8.004,0	-4,41%
Mina subterránea	Combustibles	1.393,2	1.053,7	-24,37%
	Electricidad	2.169,4	2.356,5	8,62%
	Total	3.562,6	3.410,2	-4,28%
Mina	Combustibles	6.986,2	6.790,2	-2,81%
	Electricidad	840,5	769,7	-8,42%
	Total	7.826,7	7.559,9	-3,41%
Concentradora	Combustibles	222,2	201,9	-9,16%
	Electricidad	10.283,5	11.071,1	7,66%
	Total	10.505,7	11.273,0	7,30%
LXSXEW	Combustibles	2.975,1	3.091,4	3,91%
	Electricidad	11.067,4	10.835,2	-2,10%
	Total	14.042,5	13.926,6	-0,83%
Fundición	Combustibles	4.794,3	4.513,6	-5,85%
	Electricidad	3.920,4	3.918,0	-0,06%
	Total	8.714,6	8.431,6	-3,25%
Refinería	Combustibles	1.046,6	1.474,5	40,89%
	Electricidad	1.337,9	1.341,6	0,28%
	Total	2.384,5	2.816,2	18,10%
Servicios	Combustibles	309,9	768,9	148,13%
	Electricidad	603,1	676,0	12,07%
	Total	913,0	1.444,9	58,25%
Total	Combustibles	12,5	11,9	-4,84%
	Electricidad	13,7	14,0	2,27%
	Total	26,1	25,9	-1,13%

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Del mismo modo, la tabla 7 presenta los consumos unitarios por material procesado en cada etapa⁶ de los años 2011 y 2012.

Tabla 6: Consumo unitario de energía por tonelada de producto procesado, por proceso – 2011 vs. 2012

Proceso	Tipo de energía	Consumo unitario por producto procesado (MJ/TM)		
		2011	2012	Var %
Mina rajo	Combustibles	56,9	54,4	-4,34%
	Electricidad	4,9	4,3	-11,72%
	Total	61,7	58,7	-4,93%
Mina subterránea	Combustibles	12,6	9,5	-25,06%
	Electricidad	19,8	21,7	9,75%
	Total	32,4	31,2	-3,81%
Mina	Combustibles	52,6	50,7	-3,55%
	Electricidad	6,4	5,7	-10,77%
	Total	59,0	56,4	-4,33%
Concentradora	Combustibles	1,8	1,3	-24,72%
	Electricidad	79,5	80,8	1,63%
	Total	81,3	82,2	1,06%
LXSXEW	Combustibles	12,5	11,2	-10,33%
	Electricidad	46,3	41,8	-9,66%
	Total	58,7	53,0	-9,80%
Fundición	Combustibles	1.401,3	1.396,2	-0,36%
	Electricidad	1.171,4	1.212,0	3,46%
	Total	2.572,7	2.608,2	1,38%

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Para el caso de la refinería, el coeficiente por material procesado es prácticamente igual al coeficiente por cobre fino producido, el cual se encuentra en la tabla 6.

⁶ Extracción mineral (rajo y subterránea): Tonelada de mineral extraído
 Concentradora: Tonelada de mineral alimentado a planta
 Fundición: Tonelada de concentrado alimentado a la fundición
 LXSXEW: Tonelada de mineral lixiviado

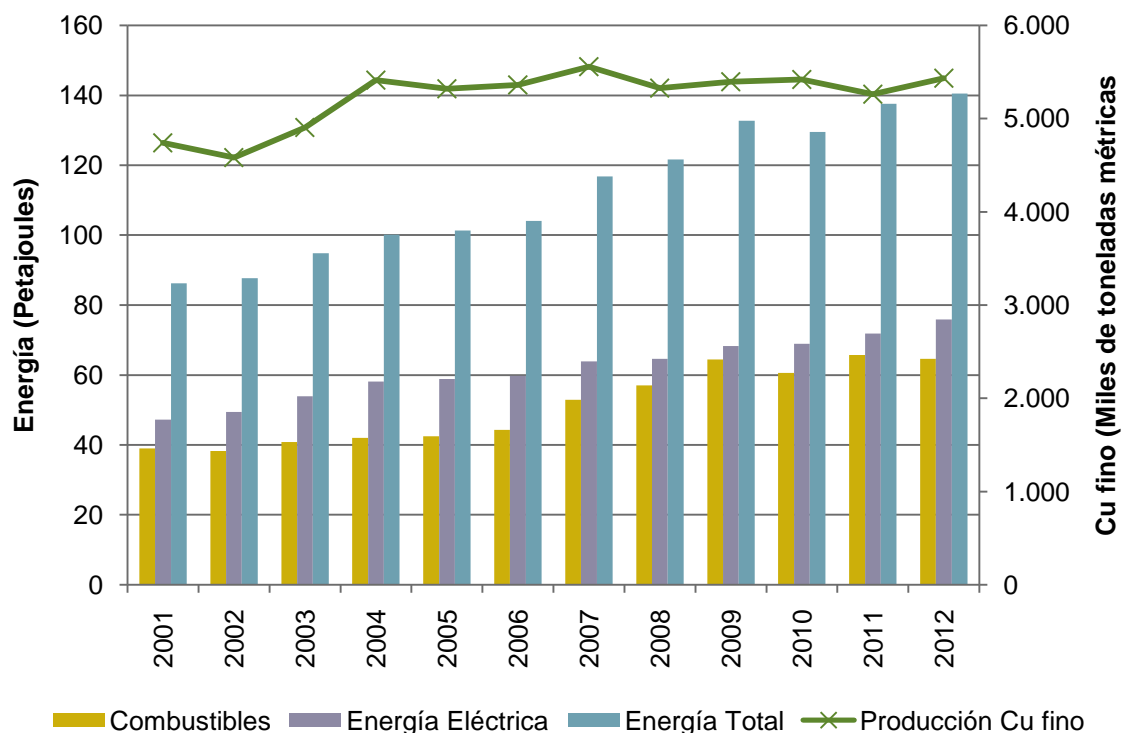
Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

4.2 Evolución de los consumos de energía 2001-2012

El consumo de energía ha tenido un aumento considerable con el paso de los años. Hay dos grandes causas a las que se puede atribuir este incremento, uno es la mayor producción de cobre y la otra, a los factores estructurales de la minería. Sin embargo la producción de cobre no ha aumentado en la misma proporción que lo ha hecho el consumo de energía, por lo que se puede inferir que son las características estructurales de la minería la principal causa del incremento en el consumo de energía.

En la figura 6 se puede apreciar la evolución del consumo de energía (combustibles, electricidad y total) y la producción de cobre en el tiempo. Se puede observar que desde el año 2004 la producción de cobre ha estado bordeando los 5,5 millones de toneladas métricas de cobre fino, mientras que el consumo de energía ha aumentado en un 40%.

Figura 6: Evolución del consumo de energía en la minería del cobre y de la producción de cobre fino



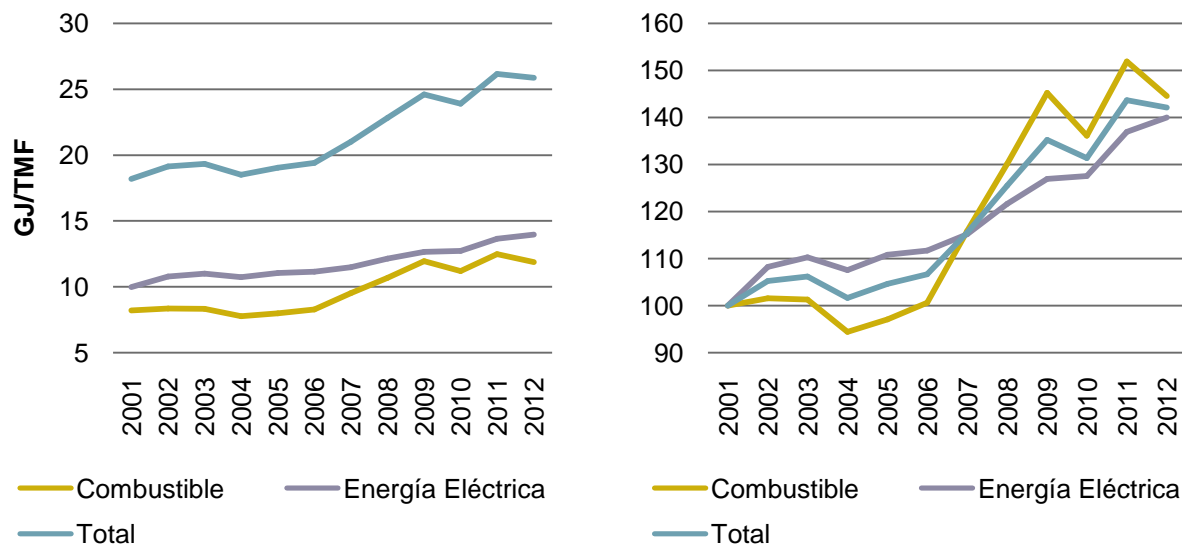
El consumo total de energía se muestra en detalle en el Anexo B, tabla B1. De dichas cifras se desprende que el consumo total de energía ha aumentado a una tasa anual promedio de 4,9%, mientras que el de combustible lo ha hecho a un 5,8% y el de energía eléctrica un 4,2%.

El consumo unitario global de energía ha aumentado desde 18,2 GJ/TMF en el año 2001 a 25,9 GJ/TMF el 2012. Esto se traduce en un aumento del 42,1% en el consumo de energía total por tonelada de cobre fino producido. En lo que respecta al consumo unitario de energía proveniente de combustibles, ésta ha aumentado de 8,2 GJ/TMF a 11,9 GJ/TMF entre los años 2001 y 2012 equivalente a un aumento de un 44,6%. Finalmente

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

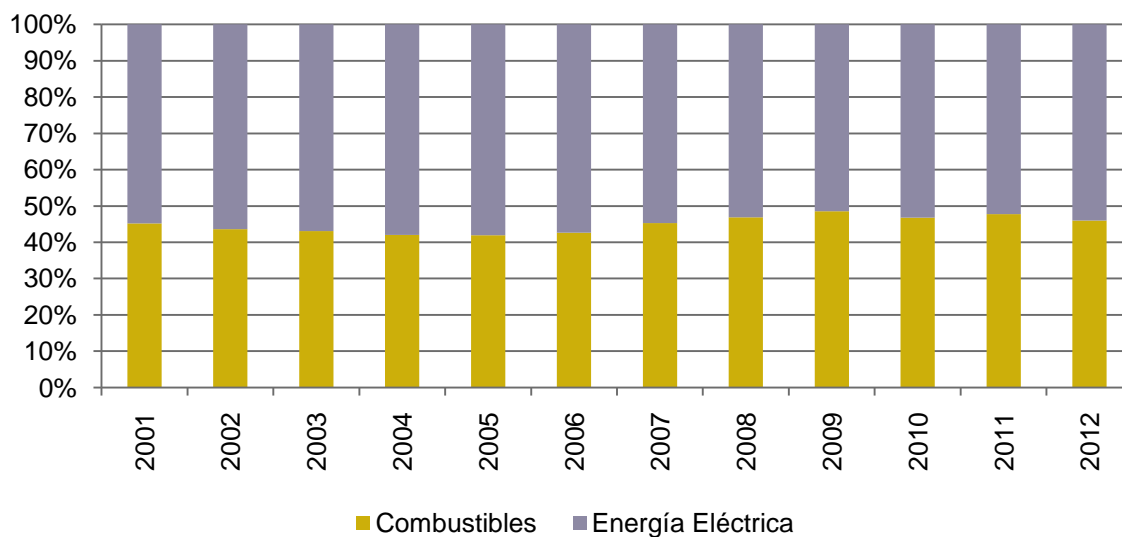
para el caso del consumo unitario de energía eléctrica, se ha visto incrementado en un 40,0% pasando desde 10,0 GJ/TMF a 14,0 GJ/TMF en el mismo periodo de tiempo (figura 7).

Figura 7: Consumos unitarios globales y su evolución en términos relativos, base 100 = 2001



Si bien estos coeficientes dependen en gran medida del mix de productos comerciables que hubo cada año, dan una clara tendencia del alza en el consumo de energía por tonelada de cobre fino producido.

Tanto el consumo de combustibles como de electricidad en la minería del cobre han aumentado en el tiempo, pero la proporción de éstos en términos porcentuales con respecto al consumo total de energía ha permanecido estable. Esto puede verse en la figura 8 en donde el combustible y la energía eléctrica se han mantenido en un rango de 40%-50% y 50%-60% respectivamente.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012**Figura 8: Distribución porcentual del consumo de energía en la minería del cobre - País**

5. ANÁLISIS POR TIPO DE ENERGÍA

A continuación se analiza el panorama a nivel país del consumo por tipo de energía, es decir para los combustibles y para la energía eléctrica y, un análisis particular del consumo eléctrico para cada uno de los sistemas interconectados.

En el análisis a nivel país, se muestran los coeficientes globales y coeficientes por proceso minero. Mientras que al analizar por sistema interconectado se presenta el consumo total y los coeficientes por proceso minero.

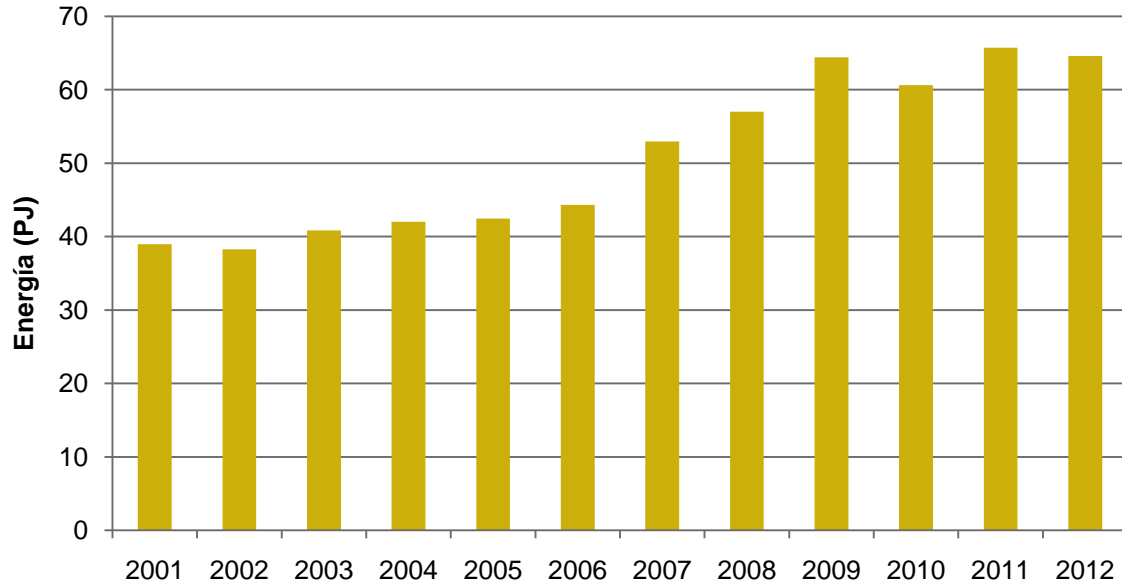
Es importante mencionar que los coeficientes expuestos en este informe son de consumo de energía y no miden la eficiencia energética como tal.

5.1 Consumo de combustibles

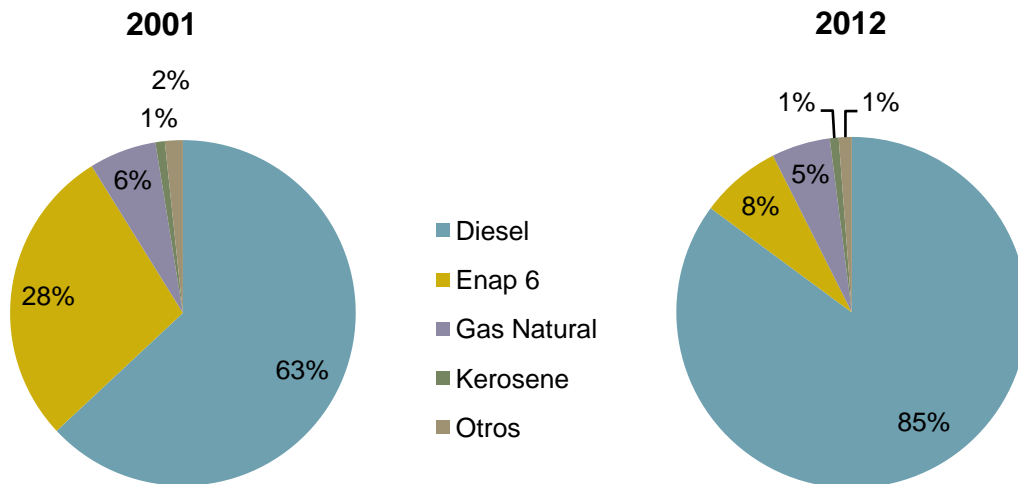
5.1.1 Consumo global de combustibles - País

El consumo de combustibles en la minería del cobre ha sufrido un importante aumento pasando de 39,0 PJ hasta 64,6 PJ entre los años 2001 y 2012, equivalente a un incremento de un 65,8%. Al ver la tasa anual promedio de crecimiento, ésta es de un 5,8%.

Sin embargo en el último año el consumo disminuyó en un 1,7% pasando de 65,7 PJ a 64,6 PJ (figura 9).

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012**Figura 9: Consumo de energía asociada a combustibles en el país – 2001 - 2012**

En la figura 10 se muestra la evolución del mix de productos en el consumo de combustibles, según el aporte energético de cada uno. Es clara la tendencia de cómo el Diesel ha aumentado su participación, pasando desde un 63% a un 85% entre los años 2001 y 2012.

Figura 10: Distribución de combustibles según cantidad energía aportada, 2001 – 2012

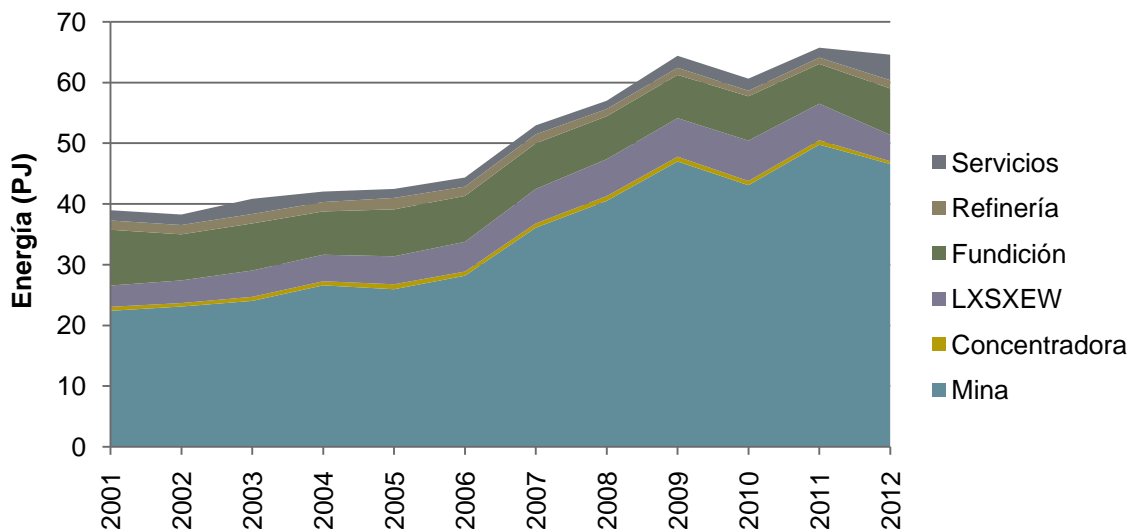
Dentro del mix de combustibles consumidos por la minería del cobre, el diesel representa el 85,1% para el año 2012.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

5.1.2 Consumo de combustibles por proceso - País

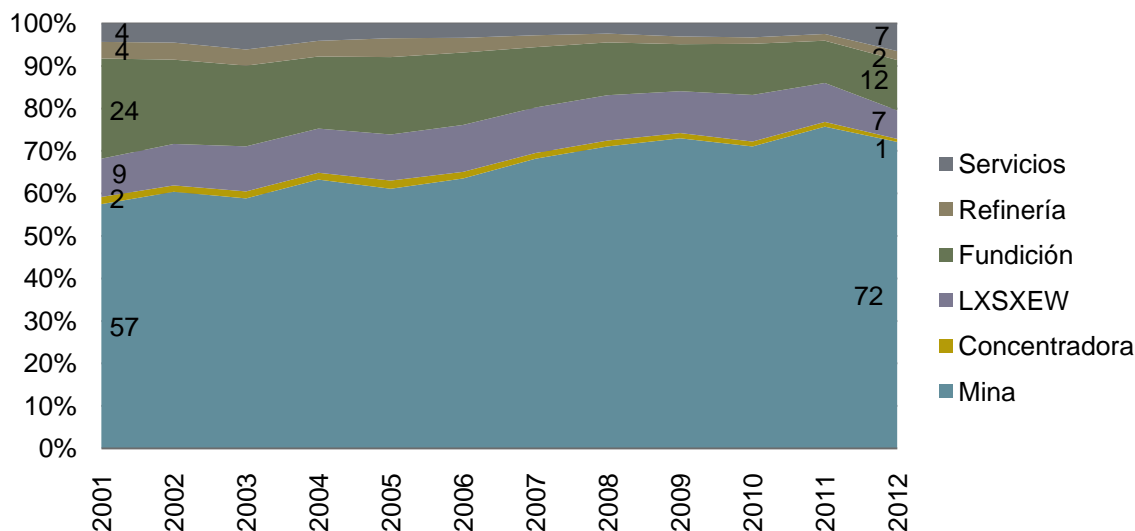
Al analizar el consumo de combustible por proceso llama la atención la extracción minera, la cual aumentó desde 22,4 PJ a 46,6 PJ (figura 11), significando un incremento de 108,0% entre los años 2001 y 2012. Ahora, si se observa la variación porcentual en el último año para este mismo proceso, esta fue negativa al disminuir en un 6,4%.

Figura 11: Consumo de combustible por proceso minero – País, 2001 - 2012



Las distribuciones porcentuales también sufrieron fuertes modificaciones, donde la extracción minera pasó de un 57% del consumo en 2001 a un 72% del total de energía aportada por combustibles en 2012 (figura 12). La sigue la fundición con un aporte de 12% en el año 2012, que disminuyó desde un 24% el 2001. La refinería, por su parte, aumentó de 4% en 2001 a 7% en 2012. El resto de los procesos generan un pequeño aporte en comparación a la extracción minera, fundición y refinería.

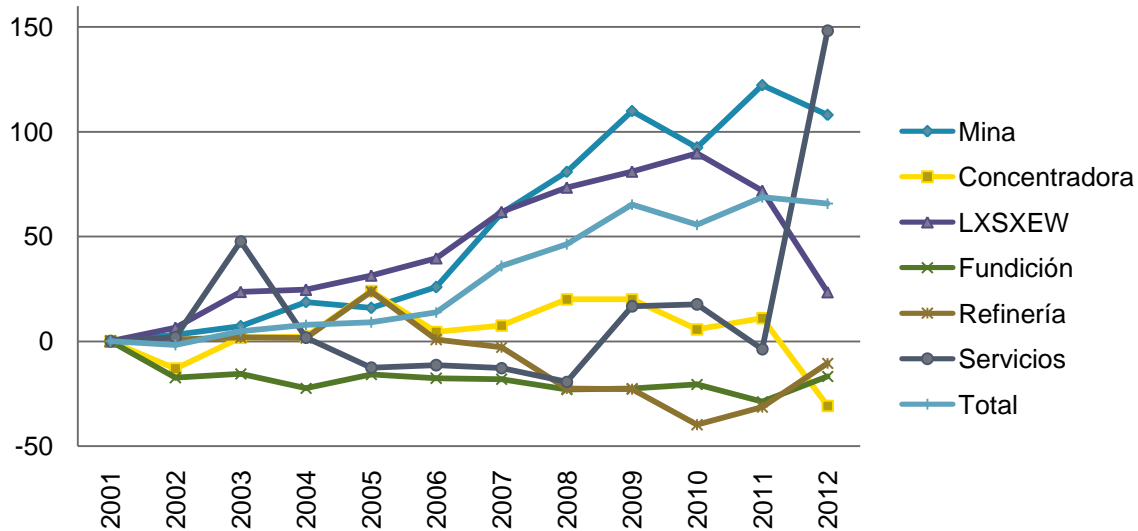
Figura 12: Distribución porcentual del consumo de combustible – País 2001 - 2012



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

La figura 13 muestra la variación del consumo de combustible por proceso minero. De allí se puede concluir que de los procesos mineros la mina es la que más ha aumentado su consumo en términos porcentuales, teniendo un incremento de 108% entre los años 2001 y 2012 como ya fue señalado, mientras que el consumo total lo ha hecho en un 65,8%.

Figura 13: Variación del consumo de combustibles por proceso, respecto al año 2001 - País



Como ya se ha mencionado en el punto 5.1.1 el diesel es el principal combustible utilizado en la minería del cobre. Es por esta razón que es importante observar más en detalle el uso que se le da a este combustible. Para esto se analiza el consumo de diesel en cada proceso.

Tabla 7: Distribución del consumo de diesel por proceso, 2012 - País

	Volumen (m3)	Energía (TJ)	%
Mina rajo	1.412.655	54.117,0	83,8%
Mina subterránea	21.226	813,1	1,3%
Mina (rajo + subte)	1.433.881	54.930,1	85,1%
Concentradora	13.637	522,4	0,8%
Fundición	19.075	730,7	1,1%
Refinería	467	17,9	0,03%
LXSXEW	128.934	4.939,3	7,6%
Servicios	89.925	3.444,9	5,3%
Total	1.685.919	64.585,4	100,0%

El diesel consumido en la mina (rajo y subterránea) representa el 72,4% del consumo total de combustibles en la minería del cobre chilena, pues en el proceso de extracción minera se consume el 85,1% del diesel usado en la minería del cobre (tabla 8) y, a su vez, el diesel representa también el 85,1% del consumo de combustibles (figura 10).

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

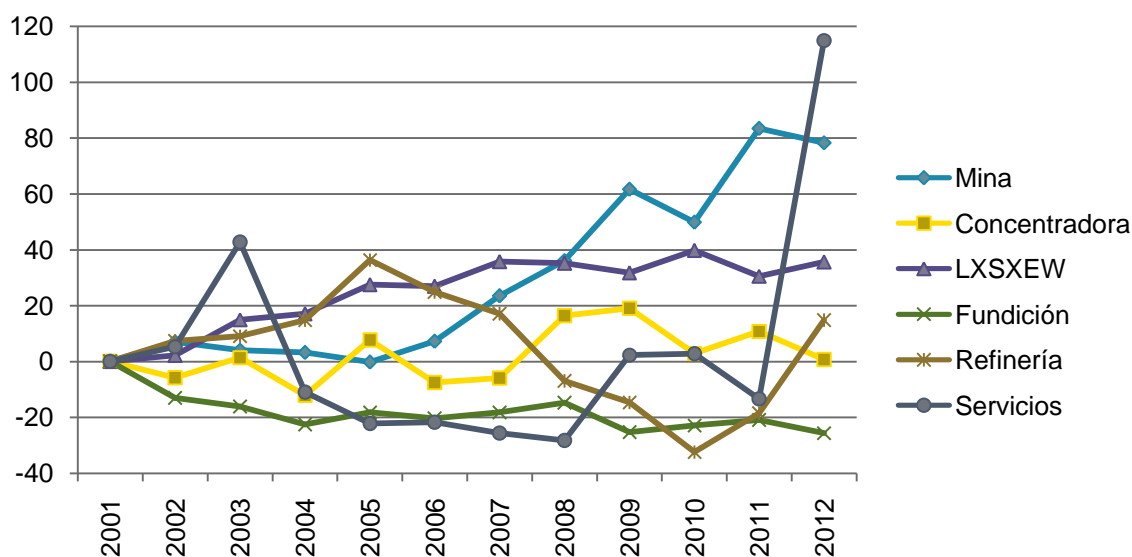
5.1.3 Consumo de combustibles unitarios por procesos - País

En el punto anterior se vio el consumo total de energía por proceso minero. Ahora se mostrarán los resultados de los consumos unitarios de combustible, es decir la energía proveniente de combustibles consumida para tratar/producir una unidad de producto (toneladas de cobre fino o toneladas de material procesado/extraído según sea el caso). Primeramente se presentarán los consumos por tonelada de fino obtenido en el respectivo proceso y luego los consumos unitarios por material tratado.

Consumo unitario de combustible por tonelada de cobre fino - País

Los consumos unitarios de combustible han tenido una tendencia al alza para los procesos de extracción minera y de lixiviación, mientras que para la fundición ha sido a la baja. Los demás procesos han permanecido más estables en el tiempo. Cabe destacar la disminución que se observó en el proceso de extracción de mineral en el último año, ya que una baja en este proceso influye considerablemente en el consumo total de combustibles (figura 14).

Figura 14: Variación del consumo unitario de combustible por tonelada de cobre fino, respecto al año 2001 (por proceso) - País



Como fue señalado con anterioridad, el aumento en el consumo de combustibles en el área de "servicios", se debe a que este año se incluyeron mayores detalles en este ítem.

En la tabla B.2, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos unitarios de combustible desde el año 2001 al 2012.

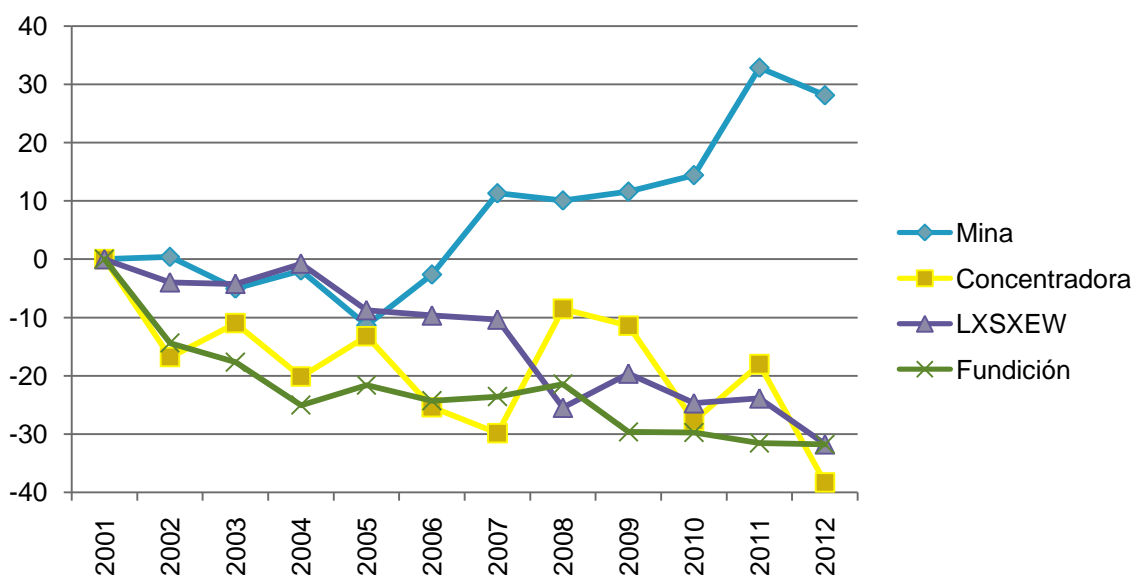
Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Consumo unitario de combustible por tonelada de producto extraído/procesado - País

Este coeficiente representa la energía asociada a combustibles consumida para extraer o procesar una tonelada de producto. Para el caso de la mina es por mineral extraído, para el de la concentradora y LXSXEW es por mineral tratado, mientras que para la fundición es por concentrado fundido.

Todos los procesos disminuyeron su consumo unitario de combustibles en el último año (figura 15).

Figura 15: Variación del consumo unitario de combustible por tonelada procesada/extraída, con respecto al año 2001 (por proceso) - País



De los procesos analizados, solo el de extracción minera ha tenido un crecimiento sostenido, mientras que todos los demás procesos muestran una tendencia bajista en el tiempo.

En la tabla B.3, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos unitarios de combustible desde el año 2001 al 2012.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

5.2 Consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica se dividirá en tres secciones, primeramente se mostrará el panorama a nivel nacional y luego el de cada uno de los sistemas interconectados, SING y SIC. En cada análisis se presentará el consumo total de energía, consumo por procesos y los consumos unitarios.

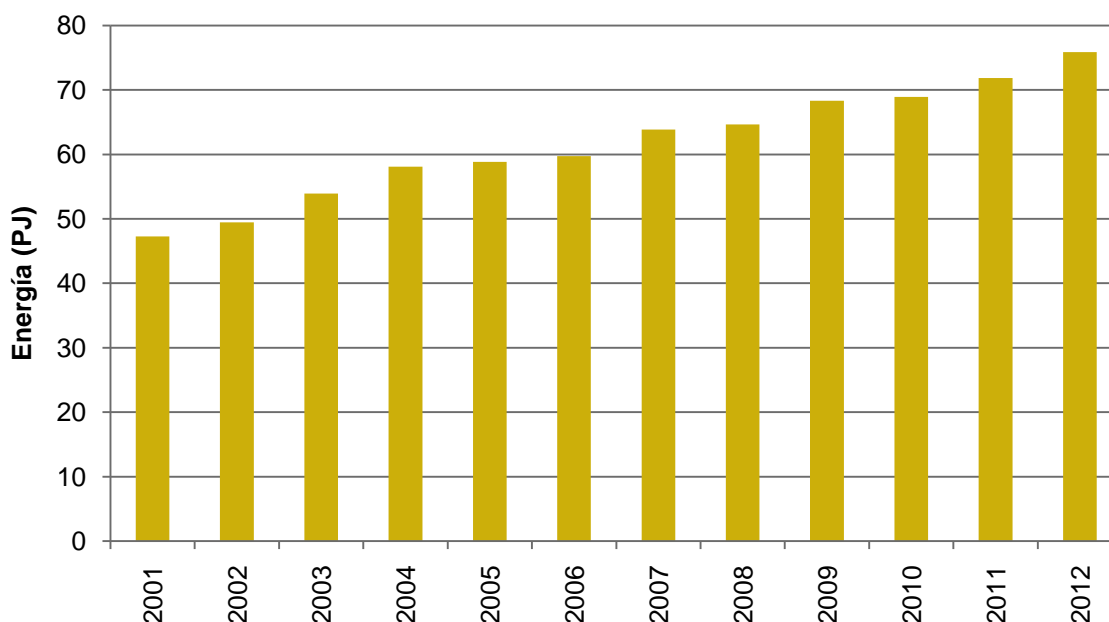
5.2.1 Consumo de energía eléctrica - País

5.2.1.1 Consumo total de energía eléctrica - País

El consumo de electricidad en la minería del cobre ha aumentado desde 47.3 PJ en el año 2001 hasta 75,9 PJ el 2012 (figura 16), equivalente a un incremento de un 60,5%. La tasa anual promedio de crecimiento es de un 4,2%.

Al enfocarnos en la variación en el consumo del último año, este fue positivo, al pasar de 71,9 PJ a 75,9 PJ.

Figura 16: Consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - País

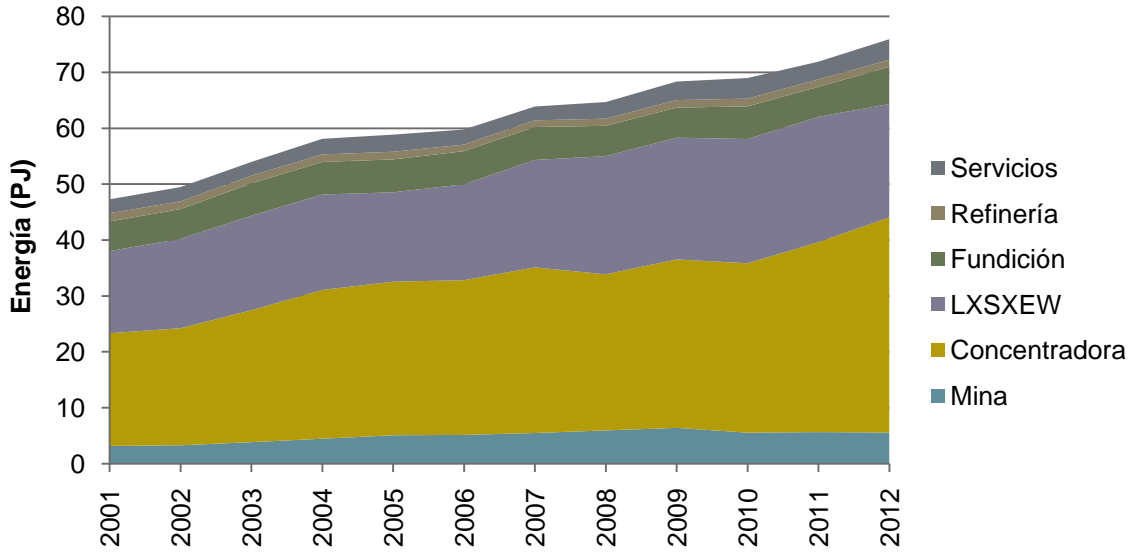


5.2.1.2 Consumo de energía eléctrica por proceso - País

En la figura 17 se observa la evolución que ha tenido el consumo de energía eléctrica, que pasó de 47,3 PJ en el año 2001 a 75,9 PJ el año 2012, separada por proceso minero. Es interesante notar que el consumo de electricidad en el año 2012 es liderado por la planta concentradora al utilizar el 51% del total de la energía eléctrica, seguido por el proceso de LXSXEW con un 27%. Cada uno de los demás procesos consume menos del 10%, tal como se observa en la figura 18.

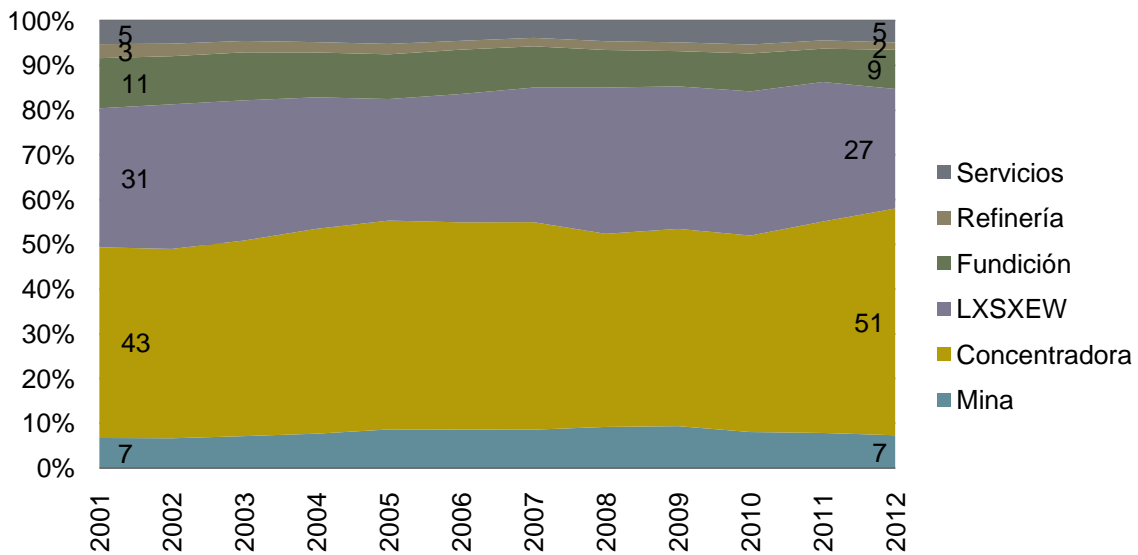
Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Figura 17: Consumo de energía eléctrica por proceso minero – País, 2001 - 2012



Al analizar cuáles han sido los procesos que más han aumentado sus consumos de electricidad en términos porcentuales entre los años 2001 y 2012, destacan la concentradora y la extracción minera, con un incremento del 90,9% y 75,0% respectivamente.

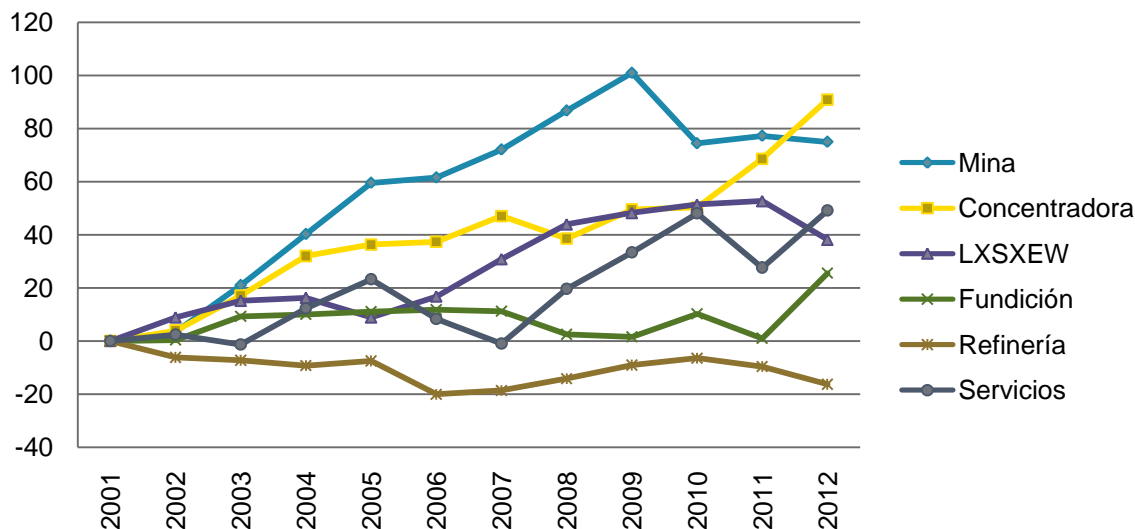
Figura 18: Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica – País, 2001 - 2012



Cabe destacar que entre los años 2011 y 2012, hubo tres procesos que disminuyeron sus consumos de energía eléctrica. Estos son mina, LXSXEW y refinería, los cuales redujeron sus consumos en un 1,3%, 9,5% y 7,4% respectivamente.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Figura 19: Variación del consumo de energía eléctrica por proceso, respecto del año 2001 - País



5.2.1.3 Consumos de energía eléctrica unitarios por proceso - País

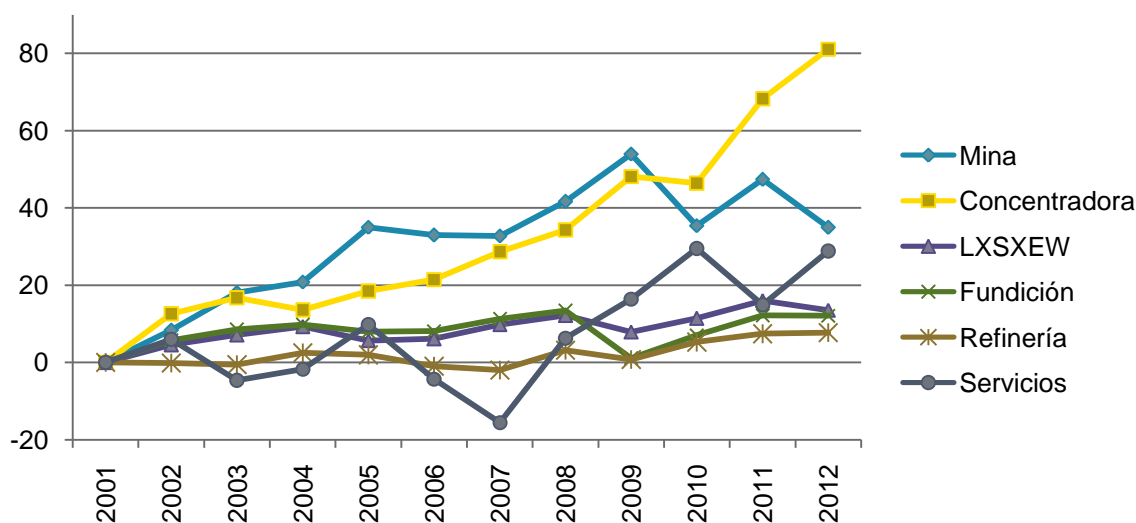
A continuación se mostrarán los consumos unitarios de energía eléctrica, es decir la electricidad consumida para tratar/producir una unidad de producto (toneladas de cobre fino o toneladas de material procesado/extraído según sea el caso). Al igual que en los consumos unitarios de combustible, se presentarán primeramente los consumos por tonelada de fino obtenido en el respectivo proceso y luego los consumos unitarios por material tratado.

Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino - País

Para el caso de la electricidad consumida por cobre fino, la planta concentradora presenta una clara tendencia al alza al incrementar desde 6.111,8 MJ/TMF a 11.071,1 MJ/TMF entre los años 2001 y 2012, lo que se traduce en un aumento de 81,1% (figura 20). La mina también ha tenido una tendencia alcista, siendo impulsada principalmente por las minas subterráneas las cuales han aumentado un 88,8% su consumo unitario por tonelada de fino en el mismo periodo. Los demás procesos han tenido un alza más bien conservadora, bajo el 20% para el segmento de tiempo en estudio, excepto servicios que aumentó un 28,8% respecto a 2001.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Figura 20: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con respecto al año 2001 (por proceso) - País

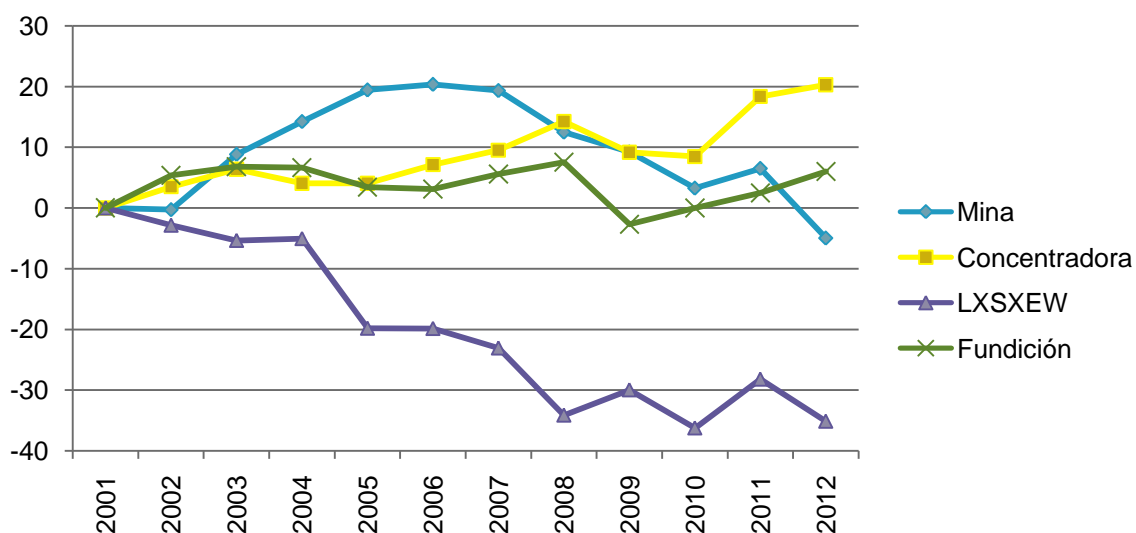


En la tabla B.2, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos unitarios de energía eléctrica desde el año 2001 al 2012.

Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de producto extraído/procesado - País

Este coeficiente representa la energía eléctrica consumida para extraer o procesar una tonelada de producto. Para el caso de la mina es por mineral extraído, para el de la concentradora y LXSXEW es por mineral tratado, mientras que para la fundición es por concentrado fundido.

Figura 21: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada procesada/extraída, con respecto al año 2001 (por proceso) - País



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Llama la atención la baja que ha tenido el proceso de LXSXEW, el cual ha disminuido desde 64,5 MJ/TM a 41,8 MJ/TM entre los años 2001 y 2012, lo que se traduce en una baja del 35,2% (figura 21). Por su parte la concentradora ha aumentado en un 20,3% en el mismo periodo.

En la tabla B.3, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos unitarios de energía eléctrica desde el año 2001 al 2012 SING

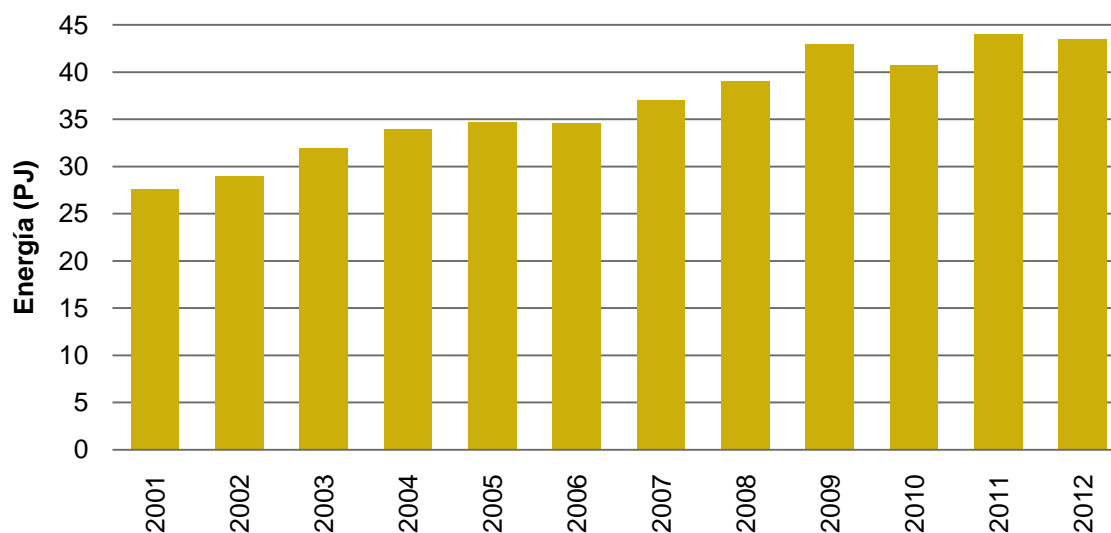
5.2.2 Consumo de energía eléctrica – SING

5.2.2.1 Consumo total de energía eléctrica - SING

El consumo de electricidad por parte de la minería del cobre en el sistema interconectado del norte grande (SING) ha aumentado desde 27,5 PJ en el año 2001 a 43,5 PJ el 2012 (figura 22), equivalente a un incremento de un 57,9%. La tasa anual promedio de crecimiento es de un 4,4%.

Al enfocarnos en la variación en el consumo del último año, este fue negativo, al pasar de 43,9 PJ a 43,5 PJ, lo cual equivale a una disminución del 1,0%.

Figura 22: Consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SING

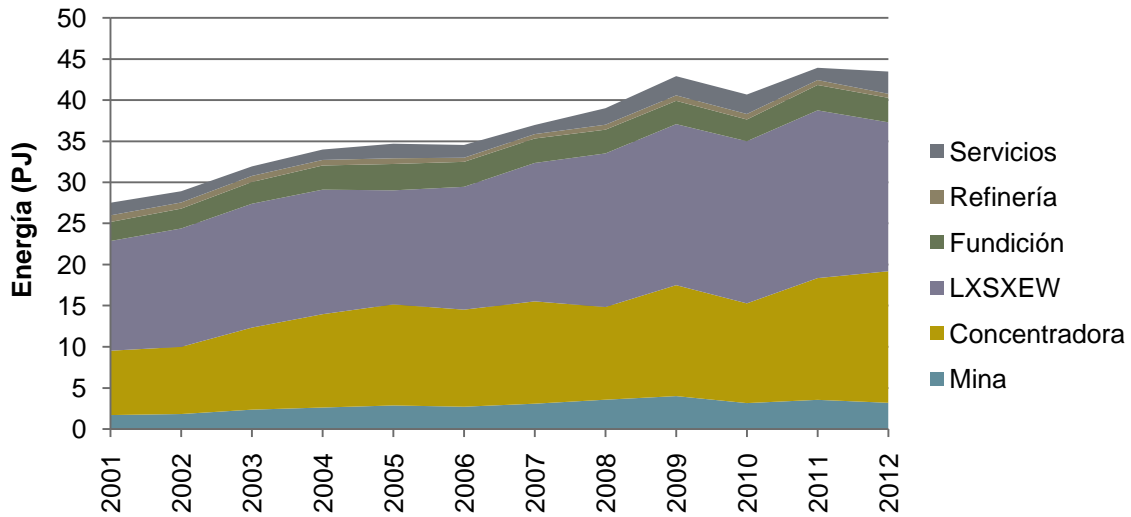


Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

5.2.2.2 Consumo de energía eléctrica por proceso - SING

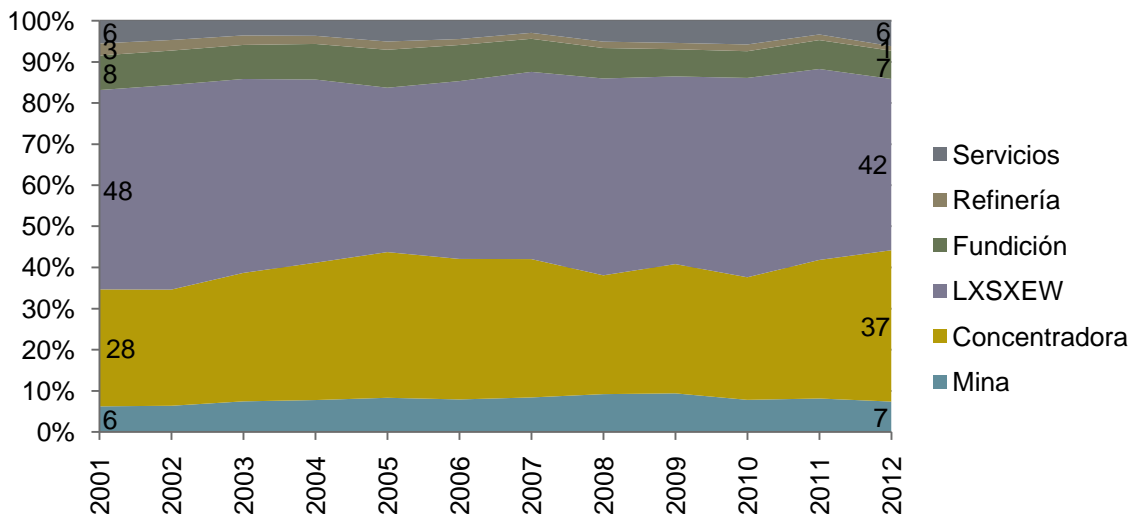
El consumo de electricidad en el SING por parte de la minería del cobre en el año 2012 alcanzó los 43,5 PJ (figura 23), siendo liderado por el proceso de LXSXEW que consumió un 41,7%, seguido por la planta concentradora con un 36,8%. El resto de los procesos consumió menos del 7,0% cada uno, tal como se ve en la figura 24.

Figura 23: Consumo de energía eléctrica por proceso minero - SING



Al analizar cuáles han sido los procesos que más han aumentado sus consumos de electricidad en el SING en términos porcentuales entre los años 2001 y 2012, destacan la concentradora y la extracción minera, con un incremento del 104,4% y 87,5% respectivamente (figura 25). Si bien el proceso de LXSXEW no ha aumentado considerablemente en términos relativos, sigue siendo el principal consumidor de electricidad en el SING.

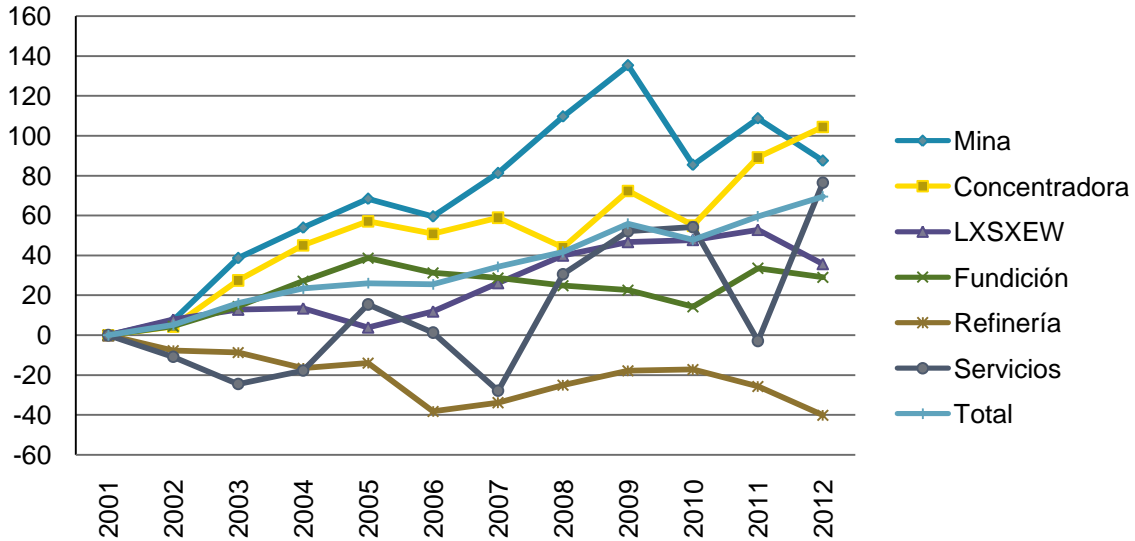
Figura 24: Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica por proceso minero – SING



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Cabe destacar que hubo cuatro procesos que disminuyeron sus consumos de energía eléctrica respecto al año 2011. Estos son mina, LXSXEW, fundición y refinería, los cuales redujeron sus consumos en un 10,2%, 11,2%, 3,4% y 19,4% respectivamente (figura 25).

Figura 25: Variación del consumo de energía eléctrica por proceso, con respecto al año 2001 - SING



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

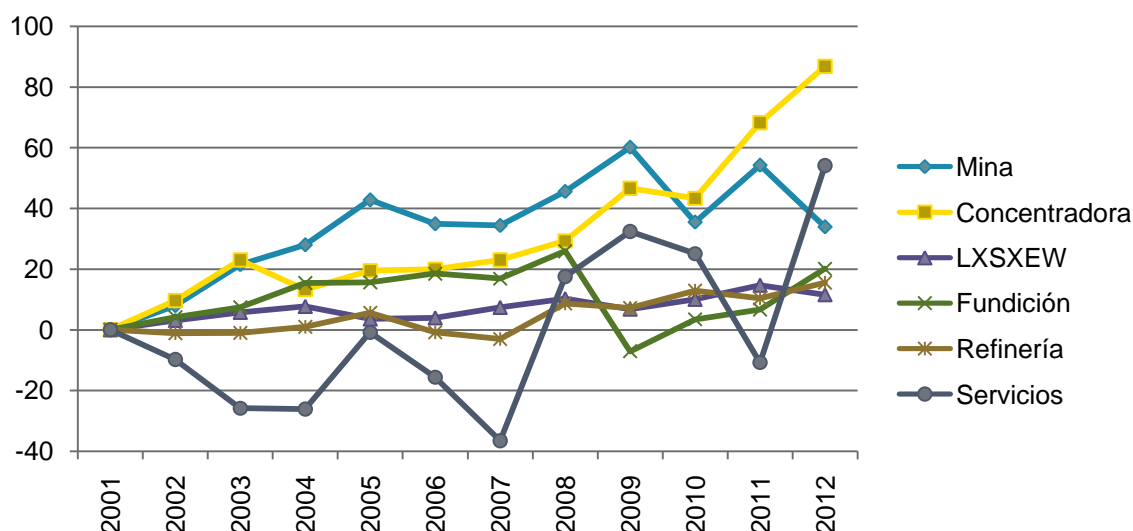
5.2.2.3 Consumos de energía eléctrica unitarios por proceso - SING

A continuación se muestran los consumos unitarios de energía eléctrica en el SING, es decir la electricidad consumida para tratar/producir una unidad de producto (toneladas de cobre fino o toneladas de material procesado/extraído según sea el caso). Se presentarán primeramente los consumos por tonelada de fino obtenido en el respectivo proceso y luego los consumos unitarios por material tratado.

Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino - SING

Para el caso de la electricidad consumida por cobre fino en el SING, la planta concentradora presenta una clara tendencia al alza al incrementar desde 5.082,9 MJ/TMF a 9.492,7 MJ/TMF entre los años 2001 y 2012, lo que se traduce en un aumento 86,8% (figura 26). La mina también ha tenido una tendencia alcista, aumentando un 33,9% en el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, ésta disminuyó su consumo unitario por tonelada de fino en el último año, al pasar de 736,4 MJ/TMF a 639,4 MJ/TMF, equivalente a una baja de un 13,2%.

Figura 26: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con respecto al año 2001 (por proceso) - SING



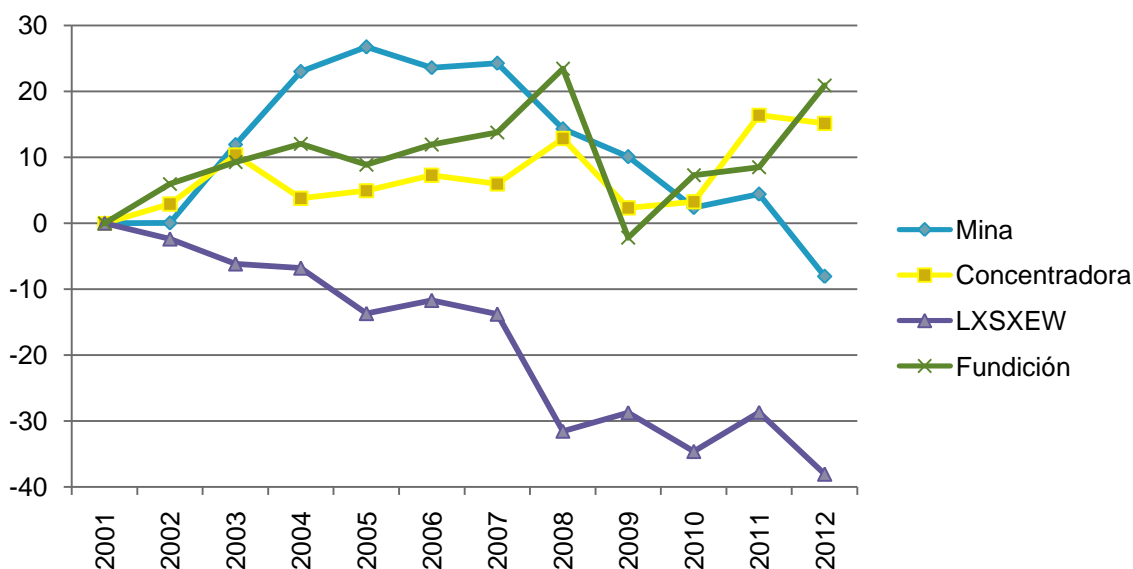
En la tabla B.5, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos unitarios de energía eléctrica por tonelada de cobre fino para el SING desde el año 2001 al 2012.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de producto extraído/procesado – SING

Este coeficiente representa la electricidad consumida para extraer o procesar una tonelada de producto en el sistema interconectado del norte grande (SING).

Figura 27: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada procesada/extraída, con respecto al año 2001 (por proceso) - SING



Llama la atención la baja que ha tenido el proceso de LXSXEW, el cual ha disminuido desde 67,1MJ/TM a 41,6 MJ/TM entre los años 2001 y 2012, lo que se traduce en una baja del 38,1% (figura 27). Cabe destacar que los procesos de mina, concentradora y LXSXEW disminuyeron sus consumos unitarios con respecto al año anterior en un 11,9%, 1,1% 13,2% respectivamente.

En la tabla B.6, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos unitarios de energía eléctrica por tonelada procesada para el SING desde el año 2001 al 2012.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

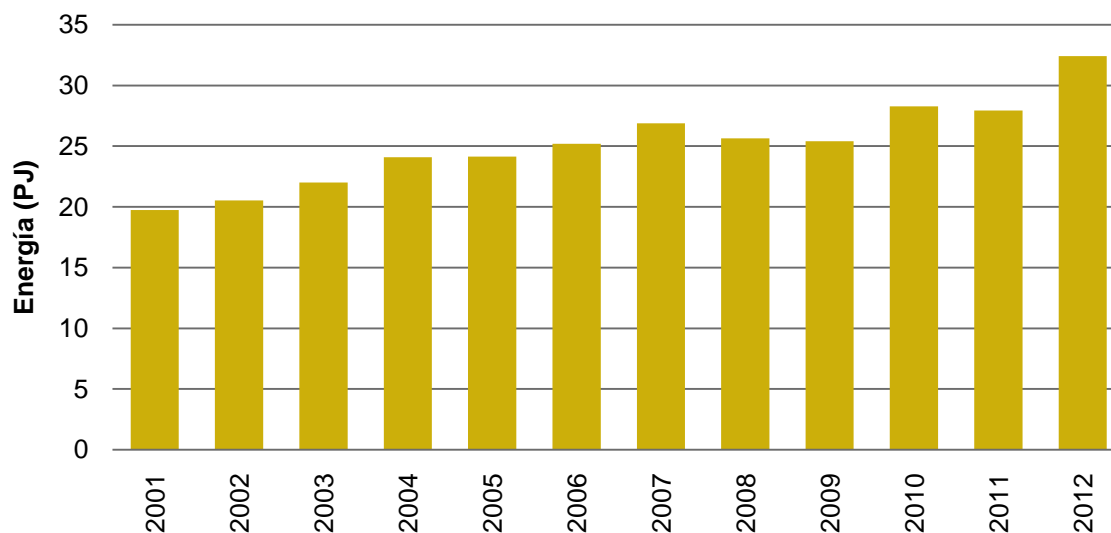
5.2.3 Consumo de energía eléctrica - SIC

5.2.3.1 Consumo total de energía eléctrica – SIC

El consumo de electricidad por parte de la minería del cobre en el sistema interconectado central (SIC) ha aumentado desde 19,8 PJ en el año 2001 a 32,4 PJ el 2012 (figura 28), equivalente a un incremento de un 64,2%. La tasa anual promedio de crecimiento es de un 4,0%.

Al enfocarnos en la variación en el consumo del último año, este aumentó considerablemente al pasar de 27,9 PJ a 32,4 PJ, lo que equivale a un aumento del 16%.

Figura 28: Consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SIC

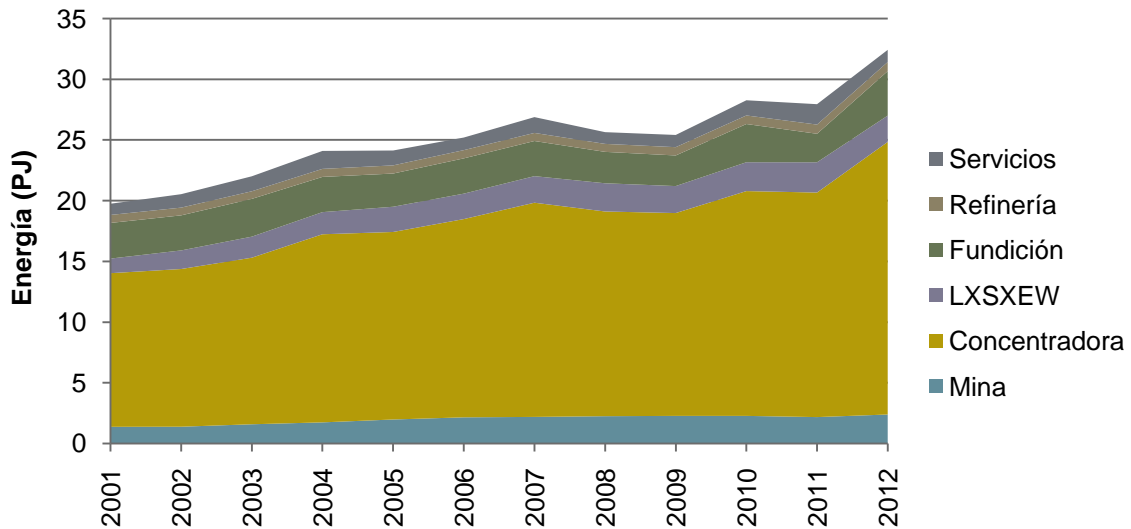


Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

5.2.3.2 Consumo de energía eléctrica por proceso - SIC

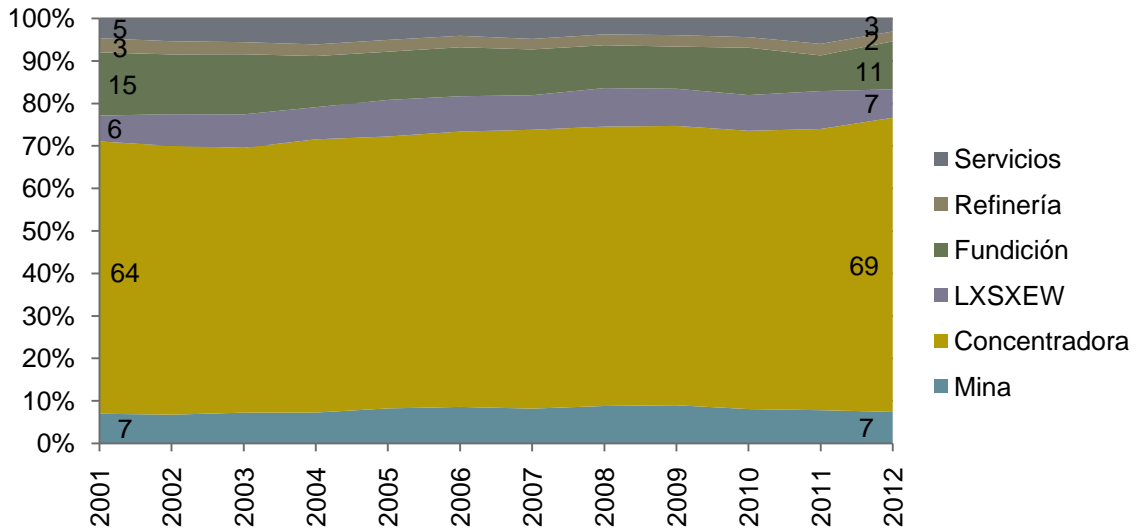
El consumo de electricidad en el SIC por parte de la minería del cobre en el año 2012 fue de 32,4 PJ (figura 29), siendo liderado por la concentradora consumiendo un 69,2%, seguido por la fundición con un 11,3%. Este liderazgo se ha mantenido en el tiempo desde el año 2001. El resto de los procesos consumió menos del 8,0% cada uno, como se ve en la figura 30.

Figura 29: Consumo de energía eléctrica por proceso minero y su distribución porcentual - SIC



Al analizar cuáles han sido los procesos que más han aumentado sus consumos de electricidad en el SIC en términos porcentuales entre los años 2001 y 2012, destacan el proceso de LXSXEW, concentradora y extracción minera 80,5%, 77,4% y 74,0% respectivamente (figura 31).

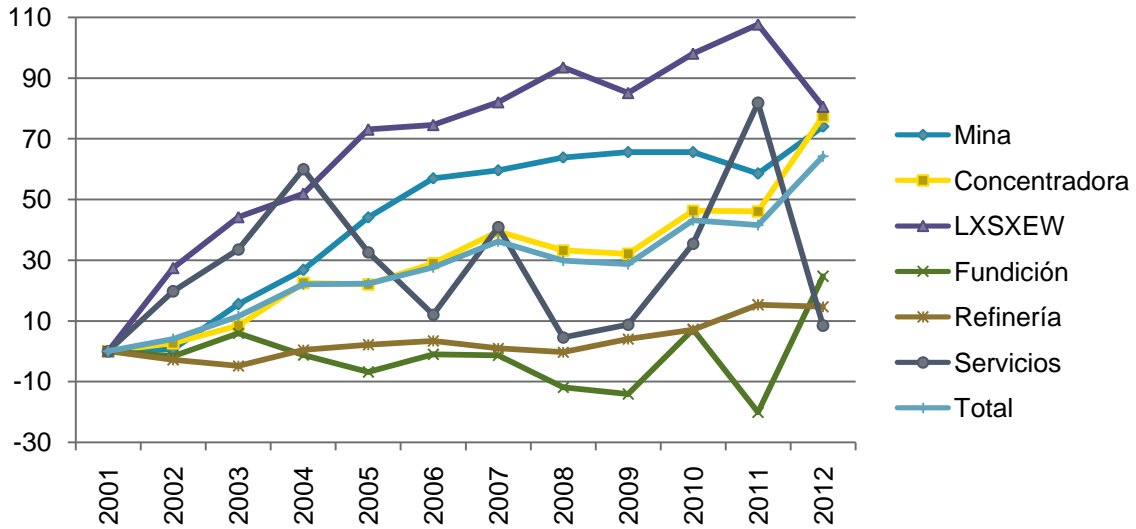
Figura 30: Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica por proceso minero - SIC



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Dentro del último año hubo procesos que disminuyeron sus consumos respecto al año anterior. Estos son servicios, LXSXEW y refinería, los cuales redujeron su consumo en 40,4%, 13,1%, y 0,5% respectivamente.

Figura 31: Variación del consumo de energía eléctrica por proceso, con respecto al año 2001 – SIC



Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

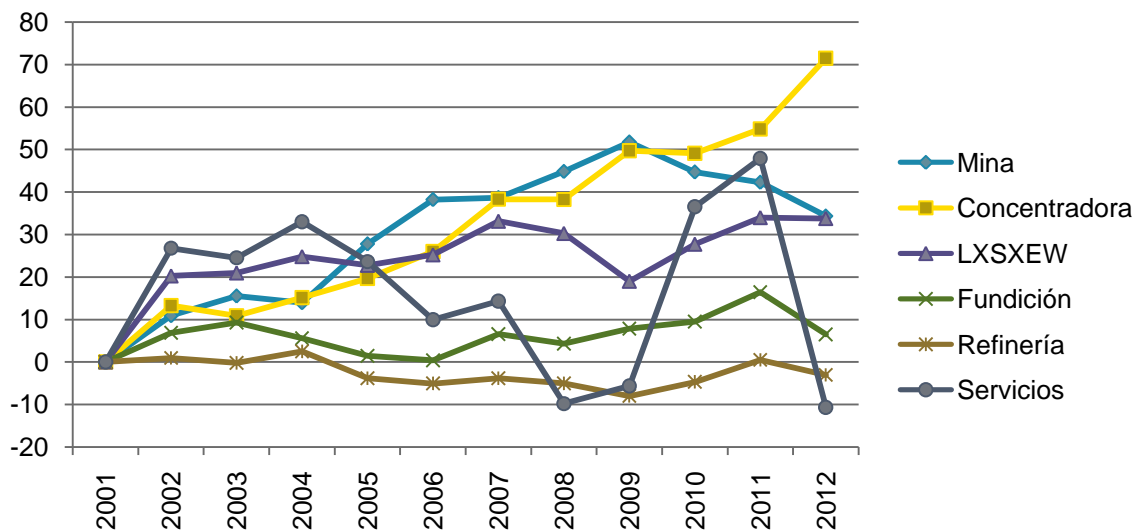
5.2.3.3 Consumos de energía eléctrica unitarios por proceso - SIC

A continuación se muestran los consumos unitarios de energía eléctrica en el SIC, es decir la electricidad consumida para tratar/producir una unidad de producto (toneladas de cobre fino o toneladas de material procesado/extraído según sea el caso). Al igual que en los consumos unitarios del SING, se presentarán primeramente los consumos por tonelada de fino obtenido en el respectivo proceso y luego los consumos unitarios por material tratado.

Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino - SIC

Para el caso de la electricidad consumida por cobre fino en el SIC, la planta concentradora presenta una clara tendencia al alza al incrementar desde 7.331,2 MJ/TMF a 12.537,4 MJ/TMF entre los años 2001 y 2012, lo que se traduce en un aumento de 71,5% (figura 32). La mina y LXSXEW también han tenido una tendencia alcista en el mismo periodo, aumentando un 34,3% y 33,7% respectivamente. Cabe destacar que en el último año los procesos de servicios, fundición, mina y refinería disminuyeron su consumo unitario por tonelada de cobre fino en un 39,6%, 8,5%, 5,6% y 3,5% respectivamente.

Figura 32: Variación del consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de cobre fino, con respecto al año 2001 (por proceso) - SIC

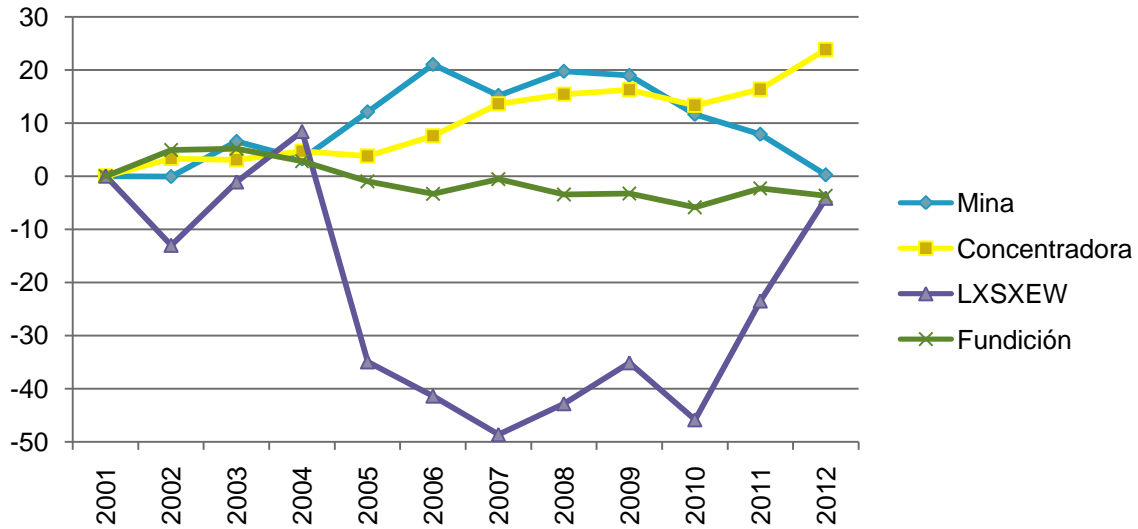


En la tabla B.7, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos de energía eléctrica por tonelada de cobre fino por proceso para el SIC desde el año 2001 al 2012.

Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada de producto extraído/procesado - SIC

Este coeficiente representa la electricidad consumida para extraer o procesar una tonelada de producto en el sistema interconectado central (SIC).

La planta concentradora ha mostrado una tendencia al alza aumentando un 23,9% entre los años 2001 y 2012, al pasar de 71,1 MJ/TM a 88,1 MJ/TM en este periodo de tiempo (figura 33).

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012**Figura 33: Consumo unitario de energía eléctrica por tonelada procesada/extraída, base 2001 (por proceso) - SIC**

En el último año los procesos de mina y fundición redujeron su consumo de electricidad por tonelada extraída y procesada respectivamente. La mina lo hizo en un 7,1% y la fundición en un 1,4%.

En la tabla B.8, la cual se encuentra en el Anexo B, se presenta una tabla con la evolución de los consumos de energía eléctrica por tonelada procesada por proceso para el SIC desde el año 2001 al 2012.

6 COMENTARIOS FINALES

- Las características estructurales de la minería van en una tendencia en la que se debe consumir más energía para producir la misma cantidad de cobre. El mineral es más duro, las leyes más bajas y las distancias de acarreo más largas. Estas características se intensificarán en el tiempo, por lo que no sólo se debe ver la intensidad de uso de energía en la minería, sino que el enfocarse en la eficiencia energética de los procesos será de suma importancia.
- Los consumos unitarios de energía pueden cambiar de acuerdo a variables internas y/o externas. Dentro de las internas se pueden mencionar gestión, personal, equipos utilizados, entre otros. Por otro lado entre las variables externas están las leyes, dureza del mineral, distancias, pendientes, y toda variable que no puede ser controlada por la compañía, también llamadas variables estructurales de la minería. La forma en que estas variables influyen en las variaciones del consumo de energía cambian según la faena. Es en las variables internas en donde se puede enfocar la minería para hacer del consumo de energía una tarea más eficiente.
- La industria minera en Chile no está indiferente del tema de la energía. Es por esto que en su preocupación por hacer de la minería un negocio más sustentable y amigable con el medio ambiente, ha creado la Mesa Minera de Energía Sustentable, anteriormente conocida como Mesa Minera de Eficiencia Energética, de la cual Cochilco forma parte. Esta organización, que nace como iniciativa de las propias mineras, promueve las buenas prácticas en temas de eficiencia energética dentro de la minería.
- La minería del cobre ha aumentado su consumo global de energía desde 137,6 PJ a 140,5 PJ en el último año, lo que representa un incremento de un 2,1%. Por otro lado la producción de cobre mina aumentó en un 3,3% al pasar de 5.263 KTMF a 5.434 KTMF en el mismo intervalo de tiempo. Esto nos muestra que la razón de crecimiento en el consumo de energía ha sido menor a la razón de crecimiento de la producción de cobre fino en el último año.
- Al ver la descomposición del consumo por tipo de energía, la electricidad aumentó un 5,6% al pasar de 71,9 PJ a 75,0 PJ entre los años 2011 y 2012. Para el caso de la energía de combustibles, ésta disminuyó en un 1,7% desde 65,7 PJ a 64,6 PJ en el mismo periodo de tiempo.
- Hubo dos procesos que disminuyeron su consumo de energía en relación al año 2011. Estos fueron mina y LXSXEW, los cuales disminuyeron en un 5,9% y 13,5% respectivamente.
- En cuanto a los consumos unitarios por cobre fino, destacan los procesos de mina, LXSXEW y fundición, los cuales redujeron su consumo unitario en un 3,4%, 0,8% y 3,3% respectivamente. El consumo total de energía por cobre mina producido a nivel país se redujo en un 1,1%.
- Por su parte en los consumos unitarios por material procesado, destacan los procesos de mina y LXSXEW, los cuales disminuyeron un 4,3% y 9,8% respectivamente.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

ANEXO A – Encuesta

Producción

Mina rajo abierto	Unidad	2012
Material Extraído	KTM	
Mineral extraído (a planta, lix., a stock pile, etc.)	KTM	
Lastre Extraído	KTM	
Razón Lastre/mineral		
Ley del Mineral	%	
Mineral extraído (a planta, lix., a stock pile, etc.)	%	
ley lastre	%	
Distancia media de acarreo de mineral	Kms.	
Distancia media de acarreo de Lastre	Kms.	
Mina subterránea	Unidad	2012
Mineral Extraído (a planta, lix., a stock pile, etc.)	KTM	
Ley del Mineral	%	
Distancia media de acarreo de mineral	Kms	
Planta concentradora	Unidad	2012
Mineral Procesado	TMS	
Concentrado Producido	TMS	
Ley de Cu del Mineral	%	
Ley de Cu del Concentrado	%	
% de recuperación en Concentración	%	
Índice de dureza del mineral procesado	kWh/t corta	
Cobre Fino Producido	TMF	
LXSXEW	Unidad	2012
Mineral Lixiviable Tratado	KTM	
Ley Cu Mineral Lixiviable	%	
Recuperación en Lixiviación	%	
Producción de Cátodos SX-EW	TMF	
Consumo de ácido	Ton	
Planta de Molibdeno	Unidad	2012
Volumen Molibdeno Total producido	TMF	
Producción Trióxido de Molibdeno	TMF	
Prod. de fino en concentrado Molibdeno	TMF	
Ley Mo del concentrado	%	
Recuperación Global Mo	%	

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Fundición	Unidad	2012
Concentrado Procesado	Ton	
Concentrado Propio Fundido	Ton	
Concentrado Externo Fundido	Ton	
Ley del Concentrado		
Ley del Concentrado Propio Fundido	%	
Ley del Concentrado Externo Fundido	%	
Recuperación de Cu	%	
Producción Total de Cu Fundición	TMF	
Volumen de Blíster producido	TMF	
Volumen de Ánodos producidos	TMF	
Producción neta de Cu (producción total – circulación)	TMF	
Producción Acido Sulfúrico	Ton	
Producción Oxígeno	m3	
Refinería	Unidad	2012
Producción Total de Cátodos ER	Ton	
Producción Total de Cátodos ER Propios	Ton	
Producción Total de Cátodos ER Externos	Ton	
Producción de barras anódicas	Ton	
Ley de Au en barro anódico	%	
Ley de Ag en barro anódico	%	

Energía Eléctrica

ENERGÍA ELÉCTRICA – Procesos mineros (Kwh)		2012
Mina rajo abierto		
Perforación		
Tronadura		
Carguío		
Transporte		
Chancado Primario		
Otros		
Mina subterránea		
Perforación		
Tronadura		
Carguío		
Transporte		
Chancado Primario		
Otros		
Planta concentradora		
Plantas de chancado		
Molienda (tradicional y/o SAG)		
Flotación		
Planta de tratamiento de relaves		
Operación servicios aguas y recirculación		
Filtros		
Otros		
Planta de lixiviación		

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Aglomeración	
Lixiviación (LX)	
Extracción por solventes (SX)	
Electro obtención (EW)	
Otros	
Planta molibdenita	2012
Producción Concentrado Molibdeno	
Fundición	2012
Secado	
Fusión (hornos)	
Limpieza de escoria	
Conversión	
Pirorefinación (refino y moldeo)	
Planta de oxígeno	
Planta de aire y vapor	
Planta de ácido sulfúrico	
Otros	
Refinería	2012
Electrorefinación	
Otros	

ENERGÍA ELÉCTRICA – Otros (Kwh)	2012
Servicios	
Campamento	
Talleres	
Otros	
Agua desalinizada	
Plantas desalinizadoras	
Sistemas de impulsión	

Combustibles

Los combustibles consultados fueron personalizados por faena.

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

ANEXO B – Tablas

Tabla 8: Evolución de los consumos de energía en la minería del cobre, por proceso y tipo de energía, 2001-2012 (TJ)

Proceso	Energía	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina Rajo	Combustibles	21.664	22.336	23.189	25.718	24.821	26.807	34.699	39.656	45.857	42.375	48.777	45.864
	Electricidad	2.238	2.360	2.838	3.390	3.784	3.688	4.202	4.609	4.959	4.274	4.131	3.853
	Total	23.902	24.697	26.027	29.108	28.605	30.495	38.900	44.265	50.816	46.648	52.908	49.717
Mina subterránea	Combustibles	724	756	830	865	1.121	1.357	1.381	837	1.131	703	982	712
	Electricidad	955	945	1.025	1.088	1.310	1.470	1.293	1.353	1.457	1.295	1.529	1.734
	Total	1.679	1.700	1.855	1.953	2.431	2.827	2.674	2.190	2.588	1.998	2.510	2.445
Mina	Combustibles	22.389	23.092	24.019	26.583	25.942	28.164	36.080	40.493	46.988	43.077	49.758	46.576
	Electricidad	3.193	3.305	3.863	4.478	5.094	5.158	5.494	5.962	6.416	5.569	5.660	5.587
	Total	25.581	26.397	27.882	31.061	31.036	33.322	41.574	46.455	53.404	48.646	55.418	52.163
Concentradora	Combustibles	661	574	672	675	818	691	710	793	793	698	734	457
	Electricidad	20.141	20.923	23.575	26.584	27.450	27.660	29.608	27.899	30.113	30.268	33.946	38.442
	Total	20.801	21.497	24.247	27.259	28.268	28.351	30.318	28.693	30.906	30.966	34.680	38.899
LXSXEW	Combustibles	3.505	3.732	4.332	4.367	4.604	4.896	5.670	6.079	6.345	6.652	6.024	4.327
	Electricidad	14.679	15.978	16.898	17.065	15.977	17.136	19.200	21.123	21.752	22.209	22.409	20.272
	Total	18.184	19.710	21.230	21.432	20.581	22.031	24.869	27.202	28.097	28.861	28.433	24.599
Fundición	Combustibles	9.187	7.589	7.761	7.132	7.736	7.558	7.519	7.079	7.122	7.299	6.540	7.655
	Electricidad	5.294	5.314	5.784	5.822	5.877	5.915	5.886	5.425	5.377	5.835	5.348	6.643
	Total	14.482	12.903	13.545	12.954	13.613	13.473	13.405	12.504	12.499	13.135	11.889	14.298
Refinería	Combustibles	1.525	1.538	1.552	1.550	1.887	1.537	1.482	1.180	1.176	917	1.045	1.365
	Electricidad	1.479	1.387	1.371	1.341	1.368	1.182	1.203	1.269	1.344	1.383	1.336	1.238
	Total	3.003	2.925	2.923	2.891	3.254	2.718	2.685	2.450	2.520	2.300	2.381	2.602
Servicios	Combustibles	1.695	1.727	2.505	1.724	1.481	1.501	1.479	1.368	1.978	1.993	1.631	4.206
	Electricidad	2.487	2.547	2.454	2.792	3.065	2.694	2.463	2.974	3.317	3.683	3.174	3.709
	Total	4.182	4.274	4.959	4.516	4.546	4.195	3.942	4.343	5.294	5.676	4.805	7.916
Total	Combustibles	38.962	38.251	40.841	42.031	42.468	44.346	52.939	56.993	64.402	60.637	65.732	64.585
	Electricidad	47.272	49.454	53.945	58.082	58.831	59.744	63.854	64.653	68.318	68.947	71.874	75.892
	Total	86.234	87.705	94.786	100.114	101.299	104.091	116.794	121.646	132.720	129.583	137.606	140.477

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Tabla 9: Evolución de los consumos unitarios de energía por fino contenido, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - País

Proceso	Energía	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina rajo	Combustibles	4.308	4.595	4.446	4.442	4.196	4.465	5.120	5.634	6.764	6.218	7.720	7.412
	Electricidad	445	486	544	586	640	614	620	655	731	627	654	592
Mina Subterránea	Combustibles	947	1.070	1.129	1.001	1.333	1.564	1.808	1.298	1.530	1.093	1.393	1.054
	Electricidad	1.248	1.337	1.394	1.258	1.558	1.694	1.692	2.099	1.971	2.013	2.169	2.357
Mina	Combustibles	3.808	4.077	3.964	3.933	3.800	4.085	4.703	5.186	6.156	5.706	6.986	6.790
	Electricidad	570	618	673	689	770	759	757	808	878	772	840	770
Concentradora	Combustibles	200	189	203	176	216	185	189	233	239	206	222	202
	Electricidad	6.112	6.882	7.135	6.943	7.241	7.425	7.863	8.209	9.055	8.946	10.283	11.071
LXSXEW	Combustibles	2.279	2.329	2.621	2.669	2.906	2.894	3.095	3.080	3.003	3.185	2.975	3.091
	Electricidad	9.542	9.974	10.222	10.429	10.082	10.129	10.480	10.702	10.296	10.634	11.067	10.835
Fundición	Combustibles	6.064	5.275	5.088	4.700	4.965	4.828	4.965	5.170	4.531	4.680	4.794	4.514
	Electricidad	3.494	3.694	3.792	3.836	3.772	3.779	3.887	3.962	3.532	3.741	3.920	3.918
Refinería	Combustibles	1.284	1.378	1.402	1.475	1.752	1.604	1.504	1.195	1.097	869	1.047	1.475
	Electricidad	1.245	1.243	1.238	1.277	1.270	1.233	1.221	1.285	1.255	1.311	1.338	1.342
Servicios	Combustibles	358	377	511	319	278	280	266	257	366	368	310	769
	Electricidad	525	556	500	516	576	502	443	558	611	680	603	676

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Tabla 10: Evolución de los consumos unitarios de energía por producto extraído/procesado, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - País

Proceso	Energía	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina rajo (MJ/TM mineral ext.)	Combustibles	44,2	44,0	41,4	43,2	38,1	41,7	47,5	46,6	47,3	48,5	56,9	54,4
	Electricidad	4,6	4,6	5,2	5,8	5,9	5,8	5,8	5,4	5,3	4,9	4,9	4,3
Mina subterránea (MJ/TM mineral ext.)	Combustibles	10,6	11,5	12,0	10,6	13,9	15,8	18,2	12,8	14,6	10,4	12,6	9,5
	Electricidad	14,0	14,4	14,9	13,3	16,2	17,1	17,1	20,7	18,8	19,2	19,8	21,7
Mina (MJ/TM mineral ext.)	Combustibles	39,6	39,8	37,6	38,8	35,1	38,6	44,1	43,6	44,2	45,3	52,6	50,7
	Electricidad	6,0	6,0	6,5	6,9	7,2	7,2	7,2	6,8	6,6	6,2	6,4	5,7
Concentradora (MJ/TM mineral)	Combustibles	2,1	1,8	1,9	1,7	1,9	1,6	1,5	2,0	1,9	1,6	1,8	1,3
	Electricidad	67,2	69,6	71,5	70,0	69,9	72,0	73,6	76,8	73,4	72,9	79,5	80,8
LXSXEW (MJ/TM mineral)	Combustibles	16,4	15,7	15,7	16,2	14,9	14,8	14,7	12,2	13,2	12,3	12,5	11,2
	Electricidad	64,5	62,6	61,0	61,2	51,7	51,7	49,6	42,5	45,1	41,1	46,3	41,8
Fundición (MJ/TM conc. proc.)	Combustibles	2.045,	1.751,	1.684,	1.533,	1.603,	1.549,	1.563,	1.607,	1.440,	1.437,	1.401,	1.396,
	Electricidad	1.143,	1.204,	1.221,	1.219,	1.182,	1.178,	1.207,	1.229,	1.112,	1.143,	1.171,	1.212,

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Tabla 11: Evolución de los consumos unitarios globales de energía, 2001 – 2012 (GJ/TMF) - País

Energía	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Combustible	8,2	8,4	8,3	7,8	8,0	8,3	9,5	10,7	11,9	11,2	12,5	11,9
Energía Eléctrica	10,0	10,8	11,0	10,7	11,1	11,1	11,5	12,1	12,7	12,7	13,7	14,0
Total	18,2	19,1	19,3	18,5	19,0	19,4	21,0	22,8	24,6	23,9	26,1	25,9

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Tabla 12: Consumos unitarios de energía eléctrica por fino contenido, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - SING

Proceso	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina rajo	465,9	504,4	569,9	604,0	674,5	636,5	633,5	685,5	757,0	638,8	725,0	620,9
Mina subterránea	4084,7	2978,9	2657,2	2324,2	2142,9	2790,1	3446,1	3603,4	1901,0	1999,0	2397,3	3516,3
Mina (rajo + subte)	477,6	515,4	580,0	611,2	681,7	644,1	641,5	695,0	764,6	646,9	736,4	639,4
Concentradora	5082,9	5570,2	6250,2	5755,2	6071,7	6095,5	6250,5	6570,3	7449,5	7282,7	8550,7	9492,7
LXSXEW	9557,9	9853,2	10107,3	10294,3	9897,8	9935,0	10263,1	10539,7	10208,6	10517,8	10962,3	10663,2
Fundición	3664,2	3814,1	3935,2	4229,0	4237,0	4342,0	4281,0	4613,1	3403,8	3789,6	3908,7	4400,2
Refinería	1143,6	1130,2	1132,2	1155,0	1207,8	1133,9	1108,8	1242,0	1225,3	1290,5	1261,8	1320,7
Servicios	512,6	462,5	379,9	378,7	508,1	432,4	325,0	602,4	678,7	641,1	457,2	790,1

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Tabla 13: Consumos unitarios de energía eléctrica por producto procesado/extraído, 2001 – 2012 (MJ/TM) - SING

Proceso	Unidad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina rajo	(MJ/TM mineral extraído)	4,9	4,9	5,5	6,0	6,2	6,1	6,1	5,6	5,4	5,0	5,1	4,4
Mina subterránea	(MJ/TM mineral extraído)	101,7	72,4	65,1	52,8	43,2	57,9	71,0	65,9	30,9	30,7	37,6	58,0
Mina	(MJ/TM mineral extraído)	5,0	5,0	5,6	6,1	6,3	6,2	6,2	5,7	5,5	5,1	5,2	4,6
Concentradora	(MJ/TM mineral procesado)	63,0	64,8	69,5	65,4	66,1	67,6	66,8	71,1	64,5	65,0	73,3	72,5
LXSXEW	(MJ/TM mineral tratado)	67,1	65,5	63,0	62,6	57,9	59,3	57,9	45,9	47,8	43,9	47,9	41,6
Fundición	(MJ/TM conc. fundidos)	1162,9	1232,4	1270,5	1302,6	1265,8	1301,6	1323,2	1435,3	1137,2	1247,2	1261,5	1406,2

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Actualización del consumo de energía en la minería del cobre al año 2012

Tabla 14: Consumos unitarios de energía eléctrica por fino contenido, 2001 – 2012 (MJ/TMF) - SIC

Proceso	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina rajo	342,3	384,2	405,2	472,8	446,8	481,7	541,9	500,6	604,6	570,1	519,8	496,3
Mina subterránea	1206,6	1303,1	1365,0	1236,5	1543,1	1671,4	1662,7	2063,9	1974,5	2013,5	2160,5	2303,5
Mina (rajo + subte)	790,4	876,4	913,0	900,5	1009,7	1092,2	1095,7	1144,4	1199,1	1143,4	1124,3	1061,5
Concentradora	7331,2	8302,8	8126,4	8443,1	8774,6	9236,5	10138,6	10134,8	10977,1	10930,3	11350,6	12572,3
LXSXEW	9375,0	11272,3	11337,4	11698,2	11506,3	11737,1	12477,1	12208,7	11154,5	11971,1	12558,0	12537,4
Fundición	3377,0	3608,9	3690,2	3565,8	3426,3	3390,7	3597,3	3521,8	3642,0	3697,5	3930,5	3594,5
Refinería	1398,2	1411,3	1395,1	1433,2	1344,5	1327,3	1344,4	1327,5	1286,0	1332,4	1405,0	1355,5
Servicios	543,1	688,6	676,2	722,3	671,4	597,2	620,9	489,8	512,5	741,4	803,3	485,1

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Tabla 15: Consumos unitarios de energía eléctrica por producto procesado/extraído, 2001 – 2012 (MJ/TM) - SIC

Proceso	Unidad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina rajo	(MJ/TM mineral extraído)	3,6	3,4	3,8	4,2	3,9	4,3	4,4	4,2	4,7	6,8	4,0	3,8
Mina subterránea	(MJ/TM mineral extraído)	13,4	13,9	14,3	13,0	15,8	16,7	16,6	20,1	18,5	18,9	19,4	20,8
Mina	(MJ/TM mineral extraído)	8,5	8,5	9,1	8,8	9,5	10,3	9,8	10,2	10,1	9,5	9,2	8,5
Concentradora	(MJ/TM mineral procesado)	71,1	73,5	73,3	74,4	73,8	76,5	80,8	82,1	82,7	80,6	82,7	88,1
LXSXEW	(MJ/TM mineral tratado)	46,0	40,0	45,5	49,9	29,9	26,9	23,6	26,3	29,8	24,9	35,2	44,1
Fundición	(MJ/TM conc. fundidos)	1130,1	1185,6	1188,4	1161,7	1118,9	1092,4	1123,6	1091,4	1093,4	1063,9	1104,2	1088,6

Fuente: Elaborado en COCHILCO sobre la base de información de las compañías mineras

Este trabajo fue elaborado por:

Jorge Zeballos V.

Directora de Estudios y Políticas Públicas:

María Cristina Betancour M.

SEPTIEMBRE 2013