



**COMISIÓN CHILENA DEL COBRE**  
**Dirección de Estudios**

**PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA  
MINERÍA DEL COBRE EN CHILE AL 2025**

**DE/15/2013**

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025****Contenido**

Resumen Ejecutivo .....	10
1. Introducción .....	12
2. Metodología .....	13
2.1. Cobertura y fuentes de información .....	13
2.1.1. Cobertura y fuentes de información .....	13
2.1.2. Operaciones y proyectos mineros considerados .....	13
2.1.3. Operaciones y proyectos de plantas de desalinización y/o sistemas de impulsión considerados .....	16
2.1.4. Consumos unitarios de energía eléctrica en la minería del cobre .....	16
2.2. Consumo esperado anual de energía eléctrica por parte de la minería del cobre (2012 - 2025) .....	17
2.2.1. Fundamento conceptual .....	17
2.2.2. Cálculo del consumo eléctrico por proceso minero.....	19
2.2.3. Consumo esperado de energía eléctrica por parte de las plantas desaladoras y sistemas de impulsión .....	21
2.3. Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre (2012-2025)..	23
3. Resultados de la proyección del consumo esperado anual de energía eléctrica para el período 2013 - 2025.....	24
3.1. Proyección consumo esperado – País .....	25
3.1.1. Proyección consumo esperado total país. ....	25
3.1.2. Proyección consumo esperado, país – por proceso.....	26
3.1.3. Proyección consumo esperado, país – según estado de avance .....	27
3.1.4. Proyección consumo esperado, país – según condición .....	28
3.1.5. Proyección consumo esperado, país – según escala de producción .....	29
3.1.6. Proyección consumo esperado, país – según tipo de proyecto.....	30
3.2. Proyección consumo esperado – SING .....	31
3.2.1. Proyección consumo esperado, SING – Total .....	31
3.2.2. Proyección consumo esperado, SING – por proceso .....	32
3.2.3. Proyección consumo esperado, SING – según estado .....	33
3.2.4. Proyección consumo esperado, SING – según condición .....	34
3.2.5. Proyección consumo esperado, SING – según escala de producción .....	35
3.2.6. Proyección consumo esperado, SING – según tipo de proyecto .....	36

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

3.3.	Proyección consumo esperado – SIC .....	37
3.3.1.	Proyección consumo esperado, SIC – Total .....	37
3.3.2.	Proyección consumo esperado, SIC – por proceso .....	38
3.3.3.	Proyección consumo esperado, SIC – según estado .....	39
3.3.4.	Proyección consumo esperado, SIC – según condición .....	40
3.3.5.	Proyección consumo esperado, SIC – según escala de producción .....	41
3.3.6.	Proyección consumo esperado, SIC – según tipo de proyecto .....	42
4.	Proyección del consumo máximo de energía eléctrica.....	43
4.1.	Proyección consumo máximo - País.....	43
4.1.1.	Proyección consumo máximo, país - Total.....	43
4.1.2.	Proyección consumo máximo, país – por proceso.....	44
4.1.3.	Proyección consumo máximo, país – según estado de avance .....	45
4.1.4.	Proyección consumo máximo, país – según condición .....	45
4.1.5.	Proyección consumo máximo, país – según escala de producción.....	46
4.1.6.	Proyección consumo máximo, país – según tipo de proyecto .....	46
4.2.	Proyección consumo máximo - SING .....	47
4.2.1.	Proyección consumo máximo, SING – Total.....	47
4.2.2.	Proyección consumo máximo, SING – por proceso .....	48
4.2.3.	Proyección consumo máximo, SING – según estado .....	49
4.2.4.	Proyección consumo máximo, SING – según condición.....	49
4.2.5.	Proyección consumo máximo, SING – según escala de producción .....	50
4.2.6.	Proyección consumo máximo, SING – según tipo de proyecto .....	50
4.3.	Proyección consumo máximo - SIC .....	51
4.3.1.	Proyección consumo máximo, SIC – Total .....	51
4.3.2.	Proyección consumo máximo, SIC – por proceso .....	52
4.3.3.	Proyección consumo máximo, SIC – según estado .....	53
4.3.4.	Proyección consumo máximo, SIC – según condición .....	53
4.3.5.	Proyección consumo máximo, SIC – según escala de producción .....	54
4.3.6.	Proyección consumo máximo, SIC – según tipo de proyecto .....	54
5.	Tasas de crecimiento y variaciones al 2021 .....	55
5.1.	Proyección consumo esperado al 2021 – País .....	55

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

5.1.1.	Proyección consumo esperado total país, al 2021.....	55
5.1.2.	Proyección consumo esperado, país – por proceso, al 2021.....	56
5.1.3.	Proyección consumo esperado, país – según estado de avance, al 2021.....	56
5.1.4.	Proyección consumo esperado, país – según condición, al 2021.....	57
5.1.5.	Proyección consumo esperado, país – según escala de producción, al 2021.....	57
5.1.6.	Proyección consumo esperado, país – según tipo de proyecto, al 2021.....	57
6.	Comentarios finales.....	58
	Anexo .....	60

**Índice de figuras**

Figura 1: Consumo máximo y esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, 2013-2025 .....	10
Figura 2: Esquema de la generación de escenarios anuales .....	18
Figura 3: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre – País .....	25
Figura 4: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – País.....	26
Figura 5: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País.....	27
Figura 6: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por condición - País .....	28
Figura 7: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País.....	29
Figura 8: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País.....	30
Figura 9: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SING.....	31
Figura 10: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - SING.....	32
Figura 11: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SING .....	33
Figura 12: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SING.....	34
Figura 13: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción – SING .....	35
Figura 14: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING .....	36
Figura 15: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre – SIC.....	37

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Figura 16: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC.....	38
Figura 17: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SIC.....	39
Figura 18: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SIC.....	40
Figura 19: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC.....	41
Figura 20: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC.....	42
Figura 21: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - País.....	43
Figura 22: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - País.....	44
Figura 23: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País.....	45
Figura 24: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por condición - País.....	45
Figura 25: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País.....	46
Figura 26: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País.....	46
Figura 27: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SING.....	47
Figura 28: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - SING.....	48
Figura 29: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SING.....	49
Figura 30: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SING.....	49
Figura 31: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING.....	50
Figura 32: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING.....	50
Figura 33: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre – SIC.....	51
Figura 34: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC.....	52
Figura 35: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SIC.....	53
Figura 36: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SIC.....	53

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Figura 37: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC .....	54
Figura 38: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC .....	54

**Índice de Tablas**

Tabla 1: Operaciones vigentes de cobre .....	13
Tabla 2: Proyectos de inversión en minería de cobre 2013-2021.....	14
Tabla 3: Operaciones y proyectos de desalinización e impulsión.....	16
Tabla 4: Coeficientes unitarios por tonelada de cobre contenido, 2001 - 2012.....	17
Tabla 5: Coeficientes unitarios por tonelada de material procesado, 2001 - 2012.....	17
Tabla 6: Capacidad máxima y coeficiente unitario según proceso .....	20
Tabla 7: Ponderadores para el escenario máximo, según estado y condición del proyecto (%).....	20
Tabla 8: Ponderadores para el escenario más probable, según estado y condición del proyecto (%) .....	21
Tabla 9: Vectores de probabilidades para el escenario mínimo, según estado y condición del proyecto (%) .....	21
Tabla 10: Fórmulas utilizadas en el cálculo de la potencia requerida en la desalación e impulsión de agua .....	22
Tabla 11: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, - País, 2013-2025 (TWh).....	25
Tabla 12: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, - SING y SIC, 2013-2025 .....	25
Tabla 13: Consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre, por proceso – País, 2013-2025 (TWh) .....	26
Tabla 14: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por proceso – País, 2013-2025 (TWh).....	26
Tabla 15: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País, 2013-2025 (TWh).....	27
Tabla 16: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País, 2013-2025 (TWh) .....	27
Tabla 17: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - País, 2013-2025 (TWh) .....	28
Tabla 18: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - País, 2013-2025 (TWh).....	28
Tabla 19: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País, 2013-2025 (TWh).....	29
Tabla 20: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País, 2013-2025 (TWh) .....	29

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Tabla 21: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh).....	30
Tabla 22: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh).....	30
Tabla 23: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh).....	31
Tabla 24: Consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre, por procesos – SING, 2013-2025 (TWh).....	32
Tabla 25: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SING, 2013-2025 (TWh).....	32
Tabla 26: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SING, 2013-2025 (TWh) .....	33
Tabla 27: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SING, 2013-2025 (TWh).....	33
Tabla 28: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SING, 2013-2025 (TWh).....	34
Tabla 29: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SING, 2013-2025 (TWh) .....	34
Tabla 30: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING, 2013-2025 (TWh) .....	35
Tabla 31: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING, 2013-2025 (TWh).....	35
Tabla 32: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING, 2013-2025 (TWh) .....	36
Tabla 33: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING, 2013-2025 (TWh) .....	36
Tabla 34: Consumo esperado y desviación estándar del consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh).....	37
Tabla 35: Consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC, 2013-2025 (TWh) .....	38
Tabla 36: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC, 2013-2025 (TWh).....	38
Tabla 37: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	39
Tabla 38: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SIC, 2013-2025 (TWh).....	39
Tabla 39: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SIC, 2013-2025 (TWh).....	40
Tabla 40: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	40
Tabla 41: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	41

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Tabla 42: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	41
Tabla 43: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	42
Tabla 44: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	42
Tabla 45: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – País, 2013-2025 (TWh) .....	44
Tabla 46: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País, 2013-2025 (TWh).....	45
Tabla 47: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - País, 2013-2025 (TWh) .....	45
Tabla 48: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País, 2013-2025 (TWh).....	46
Tabla 49: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh).....	46
Tabla 50: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SING, 2013-2025 (TWh).....	48
Tabla 51: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SING, 2013-2025 (TWh) .....	49
Tabla 52: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SING, 2013-2025 (TWh) .....	49
Tabla 53: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING, 2013-2025 (TWh) .....	50
Tabla 54: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING, 2013-2025 (TWh) .....	50
Tabla 55: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC, 2013-2025 (TWh).....	52
Tabla 56: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	53
Tabla 57: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	53
Tabla 58: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	54
Tabla 59: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC, 2013-2025 (TWh) .....	54
Tabla 60: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por sistema interconectado - 2013-2025 (TWh).....	55
Tabla 61: Tasa anual del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre y su variación porcentual, por sistema interconectado y a nivel país - 2013-2021 (%) ....	55
Tabla 62: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre y su tasa de crecimiento, por proceso minero - 2013-2021 .....	56

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Tabla 63: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado – 2013,2021.....	56
Tabla 64: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por condición – 2013,2021.....	57
Tabla 65: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción – 2013,2021.....	57
Tabla 66: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado – 2013,2021.....	57

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### Resumen Ejecutivo

El presente informe tiene por objetivo dar una mirada prospectiva de la demanda de energía eléctrica por parte de la minería del cobre entre los años 2013 y 2025. Además se pretende contribuir con datos en cuanto a la potencial demanda eléctrica, para la planificación estratégica entre la minería y los sistemas de generación eléctrica del país. A su vez esta información servirá para otros organismos del gobierno y agentes privados.

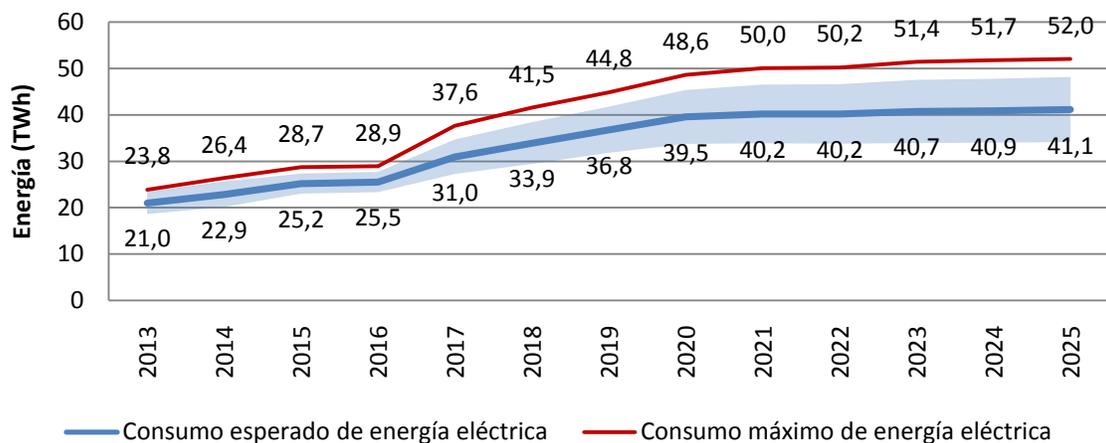
La proyección 2013-2025 cubre el consumo eléctrico de las operaciones vigentes, los proyectos mineros considerados en el catastro de inversión 2013 publicado por COCHILCO, más el de las operaciones y proyectos de plantas de desalinización e impulsión de agua contemplados por compañías mineras.

La metodología de cálculo se basa en estimaciones de capacidad productiva y de coeficientes unitarios de consumo eléctrico de cada unidad productiva, a lo cual se le aplican factores probabilísticos de que se cumplan dichas estimaciones para obtener un consumo esperado de electricidad en la minería del cobre. Adicionalmente se calcula el consumo máximo, el cual corresponde al escenario en que todos los proyectos entran a operar en las fechas y magnitudes previstas actualmente, por lo cual se considera solo como una referencia de cota superior de la potencial demanda eléctrica por parte de la minería del cobre.

Las incertidumbres relacionadas al suministro eléctrico, sea por disponibilidad y/o costo puede presentar complicaciones para la ejecución de algunos proyectos mineros y es una de las causas recurrentes por lo que algunos de ellos podrían sufrir postergaciones de la fecha de ejecución propuesta inicialmente. Debido a esto la proyección del consumo máximo se ve modificada con cada una de las postergaciones que los proyectos pueden sufrir. Esta es la principal razón por la cual se incluye una proyección del valor esperado del consumo, la cual toma en consideración la probabilidad que tienen los proyectos de postergar su fecha de inicio a lo largo del tiempo.

La siguiente figura grafica la proyección a nivel país del consumo eléctrico anual esperado y del caso máximo.

Figura 1: Consumo máximo y esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, 2013-2025



**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Para la proyección del consumo esperado de electricidad, la minería del cobre llegaría a consumir 41,1 TWh para el año 2025, siendo las faenas mineras ubicadas en el área del SING las principales demandantes al consumir 23,7 TWh, mientras que las del SIC consumirían 17,5 TWh. Las tasas de crecimiento anual serían de un 6,3%, 5,9% y 7,0% para el país, SING y SIC respectivamente. Las plantas concentradoras consumirían el 64,2% de la energía ocupada en minería, mientras que las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión consumirían un 15,0%.

Los proyectos nuevos consumirían 14,9 TWh para el año 2025, lo que equivale a un 36,2% del consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre. Es interesante resaltar que un 86% de estos proyectos parten de cero (*greenfield*), por lo que requerirían nuevos contratos para satisfacer su demanda de energía eléctrica.

Para el caso de la proyección de consumo máximo de energía, a nivel país se podría llegar a la suma de 52,0 TWh para el año 2025, en donde al SING se le demandaría un total de 29,5 TWh y al SIC 22,5 TWh. Estas cifras nos dan un límite superior al consumo de energía que la minería del cobre podría llegar a demandar.

## 1. Introducción

La energía eléctrica es un insumo estratégico para la minería del cobre, tanto por la magnitud que se requiere en los diversos procesos productivos y servicios como por la incidencia en los costos de operación. La minería del cobre tiene una alta participación en el consumo nacional de energía eléctrica<sup>1</sup> por la magnitud de su actividad la que se verá incrementada por proceso de desarrollo proyectado que demandará crecientemente más electricidad.

Es por esto que la Comisión Chilena del Cobre tiene una línea de trabajo que se enfoca tanto en el consumo histórico de energía eléctrica en la minería del cobre, como en su proyección en los siguientes 10 años. El presente estudio tiene el objetivo dar una mirada prospectiva de la demanda de energía eléctrica por parte de la minería del cobre entre los años 2013 y 2025. Además se pretende contribuir con datos en cuanto a la potencial demanda eléctrica, para la planificación estratégica entre la minería y los sistemas de generación eléctrica del país. A su vez esta información servirá para otros organismos del gobierno y agentes privados. Para estos efectos el informe se estructura de la siguiente manera:

En el capítulo segundo se explica la metodología empleada para hacer la proyección, la cual fue actualizada respecto al informe anterior. Ella se refiere a las fuentes de información disponibles y a las tres metodologías específicas utilizadas para:

- El cálculo del consumo esperado de energía eléctrica, sobre la base de un tratamiento probabilístico sobre la puesta en marcha de los proyectos y el efecto consiguiente sobre la demanda eléctrica.
- La estimación del consumo máximo de electricidad, es decir en el supuesto que todos los proyectos mineros entren en operación en las fechas y capacidades proyectadas a Julio 2013.
- Proyectar el consumo de electricidad de plantas desaladoras y sistemas de impulsión integradas a las operaciones mineras.

En el tercer capítulo se muestran los resultados del consumo eléctrico esperado para el país y cada sistema interconectado, obtenidos según la aplicación de la metodología señalada. Cabe destacar que por primera vez se detallan las proyecciones agrupadas por estado, condición, escala de producción y tipo de proyecto. De esta forma se pretende entregar la mayor cantidad de información en cuanto a la proyección de energía eléctrica por parte de la minería del cobre.

El cuarto capítulo muestra los resultados obtenidos para el caso máximo, con el mismo detalle del consumo esperado. Este caso corresponde al escenario en que todos los proyectos entran a operar en las fechas y magnitudes previstas actualmente, por lo cual se considera solo como una referencia de cota superior de la potencial demanda eléctrica por parte de la minería del cobre

---

<sup>1</sup> Según el Balance Nacional de Energía 2012, la minería del cobre explica el 32,2% del consumo eléctrico nacional en el año 2012.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Finalmente, en el capítulo quinto se presentan los comentarios finales en base a las proyecciones obtenidas.

## 2. Metodología

Este capítulo está destinado a explicitar las fuentes de información que se dispuso para la proyección de energía eléctrica y los criterios en que se fundamenta dicha proyección.

### 2.1. Cobertura y fuentes de información

#### 2.1.1. Cobertura y fuentes de información

La proyección se realiza para el período 2013 -2025, considerando el consumo eléctrico de las operaciones actuales por todo el período o hasta el año de cierre si es anterior y el consumo eléctrico de los proyectos a partir del año que se incorporarían a la producción.

Si bien la proyección se refiere a la minería del cobre, se incluye también las demandas eléctricas de las plantas de desalinización y/o sistemas de impulsión de desde la costa a las respectivas operaciones mineras que las poseen o las desarrollen durante el período asociadas a proyectos mineros.

Para las operaciones mineras de cobre se dispone de coeficientes unitarios de consumo eléctrico por proceso, determinados por COCHILCO sobre la base de información recopilada en encuestas anuales a las empresas.

#### 2.1.2. Operaciones y proyectos mineros considerados

Las operaciones vigentes y los proyectos de minería del cobre y oro (con cobre como coproducto), suministran el vector de producción para la proyección de energía eléctrica.

En la tabla 1 se muestran las operaciones vigentes con su respectiva región de ubicación, tipo de operación y el sistema de interconexión eléctrica que las abastece.

Tabla 1: Operaciones vigentes de cobre

Compañía	Operación o Proyecto	Región	Estado	Condición	Tipo de operación	Sistema Interconec.
Div. Andina	Andina	Valparaíso	Operación	Base	Concentración	SIC
Div. Chuquicamata	Chuqui Rajo	Antofagasta	Operación	Base	Concentración	SING
Div. Teniente	El Teniente	O'Higgins	Operación	Base	Concentración	SIC
Div. RT	RT Sulfuros Fase I	Antofagasta	Operación	Base	Concentración	SING
Div. Salvador	Salvador	Atacama	Operación	Base	Concentración	SIC
Anglo A. Sur	El Soldado	Valparaíso	Operación	Base	Concentración	SIC
Anglo A. Sur	Los Bronces	Metropolitana	Operación	Base	Concentración	SIC
Anglo A. Norte	Mantos Blancos	Antofagasta	Operación	Base	Concentración	SING
Minera Esperanza	Esperanza	Antofagasta	Operación	Base	Concentración	SING
Min. L. Pelambres	Los Pelambres	Coquimbo	Operación	Base	Concentración	SIC
Escondida	Escondida	Antofagasta	Operación	Base	Concentración	SING
D.I. de Collahuasi	Collahuasi	Tarapacá	Operación	Base	Concentración	SING
Candelaria	Candelaria	Atacama	Operación	Base	Concentración	SIC
Ojos del Salado	Ojos del Salado	Atacama	Operación	Base	Concentración	SIC
C. de Andacollo	Andacollo Hipógeno	Coquimbo	Operación	Base	Concentración	SIC
Valle Central	Valle Central	O'Higgins	Operación	Base	Concentración	SIC

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Atacama Kozan	Atacama Kozan	Atacama	Operación	Base	Concentración	SIC
Varias	Varios Conc.	Varias	Operación	Base	Concentración	SIC
Minera Gaby	Gabriela Mistral	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Div. Chuquicamata	Mina Sur Chuqui	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Div. RT	R.Tomic Óxidos	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Div. Salvador	Salvador	Atacama	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Div. Teniente	TTE. Recuperación Cu	O'Higgins	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
Anglo A. Sur	El Soldado	Valparaíso	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
Anglo A. Sur	Los Bronces	Metropolitana	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
Anglo A. Norte	Mantos Blancos	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Anglo A. Norte	Mantoverde	Atacama	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Tesoro	Tesoro	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
Barrick Zaldívar	Zaldívar	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Pampa Norte	Cerro Colorado	Tarapacá	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Escondida	Escondida Biolix.	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Escondida	Escondida Óxidos	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Pampa Norte	Spence	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
D.I. de Collahuasi	Collahuasi SxEw	Tarapacá	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
El Abra	El Abra	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
Lomas Bayas	Lomas Bayas HEAP	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
C. de Andacollo	Andacollo Óxidos	Coquimbo	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
Quebrada Blanca	Quebrada Blanca	Tarapacá	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING
ENAMI	M. A. Matta	Atacama	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
ENAMI	Planta Delta	Coquimbo	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
ENAMI	Salado	Atacama	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
ENAMI	Taltal	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
ENAMI	Vallenar	Atacama	Operación	Base	Lix Sx Ew	SIC
Michilla	Michilla	Antofagasta	Operación	Base	Lix Sx Ew	SING

Fuente: Elaborado en COCHILCO

En la tabla 2, los proyectos de minería del cobre y oro con significativa coproducción de cobre identificados por COCHILCO<sup>2</sup>, se presentan en orden cronológico de entrada, con su respectivo estado de avance, condición, año de inicio, tipo de operación, sistema interconectado eléctrico que los abastecería y tipo de proyecto.

Tabla 2: Proyectos de inversión en minería de cobre 2013-2021

Compañía	Operación o Proyecto	Región	Estado	Condición	Inicio	Tipo de operación	Sist. Interc.	Tipo de proyecto
Minera Lumina	Caserones	Atacama	En Ejecución	Base	2013	Conc.	SIC	Nuevo
Minera Lumina	Caserones	Atacama	En Ejecución	Base	2013	Lix Sx Ew	SIC	Nuevo
Div. Ministro Hales	Ministro Hales	Antofagasta	En Ejecución	Base	2014	Conc.	SING	Nuevo
Minera Quadra	Sierra Gorda Conc.	Antofagasta	En Ejecución	Base	2014	Conc.	SING	Nuevo
Antucoya	Antucoya	Antofagasta	En Ejecución	Base	2014	Lix Sx Ew	SING	Nuevo
Minera Quadra	Sierra Gorda Óxidos	Antofagasta	En Ejecución	Base	2014	Lix Sx Ew	SING	Nuevo
Minera Esperanza	Actualización Esperanza	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2015	Conc.	SING	Expansión
Escondida	Escondida OGP Fase I	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2015	Conc.	SING	Expansión

<sup>2</sup> Para una mayor información en cuanto a los proyectos mineros, consultar el informe "Catastro de Inversiones Mineras 2013-2021", disponible en [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

Minera Sierra N.	Diego de Almagro Sulf.	Atacama	Factibilidad	Posible	2015	Conc.	SIC	Nuevo
Can-Can	D. de Almagro Óxidos	Atacama	Factibilidad	Posible	2015	Lix Sx Ew	SING	Nuevo
PUCOBRE	El Espino	Coquimbo	Factibilidad	Posible	2016	Conc.	SIC	Nuevo
Minera Eton Ltda.	Caspiche	Atacama	Factibilidad	Posible	2016	Conc.	SIC	Nuevo
Minera Encuentro	Encuentro Óxidos	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2016	Lix Sx Ew	SING	Reposición
Div. Teniente	N. Nivel Mina y Otros	O'Higgins	Factibilidad	Probable	2017	Conc.	SIC	Reposición
Div. RT	RT Sulfuros Fase II	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2017	Conc.	SING	Nuevo
Minera Esperanza	Esperanza Sur	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2017	Conc.	SING	Nuevo
Minera S.Domingo	Santo Domingo	Atacama	Factibilidad	Posible	2017	Conc.	SIC	Nuevo
Quebrada Blanca	Q. Blanca Fase 2	Tarapacá	Factibilidad	Probable	2017	Conc.	SING	Nuevo
Min. Inca de Oro	Inca de Oro	Atacama	Factibilidad	Posible	2017	Conc.	SIC	Nuevo
Pucobre	El Espino Óxidos	Coquimbo	Factibilidad	Posible	2017	Lix Sx Ew	SING	Nuevo
Lomas Bayas	Lomas Bayas III	Antofagasta	PreFactibilidad	Posible	2017	Conc.	SING	Nuevo
PUCOBRE	Tovaku	Coquimbo	PreFactibilidad	Posible	2017	Conc.	SIC	Nuevo
Div. Chuquicamata	Chuqui Subte	Antofagasta	Factibilidad	Posible	2018	Conc.	SING	Reposición
El Abra	El Abra Mill Project	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2018	Conc.	SING	Expansión
Valle Central	Valle Central Expansión	O'Higgins	Factibilidad	Probable	2018	Conc.	SIC	Expansión
Minera Productora	Productora	Atacama	Factibilidad	Posible	2018	Conc.	SIC	Nuevo
Minera El Morro	El Morro	Atacama	Factibilidad	Posible	2018	Conc.	SIC	Nuevo
Relincho	Relincho	Atacama	Factibilidad	Posible	2019	Conc.	SIC	Nuevo
Estrella de Oro	Cerro Casale	Atacama	Factibilidad	Posible	2019	Conc.	SIC	Nuevo
D.I. de Collahuasi	Collahuasi Ampl. Fase III	Tarapacá	PreFactibilidad	Posible	2019	Conc.	SING	Expansión
Minera Encuentro	Encuentro Sulfuros	Antofagasta	Factibilidad	Posible	2020	Conc.	SING	Nuevo
Div. Andina	Andina Exp. Fase II	Valparaíso	Factibilidad	Posible	2021	Conc.	SIC	Expansión
Min. L. Pelambres	Los Pelambres Amp.	Coquimbo	PreFactibilidad	Posible	2021	Conc.	SIC	Expansión

Fuente: COCHILCO, "La inversión en la minería chilena – Catastro de proyectos 2013" Julio 2013

Aunque COCHILCO dispone de información de proyectos con entrada en operación hasta el año 2021 la proyección de consumo eléctrico se extiende hasta el año 2025 para apreciar el efecto combinado sobre la demanda tanto de la maduración de los proyectos más tardíos, así como la declinación de la demanda de algunas de las actuales operaciones.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 2.1.3. Operaciones y proyectos de plantas de desalinización y/o sistemas de impulsión considerados

Las plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión no son procesos mineros propiamente tales, pero sí están directamente vinculadas a ellos. El catastro corresponde a proyectos que las mismas empresas mineras han informado que se requieren para la operación y algunos otros proyectos que venderán agua a faenas mineras, es decir que su justificación está en la demanda de agua por parte de la minería. A continuación se presenta el listado de proyectos.

Tabla 3: Operaciones y proyectos de desalinización e impulsión

Operación o Proyecto	Región	Estado	Condición	Inicio	Sistema Interconectado	Tipo de proyecto
Escondida	Antofagasta	Operación	Base	0	SING	Operando
Michilla	Antofagasta	Operación	Base	0	SING	Operando
Esperanza	Antofagasta	Operación	Base	0	SING	Operando
Las Cenizas Tal Tal	Antofagasta	Operación	Base	0	SIC	Operando
Mantos de la luna	Antofagasta	Operación	Base	0	SING	Operando
Mantoverde	Atacama	En Ejecución	Base	2013	SIC	Expansión
Candelaria	Atacama	En Ejecución	Base	2013	SIC	Expansión
Sierra Gorda	Antofagasta	En Ejecución	Base	2014	SIC	Nuevo
Antucoya	Antofagasta	En Ejecución	Base	2014	SING	Nuevo
Pampa Camarones	Parinacota	Factibilidad	Probable	2014	SING	Nuevo
El Morro	Atacama	Pre-Factibilidad	Posible	2015	SIC	Nuevo
Diego de Almagro	Atacama	Pre-Factibilidad	Posible	2015	SIC	Nuevo
Desalinización varios	Atacama	Pre-Factibilidad	Posible	2015	SIC	Nuevo
Desalinización varios usos	Antofagasta	Pre-Factibilidad	Posible	2015	SING	Nuevo
Santo Domingo	Atacama	Factibilidad	Probable	2016	SIC	Nuevo
Escondida	Antofagasta	En Ejecución	Base	2017	SING	Expansión
RT Sulfuros II	Antofagasta	Factibilidad	Probable	2017	SING	Nuevo
Q. Blanca Fase 2	Arica	Factibilidad	Probable	2017	SING	Nuevo
Relincho	Atacama	Pre-Factibilidad	Posible	2017	SIC	Nuevo
Lomas Bayas III	Antofagasta	Pre-Factibilidad	Posible	2017	SING	Nuevo
Collahuasi	Arica	Pre-Factibilidad	Posible	2019	SING	Expansión

Fuente: Cochilco, basado en información pública de las empresas

### 2.1.4. Consumos unitarios de energía eléctrica en la minería del cobre

Los consumos unitarios de energía eléctrica por proceso minero han sido calculados por Cochilco desde el año 2001 en base a la información recopilada anualmente en la “Encuesta de producción, energía y recursos hídricos”. Esto permite calcular coeficientes por faena y por proceso, los cuales son de carácter confidencial, y se utilizan para determinar coeficientes unitarios promedios ponderados para toda la minería del cobre, a nivel global país y por cada sistema de interconexión eléctrica (SIC y SING) los que se publican<sup>3</sup>. Estos coeficientes de energía consumida se determinan por cobre fino contenido y por tonelada de material tratado.

Para tener una idea global de la evolución de los consumos unitarios de energía, a continuación se presentan los coeficientes unitarios a nivel de país y por sistema interconectado SIC y SING, ya publicados. COCHILCO dispone de los datos al nivel de más detalle requerido por el modelo.

<sup>3</sup> Para una mayor información en cuanto a la evolución de los consumos de energía, consultar el informe “Actualización de información sobre el consumo de energía asociado a la minería del cobre al año 2012”, el cual se encuentra en la página web de Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Tabla 4: Coeficientes unitarios por tonelada de cobre contenido, 2001 - 2012

Proceso (unidad)		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina Rajo (KWh/Ton Cu fino)	SING	129	140	158	168	187	177	176	190	210	177	201	172
	SIC	95	107	113	131	124	134	151	139	168	158	144	138
	País	124	135	151	163	178	171	172	182	203	174	182	164
Mina Subterránea (KWh/Ton Cu fino)	SING	1.135	827	738	646	595	775	957	1.001	528	555	666	977
	SIC	335	362	379	343	429	464	462	573	548	559	600	640
	País	347	371	387	349	433	470	470	583	548	559	603	655
Concentradora (KWh/Ton Cu fino)	SING	1.412	1.547	1.736	1.599	1.687	1.693	1.736	1.825	2.069	2.023	2.375	2.637
	SIC	2.036	2.306	2.257	2.345	2.437	2.566	2.816	2.815	3.049	3.036	3.153	3.492
	País	1.698	1.912	1.982	1.929	2.011	2.062	2.184	2.280	2.515	2.485	2.857	3.075
Fundición (KWh/Ton Cu fino)	SING	1.018	1.059	1.093	1.175	1.177	1.206	1.189	1.281	946	1.053	1.086	1.222
	SIC	938	1.002	1.025	991	952	942	999	978	1.012	1.027	1.092	998
	País	971	1.026	1.053	1.066	1.048	1.050	1.080	1.101	981	1.039	1.089	1.088
Refinería (KWh/Ton Cu fino)	SING	318	314	315	321	336	315	308	345	340	358	351	367
	SIC	388	392	388	398	373	369	373	369	357	370	390	377
	País	346	345	344	355	353	343	339	357	349	364	372	373
LxSxEw (KWh/Ton Cu fino)	SING	2.655	2.737	2.808	2.860	2.749	2.760	2.851	2.928	2.836	2.922	3.045	2.962
	SIC	2.604	3.131	3.149	3.249	3.196	3.260	3.466	3.391	3.098	3.325	3.488	3.483
	País	2.651	2.771	2.839	2.897	2.801	2.814	2.911	2.973	2.860	2.954	3.074	3.010
Servicios (KWh/Ton Cu fino)	SING	142	128	106	105	141	120	90	167	189	178	127	219
	SIC	151	191	188	201	187	166	172	136	142	206	223	135
	País	146	154	139	143	160	140	123	155	170	189	168	188

Fuente: Cochilco

Tabla 5: Coeficientes unitarios por tonelada de material procesado, 2001 - 2012

Proceso (unidad)		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mina Rajo (KWh/Ton mineral extraído)	SING	1,348	1,351	1,518	1,679	1,731	1,687	1,696	1,558	1,503	1,388	1,416	1,231
	SIC	0,992	0,941	1,053	1,176	1,082	1,19	1,221	1,167	1,319	1,882	1,12	1,055
	País	1,288	1,282	1,444	1,601	1,626	1,612	1,615	1,49	1,475	1,361	1,35	1,192
Mina Subterránea (KWh/Ton mineral extraído)	SING	28,25	20,11	18,08	14,66	12,01	16,07	19,72	18,32	8,59	8,533	10,45	16,12
	SIC	3,722	3,85	3,986	3,605	4,399	4,642	4,618	5,594	5,133	5,25	5,389	5,784
	País	3,881	3,997	4,126	3,707	4,499	4,753	4,741	5,752	5,216	5,333	5,5	6,036
Concentradora (KWh/Ton mineral Procesado)	SING	17,5	18,01	19,31	18,16	18,37	18,77	18,55	19,75	17,9	18,06	20,37	20,15
	SIC	19,75	20,41	20,37	20,68	20,5	21,25	22,44	22,8	22,97	22,39	22,99	24,47
	País	18,67	19,32	19,86	19,43	19,43	20	20,45	21,33	20,38	20,25	22,1	22,46
Fundición (KWh/Ton conc. procesado)	SING	323	342,3	352,9	361,8	351,6	361,6	367,5	398,7	315,9	346,4	350,4	390,6
	SIC	313,9	329,3	330,1	322,7	310,8	303,4	312,1	303,2	303,7	295,5	306,7	302,4
	País	317,6	334,6	339,2	338,6	328,5	327,5	335,3	341,5	309	317,5	325,4	336,7
LxSxEw (KWh/Ton mineral procesado)	SING	18,65	18,2	17,5	17,38	16,09	16,46	16,07	12,76	13,29	12,19	13,3	11,54
	SIC	12,78	11,11	12,64	13,85	8,31	7,486	6,561	7,304	8,288	6,917	9,774	12,24
	País	17,91	17,4	16,95	17,01	14,36	14,35	13,78	11,79	12,54	11,42	12,86	11,61

Fuente: Cochilco

## 2.2. Consumo esperado anual de energía eléctrica por parte de la minería del cobre (2012 - 2025)

### 2.2.1. Fundamento conceptual

Una proyección del consumo eléctrico anual por parte de la minería del cobre en el largo plazo está naturalmente sujeta a incertidumbres, principalmente porque una parte creciente del consumo será demandado por actividades que aún están en estado de proyectos cuya fecha de puesta en marcha y real magnitud de su operación puede variar significativamente desde la actualidad hasta que entre en operación efectiva.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Para hacer una proyección más realista COCHILCO ha introducido un modelo probabilístico basado en una simulación de Montecarlo<sup>4</sup> considerando tres escenarios:

- Escenario máximo, que considera que las operaciones continúan según lo planificado y todos los proyectos se ponen en marcha en la fecha y capacidad productiva estimada actualmente por sus titulares. Es, por cierto, un escenario optimista.
- Escenario más probable, que considera a las operaciones en forma similar al caso máximo con sólo leves ajustes, pero pondera a los proyectos con una probabilidad de que se lleven a cabo en la fecha y capacidad productiva menor que el escenario optimista. Esta ponderación ha sido determinada por COCHILCO en base a información histórica del comportamiento de la materialización de proyectos mineros, obtenida de los catastros de proyectos históricos publicados por Cochilco y criterios técnicos adicionales.
- Escenario mínimo, que ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable. Es, entonces, un escenario pesimista.

Para cada operación o proyecto reseñado en las tablas 1, 2 y 3 se identifican los procesos que contempla. Luego, para cada año a proyectar y cada escenario a generar, se calcula el consumo eléctrico que tendría cada proceso, de cada operación, tal como se muestra en el siguiente esquema y se explica en el siguiente punto 2.2.2:

Figura 2: Esquema de la generación de escenarios anuales



En donde:

**i:** operaciones y proyectos descritos en las tablas 1 y 2.

**j:** año a proyectar, del 2013 al 2025, donde 1 corresponde al año 2013 para las operaciones y el año de puesta en marcha previsto en Julio 2013 para los proyectos.

**k:** procesos mineros contemplados (extracción en rajo o subterránea, concentración, fundición, refinería, LxSxEw, servicios, desalinización e impulsión según corresponda a cada operación).

**l:** los escenarios a generar, estos son mínimo o pesimista, más probable y máximo u optimista.

<sup>4</sup> Para una mejor comprensión del método de Montecarlo, una breve explicación se incluye en el anexo.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Como resultado se obtiene tres valores de consumo anual del proceso individualizado, uno por cada escenario, los que se someten a la simulación Montecarlo con el fin de generar una distribución probabilística de su consumo anual, a la cual se le calculan los estadísticos valor esperado y desviación estándar. Los valores esperados de cada una de las distribuciones obtenidas se sumaron para obtener el consumo esperado de energía eléctrica.

Digamos que  $E(\text{Consumo\_ener\_elec}_{ijk})$  es la esperanza o valor esperado del consumo de energía eléctrica del proceso  $k$  de la operación/proyecto  $i$  en el año  $j$ . En consecuencia es la unidad básica de información, el cual puede ser acumulado por diversos conceptos. Es así como el consumo esperado de electricidad presentado en las proyecciones de este estudio se calcula de la siguiente manera:

$$\sum_i \sum_k E(\text{Consumo\_ener\_elec}_{ijk}) \quad , \quad \forall j$$

Estas sumatorias fueron filtradas de distintas formas para poder obtener los resultados del capítulo 3 del presente informe.

### 2.2.2. Cálculo del consumo eléctrico por proceso minero

Para las operaciones y proyectos mineros de cobre se utiliza el siguiente modelo para calcular el consumo por proceso, es decir de la unidad básica de información.

$$\text{Consumo\_ener\_elec}_{ijkl} = \text{Cap\_max}_{ijk} \times \text{Pond}_{il} \times \text{Coef\_unit\_prom}_{ik} \\ \times \text{Var\_coef\_unit}_{ikl} \times (1 + \text{tasa}_{ik} \times 95\%)^{j-1}$$

En donde:

- $\text{Consumo\_ener\_elec}_{ijkl}$  = Consumo de energía eléctrica del proceso  $k$  de la operación o proyecto  $i$  en el año  $j$  del escenario  $l$ .
- $\text{Cap\_max}_{ijk}$  = Capacidad máxima del proceso  $k$  de la operación o proyecto  $i$  en el año  $j$ .
- $\text{Pond}_{il}$  = Ponderador para la capacidad máxima de la operación o proyecto  $i$  según el escenario  $l$ .
- $\text{Coef\_unit\_prom}_{ik}$  = Coeficiente unitario promedio de consumo de energía eléctrica del proceso  $k$  de la operación o proyecto  $i$ .
- $\text{Var\_coef\_unit}_{ikl}$  = Variabilidad que se le asigna al coeficiente unitario promedio del proceso  $k$  de la operación/proyecto  $i$ , dependiente del escenario  $l$  a generar.
- $\text{tasa}_{ik}$  = Tasa de variación anual promedio histórica del coeficiente unitario promedio del proceso  $k$  de la operación/proyecto  $i$ .
- $95\%$  = Factor de corrección de la  $\text{tasa}_{ik}$ , elevado al exponente del año que se está proyectando.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Para el caso de la *Capacidad máxima* y *Coficiente unitario promedio*, las variables a considerar se definen de acuerdo al proceso analizado, en la tabla 6 se muestran estas variables según los distintos procesos.

**Tabla 6: Capacidad máxima y coeficiente unitario según proceso**

Variable	Mina	Concentradora	Fundición	Refinería	LxSxEw	Servicios
<b>Capacidad Máxima Anual</b>	Ton – año Mineral extraído	Ton – año Mineral Procesado	Ton – año Cu fino contenido en ánodo	Ton – año Cu fino contenido cátodo ER	Ton – año Cu fino contenido en cátodo EO	Ton – año Cu fino total contenido
<b>Coef. Unit. promedio</b>	KWh por tonelada de mineral extraído	KWh por tonelada de mineral procesado	KWh por tonelada Cu fino contenido en ánodo	KWh por tonelada Cu fino contenido en cátodo ER	KWh por tonelada Cu fino contenido en cátodo EO	KWh por tonelada Cu fino total contenido

El *ponderador* para la capacidad máxima de la operación o proyecto, es el factor que permite corregir la capacidad productiva anualmente en función de la probabilidad que se le asigne de alcanzar su máximo en dicho año.

Este ponderador depende del escenario y, dentro de éste, si actualmente está en operación donde el año 1 es el año 2013 o del estado y de la condición actual en que se encuentre el proyecto donde el año 1 es el de puesta en marcha futura. Pero no depende de las características propias de la operación o proyecto. Para cada ponderador se determina un vector de probabilidades anuales desde el año 1 al 13, calculados en base a información histórica del comportamiento de la materialización de proyectos mineros, obtenida de los catastros de proyectos históricos publicados por Cochilco.

En las tablas 7, 8 y 9 se presentan los vectores de probabilidades utilizados según el escenario, estado y condición del proyecto. Los vectores fueron:

**Tabla 7: Ponderadores para el escenario máximo, según estado y condición del proyecto (%)**

Estado	Condición	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Prefactibilidad	Posible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Factibilidad	Posible	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Factibilidad	Probable	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ejecución	Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Operación	Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Cochilco

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025****Tabla 8: Ponderadores para el escenario más probable, según estado y condición del proyecto (%)**

Estado	Condición	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Prefactibilidad	Posible	10	20	30	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Factibilidad	Posible	40	52	67	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Factibilidad	Probable	46	59	77	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
Ejecución	Base	72	76	81	86	91	95	95	95	95	95	95	95	95
Operación	Base	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Cochilco

**Tabla 9: Vectores de probabilidades para el escenario mínimo, según estado y condición del proyecto (%)**

Estado	Condición	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Prefactibilidad	Posible	8	15	23	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Factibilidad	Posible	30	39	50	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Factibilidad	Probable	40	52	67	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Ejecución	Base	72	76	81	86	91	95	95	95	95	95	95	95	95
Operación	Base	85	85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Cochilco

A modo de ejemplo, si queremos saber la ponderación para el caso más probable, de un proyecto que está actualmente en estado de factibilidad y su condición es posible, en el sexto año después de su puesta en marcha (año 6) vemos en la tabla 8 que la probabilidad que estamos buscando es de 71%. Esto quiere decir que en el escenario más probable para el sexto año de operación del proyecto existe solo un 71% de probabilidad que este se encuentre produciendo lo que hoy se estima que debiese producir. Esto explica que el modelo procura recoger situaciones impredecibles hoy en el estado actual de avance del proyecto, tales como las eventuales postergaciones o que no se logre operar al máximo de su capacidad según lo programado.

### 2.2.3. Consumo esperado de energía eléctrica por parte de las plantas desaladoras y sistemas de impulsión

Por la naturaleza de la desalación de agua de mar y su impulsión, sus consumos tienen su propio tratamiento. La metodología implica una estimación de la potencia eléctrica requerida para la planta y para el sistema de impulsión. Luego, para el cálculo de la energía se asume una tasa promedio de horas diarias donde se aplica la potencia.

a) Los supuestos usados en este ítem son los siguientes:

- Plantas en operación se mantienen hasta el año 2025.
- El caudal de agua desalinizado e impulsado se ha tomado en base a lo informado por las empresas en estudios propios, estudios de impacto ambiental y/o en la prensa. Se considera el mismo caudal para la planta desaladora y para su sistema de impulsión.
- Todos los proyectos en estudio o pre-factibilidad comienzan a operar en la fecha indicada.

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

- Funcionamiento plantas generadoras de 360 días al año y 20 horas al día.
- Energía por m<sup>3</sup> necesaria para desalinizar<sup>5</sup>: 4 KWh/m<sup>3</sup>.
- Eficiencia bombas de 80%.
- Eficiencia motores de 80%.

## b) Cálculo de la potencia:

Se calcula la potencia requerida por las plantas desaladoras y luego la potencia necesaria para la impulsión del agua utilizando las siguientes fórmulas:

Tabla 10: Fórmulas utilizadas en el cálculo de la potencia requerida en la desalación e impulsión de agua

Proceso	Potencia (MW)
Desalación de agua	$4 \frac{KWh}{m^3} \times Q \times \frac{3,6}{1.000}$
Impulsión de agua	$\frac{g \times \rho \times Q \times H}{1.000.000 \times \eta_b \times \eta_m}$

Donde:

- $g$ : Aceleración de gravedad, la cual es igual a  $9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ .
- $\rho$ : Densidad del agua, la cual es igual a  $1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$ .
- $H$ : Altura (msnm).
- $Q$ : Caudal en metros cúbicos por segundo  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$ .
- $\eta_b$ : Rendimiento de bombas (%).
- $\eta_m$ : Rendimiento del motor (%).

## c) Cálculo de la energía eléctrica a consumir, según la siguiente fórmula:

$$Energía (TWh) = \frac{Potencia \times días \times horas}{1.000.000}$$

Donde:

- *Potencia*: está expresada en MW, la cual se calcula con las fórmulas de la tabla 1.
- *días*: Se consideraron 360 días de operación en el año
- *horas*: Se consideraron 20 horas de funcionamiento diarias.

## d) Generación de escenarios

<sup>5</sup> Este supuesto fue obtenido en base a diferentes estudios tales como “Reducing energy consumption in seawater desalination”, Elsevier, 2004, “Seawater desalination power consumption”, Watereuse, 2011, Estudio Impacto Ambiental Planta Coloso, 2009

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

Posteriormente se generan escenarios anuales para cada una de las plantas desadoras y sistemas de impulsión (tabla 3), aplicándoles los mismos ponderadores de los proyectos mineros (tablas 7, 8 y 9) y además un factor de 100%, 90% y 80% para los escenarios máximo, más probable y mínimo respectivamente, para agregarle variabilidad a la cantidad de días y horas de funcionamiento de las plantas y sistemas de impulsión.

Con los escenarios generados se aplica el método de Montecarlo explicado en el anexo, obteniendo una distribución probabilística del consumo de energía anual para cada una de las plantas desaladoras y sistemas impulsión. Posteriormente se procedió a calcular el valor esperado de cada una de las distribuciones probabilísticas, tal como se efectuó para la proyección de consumo de electricidad por parte de los procesos mineros.

El valor esperado del consumo eléctrico por este concepto es sumable al valor esperado del consumo minero propiamente tal.

### 2.3. Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre (2012-2025)

En el punto 2.2 se expresa la convicción de que todos los proyectos contemplados en las tablas 2 y 3 no se van a materializar necesariamente en las fechas y/o capacidades previstas actualmente. Sin embargo, COCHILCO estima pertinente mostrar el potencial máximo de consumo eléctrico de la minería del cobre y del creciente uso de agua de mar, para lo cual entrega también el consumo máximo y con el mismo detalle que el consumo esperado.

Los valores corresponden al resultado del cálculo de consumo eléctrico en el escenario máximo, sin necesidad de aplicarle la simulación de Montecarlo.

### 3. Resultados de la proyección del consumo esperado anual de energía eléctrica para el período 2013 - 2025

En este capítulo se muestran los resultados del consumo esperado de energía eléctrica en la minería del cobre, calculados mediante una estimación probabilística que recoge la eventualidad de que los proyectos mineros pueden entrar en operación en una fecha posterior a la prevista en el catastro de proyectos y/o de que no operen a su plena capacidad.

Las proyecciones obtenidas a través de este método se consideran más realistas en comparación al potencial máximo de consumo eléctrico si todos los proyectos se materializarían en la oportunidad y magnitud previstas actualmente.

Las proyecciones se muestran en cifras anuales con tres niveles de detalle:

- País
- Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)
- Sistema Interconectado Central (SIC)

Dentro de cada nivel, la información de consumo se entrega tanto en forma global como desglosada por 5 conceptos alternativos, a fin de entregar una mayor diversidad de visiones sobre la proyección de consumo de energía eléctrica en la minería del cobre:

- **Proyección total:** comprende el consumo global del sector minero bajo análisis.
- **Proyección por proceso:** corresponde al desglose del consumo total dividida por cada uno de los procesos relevantes para el consumo eléctrico. Los procesos mineros considerados son: extracción minera a rajo abierto, extracción minera subterránea, planta concentradora, fundición, refinera, LxSxEw y servicios<sup>6</sup>. Además se consideran los consumos estimados para desalinización e impulsión de agua de mar.
- **Proyección según estado:** corresponde a los consumos proyectados para las operaciones actuales y de los proyectos según el estado de avance, es decir aquellos que están operando, en ejecución, factibilidad y pre-factibilidad.
- **Proyección según condición:** corresponde a los consumos proyectados para las operaciones actuales y de los proyectos según su condición asignada en el “Catastro de Inversiones Mineras 2013-2021”, esta es base, probable y posible. La condición base incluye a las operaciones y proyectos en construcción. El resto de las condiciones se refieren a una estimación de la mayor o menor certeza en la materialización de los proyectos.
- **Proyección según escala de producción:** corresponde a la proyección total desagregada según el nivel de producción de las compañías en operación y/o con proyectos, estas pueden ser Gran Minería Estatal, Gran Minería Privada, Mediana Minería Estatal, Mediana Minería Privada y Minería del Oro (proyectos de oro con coproducción de cobre).

---

<sup>6</sup> A los servicios se imputan los consumos eléctricos en las operaciones mineras de las actividades no dependientes del nivel de actividad productiva.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

- **Proyección según tipo de proyecto:** corresponde a la proyección total desagregada por operación y por tipo de proyecto (reposición, expansión o nuevos) según corresponda.

En cada proyección se incluye el consumo esperado de energía eléctrica con su respectiva desviación estándar, la cual ayuda a formar un intervalo el cual contiene el 95% de los datos obtenidos en la simulación.

### 3.1. Proyección consumo esperado – País

#### 3.1.1. Proyección consumo esperado total país.

El consumo esperado de energía por parte de la minería del cobre va desde 21,0 TWh en el año 2013 a 41,1 TWh para el año 2025, esto se traduce en un aumento de 95,5% con respecto al valor del año 2013.

Figura 3: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre – País

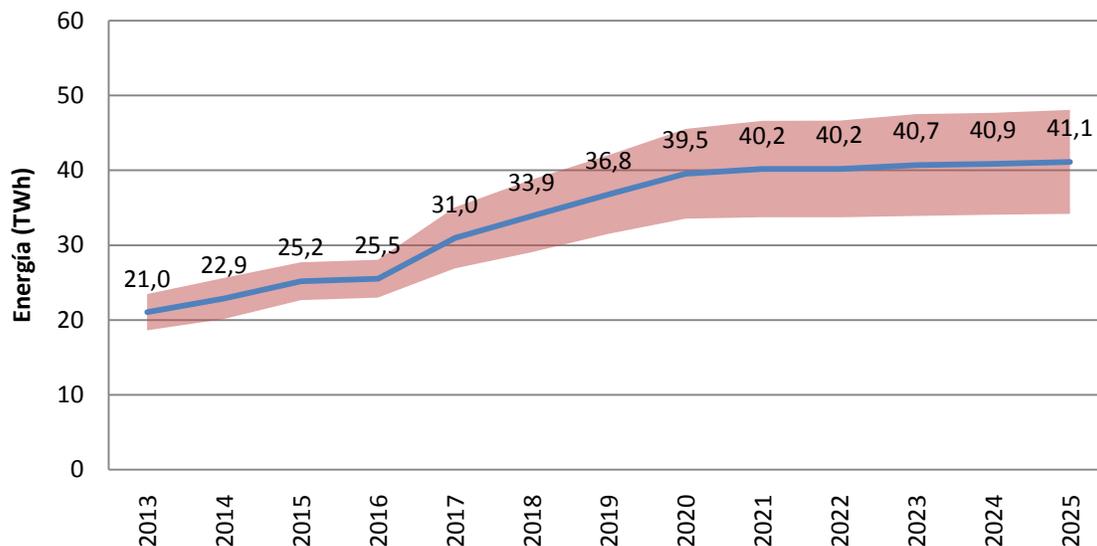


Tabla 11: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, - País, 2013-2025 (TWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor Esperado	21,02	22,86	25,17	25,50	30,95	33,89	36,75	39,51	40,15	40,17	40,69	40,86	41,11
Desviación Estándar	1,21	1,37	1,26	1,26	2,04	2,43	2,63	3,00	3,22	3,23	3,40	3,40	3,47

Fuente: Cochilco

Tabla 12: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, - SING y SIC, 2013-2025

Sistema Interconectado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
SING (TWh)	12,83	13,94	15,54	15,45	20,35	20,95	23,48	24,31	24,34	24,03	23,92	23,80	23,65
SIC (TWh)	8,20	8,92	9,63	10,05	10,60	12,94	13,27	15,21	15,81	16,14	16,77	17,06	17,46
SING (%)	61%	61%	62%	61%	66%	62%	64%	62%	61%	60%	59%	58%	58%
SIC (%)	39%	39%	38%	39%	34%	38%	36%	38%	39%	40%	41%	42%	42%

Fuente: Cochilco

La tasa anual promedio para el país, SING y SIC es de 6,3% 5,9% y 7,0% respectivamente. Para un mayor detalle de la proyección de cada sistema, ver las secciones 3.2 y 3.3.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.1.2. Proyección consumo esperado, país - por proceso

La distribución del consumo eléctrico por proceso muestra que la concentración es el principal consumidor de electricidad. Se observa que para el año 2025 en las plantas concentradoras, se espera que consuma 26,4 TWh de los 41,1 TWh totales, por lo que el proceso de concentración consumirá un 64,2% del consumo total de energía eléctrica.

Otro punto relevante es el aumento en el consumo por parte de las plantas desaladoras y sistemas de impulsión, las cuales para el año 2025 llegarían a consumir un 15,0% del total de electricidad.

Figura 4: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - País

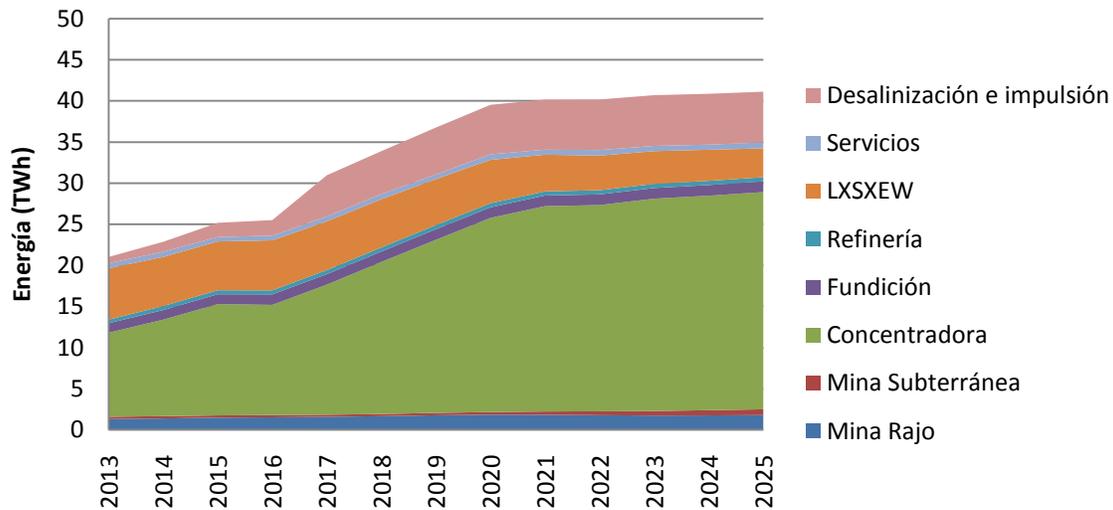


Tabla 13: Consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre, por proceso - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	1,32	1,39	1,49	1,53	1,59	1,67	1,78	1,85	1,84	1,79	1,74	1,76	1,80
Mina Subterránea	0,27	0,28	0,27	0,27	0,26	0,26	0,29	0,32	0,40	0,47	0,55	0,63	0,70
Concentradora	10,22	11,73	13,53	13,39	15,81	18,49	21,04	23,60	24,96	25,07	25,81	26,07	26,40
Fundición	1,16	1,16	1,20	1,28	1,27	1,27	1,28	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,30
Refinería	0,44	0,49	0,48	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
LXSXEW	6,24	5,97	5,93	6,08	5,92	5,85	5,59	5,27	4,46	4,21	3,97	3,78	3,50
Servicios	0,61	0,63	0,54	0,57	0,60	0,62	0,55	0,67	0,61	0,67	0,64	0,62	0,73
Desalinización e impulsión	0,77	1,22	1,72	1,90	5,01	5,23	5,71	6,02	6,09	6,15	6,17	6,18	6,16

Fuente: Cochilco

Tabla 14: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por proceso - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	0,09	0,09	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14
Mina Subterránea	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08
Concentradora	0,69	0,81	0,67	0,65	0,86	1,29	1,56	1,97	2,23	2,28	2,44	2,45	2,53
Fundición	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Refinería	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
LXSXEW	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,21	0,18	0,13	0,09	0,05	0,03	0,02
Servicios	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
Desalinización e impulsión	0,06	0,10	0,19	0,21	0,78	0,73	0,67	0,63	0,61	0,60	0,62	0,62	0,61

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.1.3. Proyección consumo esperado, país - según estado de avance

De esta proyección se destaca que las operaciones vigentes irán disminuyendo su consumo de electricidad desde 20,9 TWh en el año 2013 a 15,9 TWh el 2025, lo que implicaría un decaimiento en la demanda de electricidad por parte de las operaciones actuales a una tasa anual promedio negativa de 2,6%.

Por otra parte los proyectos que a la fecha se encuentran en estado de factibilidad representan el 38,9% del consumo de electricidad que la minería del cobre demandaría el año 2025.

Figura 5: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País

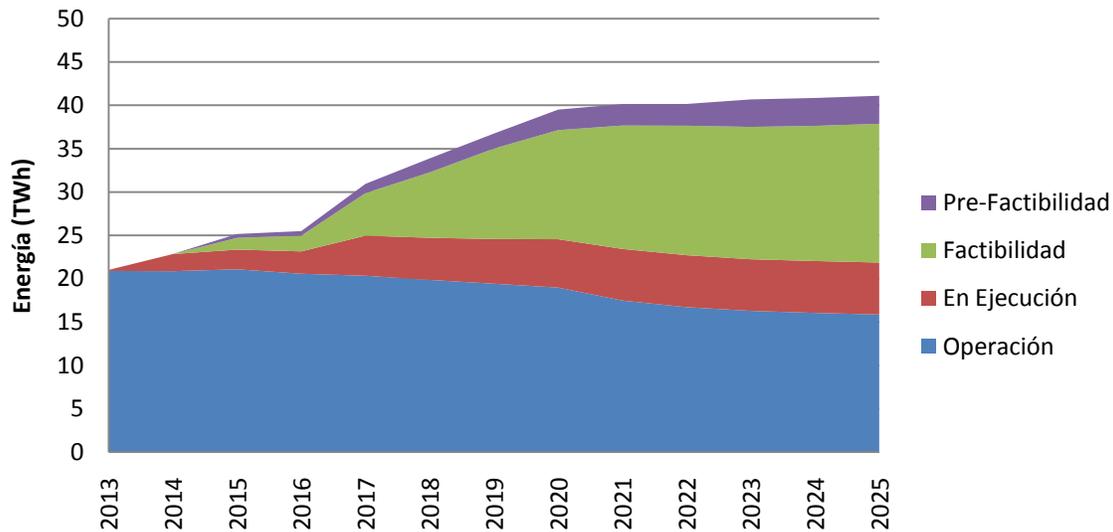


Tabla 15: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País, 2013-2025 (TWh)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	20,91	20,88	21,10	20,58	20,35	19,87	19,43	18,99	17,49	16,73	16,31	16,07	15,88
En Ejecución	0,11	1,98	2,27	2,58	4,62	4,85	5,15	5,58	5,95	5,99	5,95	5,98	5,99
Factibilidad	0,00	0,01	1,35	1,81	4,91	7,55	10,43	12,59	14,23	14,93	15,27	15,59	16,01
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,45	0,53	1,07	1,62	1,73	2,36	2,48	2,51	3,17	3,21	3,23

Fuente: Cochilco

Tabla 16: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País, 2013-2025 (TWh)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	1,20	1,19	0,78	0,73	0,70	0,66	0,65	0,63	0,57	0,51	0,49	0,48	0,47
En Ejecución	0,01	0,18	0,20	0,20	0,36	0,33	0,32	0,31	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29
Factibilidad	0,00	0,00	0,16	0,21	0,66	1,03	1,27	1,55	1,81	1,89	1,92	1,93	2,00
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,12	0,11	0,32	0,41	0,39	0,50	0,53	0,53	0,70	0,71	0,72

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.1.4. Proyección consumo esperado, país - según condición

Desde el punto de vista de la condición que indica una calificación de mayor a menor certeza respecto a la materialización de los proyectos en la fecha y magnitud prevista actualmente, se puede apreciar que el consumo de electricidad por parte de las operaciones y proyectos en condición base, que son las operaciones actuales y los proyectos en ejecución, se mantiene estable a lo largo de la proyección, yendo de 21,0 TWh el año 2013 a 21,87 TWh el 2025.

Figura 6: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por condición - País

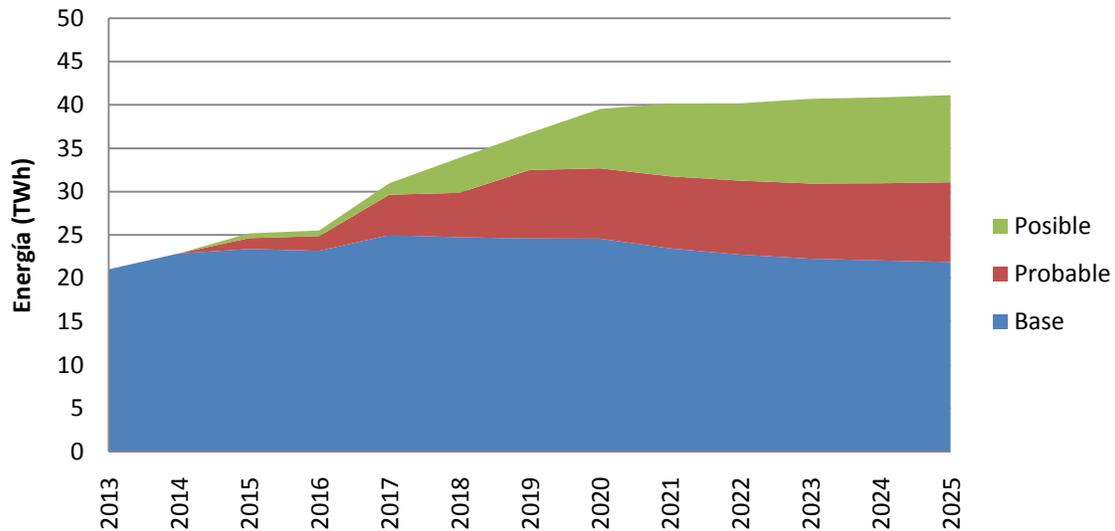


Tabla 17: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - País, 2013-2025 (TWh)

Condición	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	21,02	22,85	23,37	23,16	24,97	24,73	24,59	24,56	23,44	22,72	22,26	22,05	21,87
Probable	0,00	0,01	1,25	1,69	4,66	5,12	7,90	8,11	8,31	8,53	8,67	8,90	9,20
Posible	0,00	0,00	0,54	0,65	1,32	4,04	4,27	6,84	8,40	8,91	9,77	9,91	10,04

Fuente: Cochilco

Tabla 18: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - País, 2013-2025 (TWh)

Condición	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	1,21	1,37	0,98	0,94	1,06	0,99	0,97	0,95	0,88	0,81	0,78	0,77	0,75
Probable	0,00	0,00	0,14	0,19	0,62	0,64	0,86	0,85	0,87	0,89	0,88	0,90	0,93
Posible	0,00	0,00	0,14	0,14	0,37	0,80	0,80	1,20	1,47	1,53	1,74	1,73	1,79

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.1.5. Proyección consumo esperado, país - según escala de producción

Considerando la segmentación de la minería del cobre por su escala de producción, para el año 2013 el consumo de energía eléctrica se concentra en las operaciones de la gran minería estatal y gran minería privada representa un 29,1% y 67,2% del consumo de electricidad, al consumir 6,1 TWh y 14,1 TWh respectivamente. Por otra parte, para el año 2025 su importancia se mantiene pero esta vez consumiendo 8,5 TWh el área estatal y 28,6 TWh la gran minería privada.

Figura 7: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País

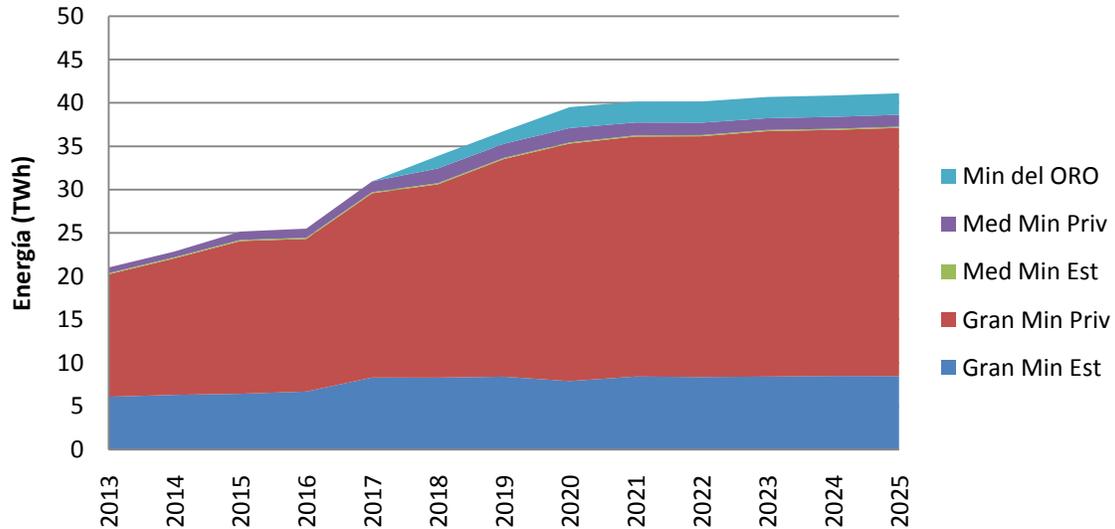


Tabla 19: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	6,11	6,33	6,46	6,72	8,33	8,31	8,43	7,92	8,44	8,39	8,43	8,51	8,50
Gran min. privada	14,13	15,74	17,61	17,60	21,25	22,30	25,10	27,39	27,68	27,77	28,31	28,38	28,62
Med. min. estatal	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
Med. min. privada	0,65	0,65	0,96	1,05	1,24	1,70	1,62	1,66	1,48	1,43	1,36	1,37	1,37
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	1,47	2,41	2,41	2,45	2,45	2,46	2,48

Fuente: Cochilco

Tabla 20: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	0,33	0,35	0,28	0,28	0,44	0,48	0,50	0,46	0,61	0,64	0,68	0,71	0,75
Gran min. privada	0,85	0,99	0,87	0,87	1,46	1,50	1,69	1,95	2,03	2,01	2,15	2,13	2,15
Med. min. estatal	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Med. min. privada	0,03	0,03	0,11	0,12	0,14	0,22	0,21	0,21	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,23	0,37	0,39	0,38	0,39	0,37	0,39

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.1.6. Proyección consumo esperado, país - según tipo de proyecto

La energía eléctrica demandada por proyectos nuevos para el año 2025 será de 14,9 TWh, equivalente a un 36,2% del consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre. Esta demanda explica el 74% del aumento de consumo esperado respecto al año 2013.

Es interesante resaltar la energía demandada por proyectos nuevos, ya que estos incluyen a aquellos que parten de cero (*greenfield*), teniendo que realizar el proceso de permisos ambientales y sectoriales, desarrollar infraestructura y asentarse en una localización. Esto implicaría que estas operaciones tienen por delante la contratación de energía para satisfacer su demanda de energía eléctrica. En cambio los proyectos de compañías ya establecidas con el fin de expansión o reposición de capacidad productivas tienen una mejor base de suministro.

Figura 8: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País

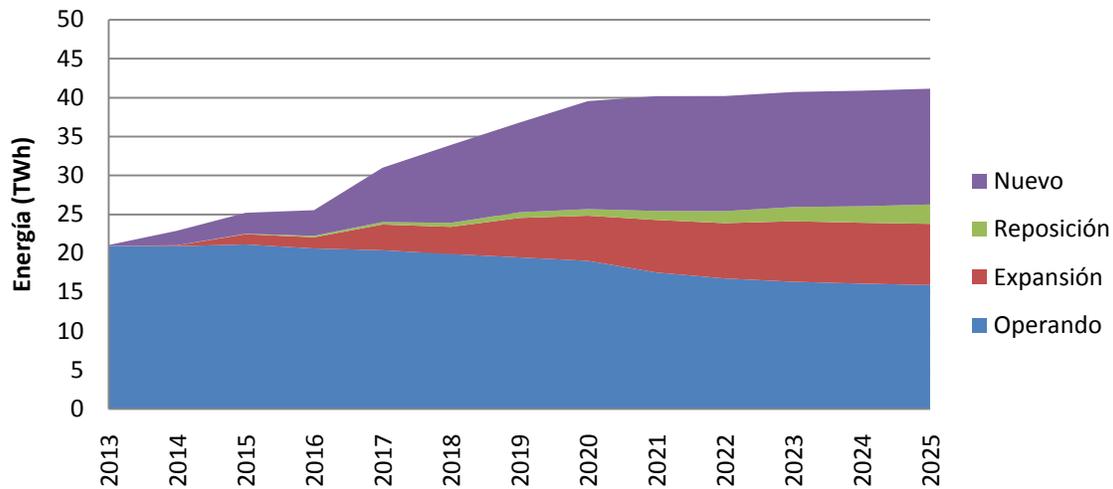


Tabla 21: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	20,91	20,88	21,10	20,58	20,35	19,87	19,43	18,99	17,49	16,73	16,31	16,07	15,88
Expansión	0,00	0,11	1,32	1,43	3,31	3,49	5,07	5,81	6,76	7,11	7,78	7,82	7,87
Reposición	0,00	0,01	0,04	0,19	0,32	0,51	0,73	0,85	1,15	1,54	1,83	2,12	2,48
Nuevo	0,11	1,87	2,70	3,30	6,97	10,01	11,52	13,87	14,75	14,78	14,78	14,85	14,88

Fuente: Cochilco

Tabla 22: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	1,20	1,19	0,78	0,73	0,70	0,66	0,65	0,63	0,57	0,51	0,49	0,48	0,47
Expansión	0,00	0,01	0,15	0,14	0,47	0,46	0,59	0,68	0,81	0,83	1,01	1,01	1,03
Reposición	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,09	0,10	0,11	0,14	0,19	0,22	0,24	0,29
Nuevo	0,01	0,17	0,33	0,36	0,82	1,22	1,29	1,58	1,70	1,70	1,69	1,67	1,69

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

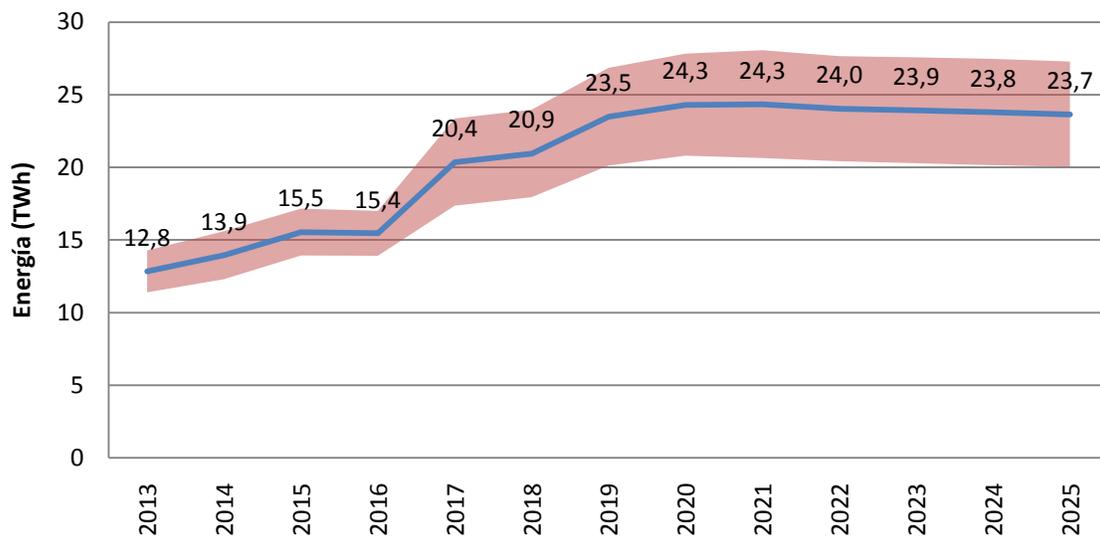
### 3.2. Proyección consumo esperado – SING

Considerando sólo las operaciones mineras de cobre actuales y proyectos demandantes de electricidad situados en el área geográfica abastecida por el Sistema Interconectado del Norte Grande, la distribución del consumo esperado eléctrico se detalla a continuación de forma similar a lo reseñado a nivel país.

#### 3.2.1. Proyección consumo esperado, SING – Total

El consumo esperado de energía por parte de la minería del cobre en el SING va desde 12,8 TWh en el año 2013 a 23,7 TWh para el año 2025, esto se traduce en un aumento de 84,4% con respecto al valor del año 2013.

Figura 9: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SING



Esta proyección tiene una tasa anual promedio de crecimiento correspondiente a un 5,9%.

Tabla 23: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor Esperado	12,83	13,94	15,54	15,45	20,35	20,95	23,48	24,31	24,34	24,03	23,92	23,80	23,65
Desviación Estándar	0,72	0,83	0,81	0,77	1,50	1,51	1,68	1,76	1,86	1,81	1,82	1,83	1,81

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.2.2. Proyección consumo esperado, SING – por proceso

Se observa que para el año 2025 el principal consumidor de electricidad en el SING será la planta concentradora, la cual se espera que consuma 12,5 TWh de los 23,7 TWh totales, por lo que el proceso de concentración consumirá un 53,0% del consumo total de energía eléctrica en el SING por parte de la minería del cobre. Por su parte el proceso de LxSxEw irá perdiendo participación en el consumo de electricidad al pasar de 5,5 TWh el año 2013 a 3,1 TWh el 2025.

Otro punto relevante es el aumento en el consumo por parte de las plantas desaladoras y sistemas de impulsión, las cuales para el año 2025 llegarán a consumir 5,3 TWh, lo que equivale a un 22,4% del total de electricidad consumida por la minería del cobre en el SING.

Figura 10: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - SING

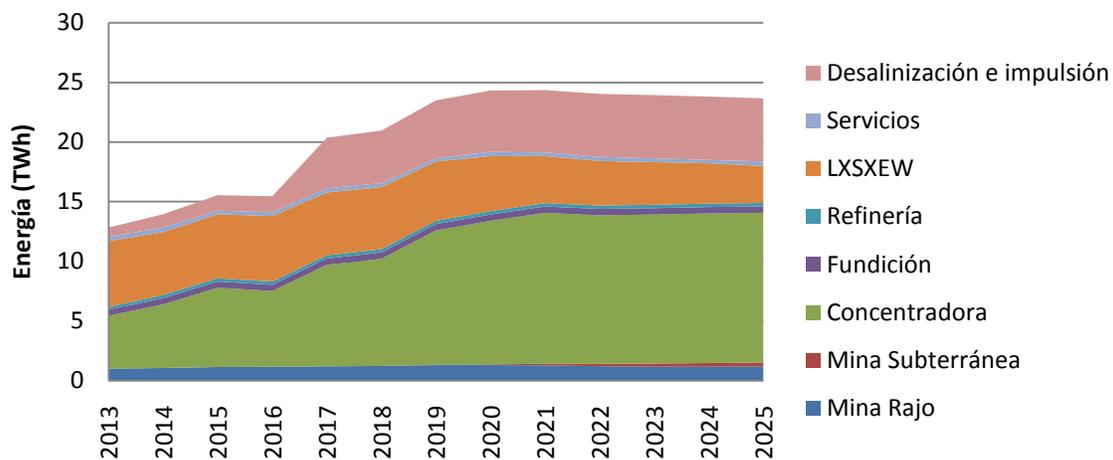


Tabla 24: Consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre, por procesos – SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	1,00	1,06	1,14	1,16	1,20	1,23	1,31	1,31	1,28	1,21	1,16	1,16	1,18
Mina Subterránea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,14	0,20	0,27	0,31	0,34
Concentradora	4,43	5,33	6,64	6,35	8,50	8,98	11,25	12,03	12,65	12,44	12,48	12,53	12,54
Fundición	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54
Refinería	0,23	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
LXSXEw	5,51	5,27	5,37	5,48	5,26	5,20	4,97	4,60	3,94	3,73	3,56	3,38	3,09
Servicios	0,37	0,39	0,30	0,33	0,35	0,33	0,27	0,36	0,30	0,35	0,32	0,28	0,38
Desalinización e impulsión	0,77	1,11	1,29	1,34	4,24	4,40	4,84	5,14	5,23	5,28	5,30	5,31	5,29

Fuente: Cochilco

Tabla 25: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	0,07	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Mina Subterránea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Concentradora	0,30	0,38	0,38	0,36	0,55	0,62	0,86	0,99	1,10	1,10	1,11	1,13	1,13
Fundición	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Refinería	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
LXSXEw	0,26	0,25	0,25	0,23	0,22	0,19	0,16	0,13	0,11	0,07	0,05	0,03	0,02
Servicios	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
Desalinización e impulsión	0,06	0,09	0,10	0,10	0,65	0,61	0,56	0,51	0,50	0,49	0,50	0,50	0,49

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.2.3. Proyección consumo esperado, SING – según estado

De esta proyección se destaca que las operaciones vigentes irán disminuyendo su consumo de electricidad desde 12,7 TWh en el año 2013 a 8,2 TWh el 2025, lo que implicaría un decaimiento en la demanda de electricidad por parte de las operaciones actuales a una tasa anual promedio negativa de 3,9%.

Por otra parte los proyectos del SING que a la fecha se encuentran en estado de factibilidad representan el 38,1% del consumo de electricidad que la minería del cobre demandará el año 2025.

Figura 11: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SING

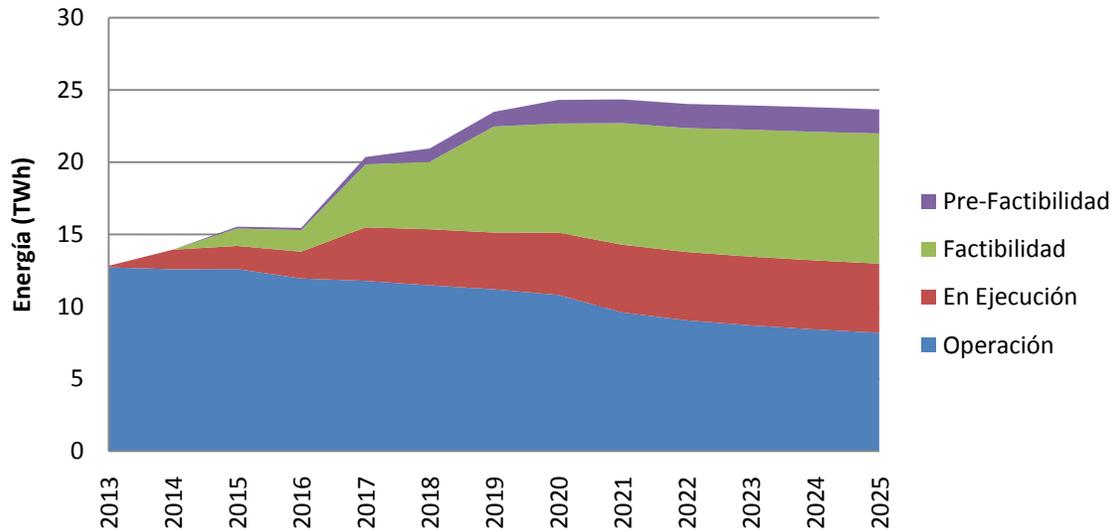


Tabla 26: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	12,72	12,59	12,60	11,95	11,78	11,48	11,20	10,81	9,60	9,06	8,71	8,42	8,19
En Ejecución	0,11	1,36	1,60	1,85	3,71	3,88	3,93	4,31	4,69	4,73	4,76	4,78	4,79
Factibilidad	0,00	0,00	1,20	1,49	4,35	4,66	7,34	7,55	8,41	8,57	8,78	8,89	9,01
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,13	0,15	0,52	0,93	1,01	1,63	1,64	1,67	1,67	1,70	1,67

Fuente: Cochilco

Tabla 27: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	0,71	0,70	0,49	0,43	0,41	0,35	0,34	0,33	0,30	0,24	0,23	0,22	0,20
En Ejecución	0,01	0,13	0,15	0,15	0,30	0,28	0,26	0,25	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23
Factibilidad	0,00	0,00	0,14	0,16	0,58	0,59	0,81	0,80	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,04	0,04	0,21	0,28	0,27	0,38	0,38	0,38	0,40	0,40	0,39

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.2.4. Proyección consumo esperado, SING – según condición

Se puede apreciar que el consumo de electricidad por parte de las operaciones y proyectos en condición base, que son las operaciones actuales y los proyectos en ejecución, se mantiene estable a lo largo de la proyección, yendo de 12,8 TWh el año 2013 a 13,0 TWh el 2025.

Figura 12: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SING

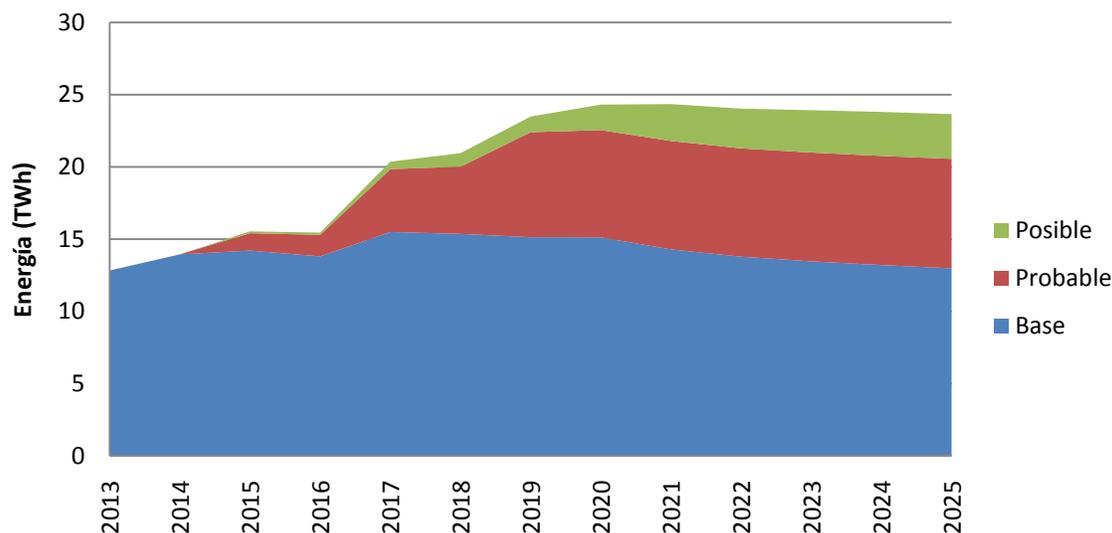


Tabla 28: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	12,83	13,94	14,21	13,80	15,49	15,36	15,13	15,12	14,29	13,78	13,46	13,20	12,98
Probable	0,00	0,00	1,20	1,49	4,35	4,65	7,27	7,42	7,50	7,49	7,53	7,55	7,58
Posible	0,00	0,00	0,13	0,15	0,52	0,94	1,08	1,76	2,55	2,75	2,93	3,04	3,10

Fuente: Cochilco

Tabla 29: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	0,72	0,83	0,63	0,58	0,71	0,63	0,61	0,58	0,55	0,48	0,46	0,45	0,43
Probable	0,00	0,00	0,14	0,16	0,58	0,59	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,78	0,76
Posible	0,00	0,00	0,04	0,04	0,21	0,29	0,28	0,40	0,52	0,55	0,60	0,61	0,62

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.2.5. Proyección consumo esperado, SING – según escala de producción

Para el año 2025, el consumo esperado de energía por parte de la minería del cobre en el SING lo demanda prácticamente en su totalidad la gran minería del cobre, al consumir 21,8 TWh de los 23,3 TWh, lo que equivale a 98,6% del consumo de la minería del cobre en el SING para dicho año.

Para el área del SING no se registran proyectos de oro con producción de cobre.

Figura 13: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción – SING

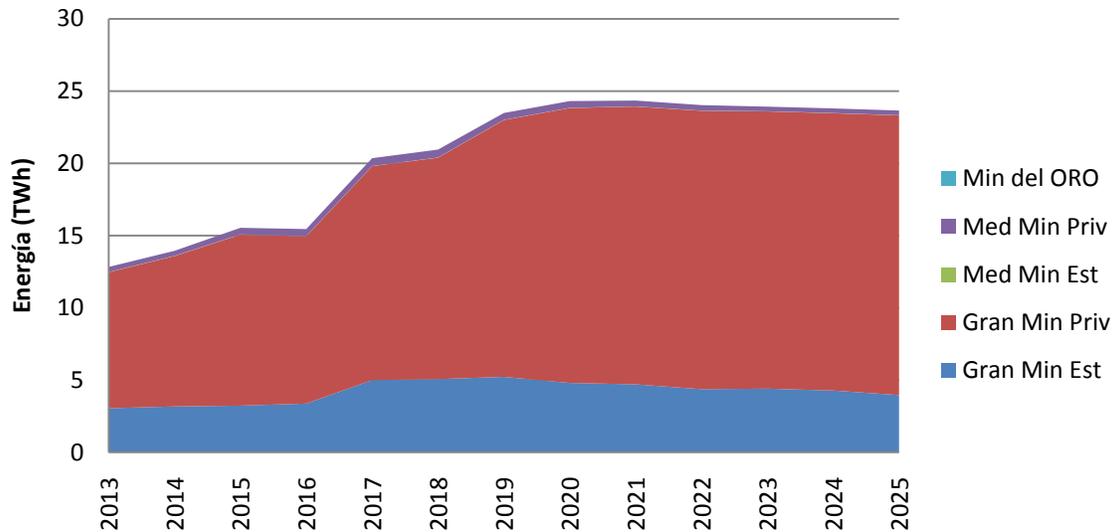


Tabla 30: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	3,05	3,18	3,23	3,38	5,00	5,07	5,22	4,80	4,71	4,37	4,41	4,28	3,97
Gran min. privada	9,41	10,41	11,83	11,58	14,81	15,32	17,77	19,03	19,22	19,26	19,18	19,19	19,35
Med. min. estatal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Med. min. privada	0,35	0,35	0,46	0,49	0,54	0,55	0,47	0,47	0,40	0,38	0,32	0,32	0,32
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Cochilco

Tabla 31: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	0,16	0,17	0,17	0,16	0,32	0,35	0,36	0,32	0,35	0,34	0,36	0,39	0,38
Gran min. privada	0,55	0,63	0,59	0,57	1,12	1,11	1,28	1,39	1,47	1,44	1,43	1,41	1,40
Med. min. estatal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Med. min. privada	0,02	0,02	0,05	0,05	0,06	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.2.6. Proyección consumo esperado, SING – según tipo de proyecto

Tal como se aprecia en la figura 14, el consumo de las operaciones en el año 2013 es de 12,7 TWh y decae hasta 8,2 TWh en el año 2025, sin embargo los proyectos de expansión y reposición compensan esta baja, logrando que para el año 2025 el consumo en conjunto de las operaciones, proyectos de expansión y reposición sea de 15,1 TWh. Por lo que la demanda restante en el año 2025 se debe a los proyectos nuevos, la cual será 8,6 TWh, equivalente a un 36,1% del consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre en el SING.

Figura 14: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING

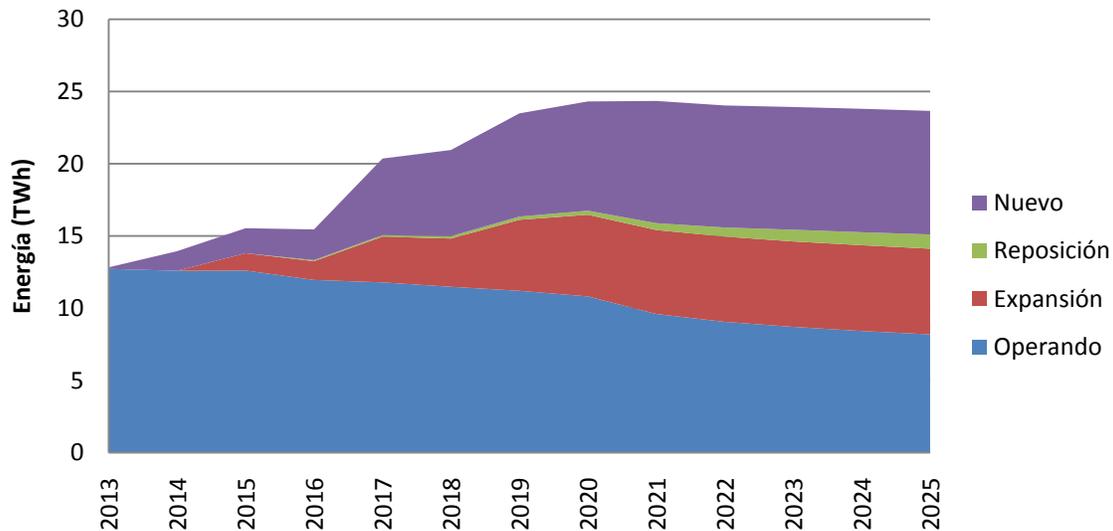


Tabla 32: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	12,72	12,59	12,60	11,95	11,78	11,48	11,20	10,81	9,60	9,06	8,71	8,42	8,19
Expansión	0,00	0,00	1,20	1,30	3,17	3,34	4,91	5,65	5,81	5,90	5,91	5,94	5,93
Reposición	0,00	0,00	0,00	0,07	0,10	0,16	0,22	0,28	0,47	0,63	0,81	0,90	0,99
Nuevo	0,11	1,36	1,73	2,12	5,30	5,97	7,14	7,56	8,46	8,45	8,49	8,54	8,55

Fuente: Cochilco

Tabla 33: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	0,71	0,70	0,49	0,43	0,41	0,35	0,34	0,33	0,30	0,24	0,23	0,22	0,20
Expansión	0,00	0,00	0,14	0,13	0,46	0,45	0,58	0,67	0,66	0,65	0,67	0,67	0,67
Reposición	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,07	0,09	0,12	0,12	0,13
Nuevo	0,01	0,13	0,18	0,20	0,60	0,65	0,71	0,71	0,82	0,82	0,81	0,82	0,81

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

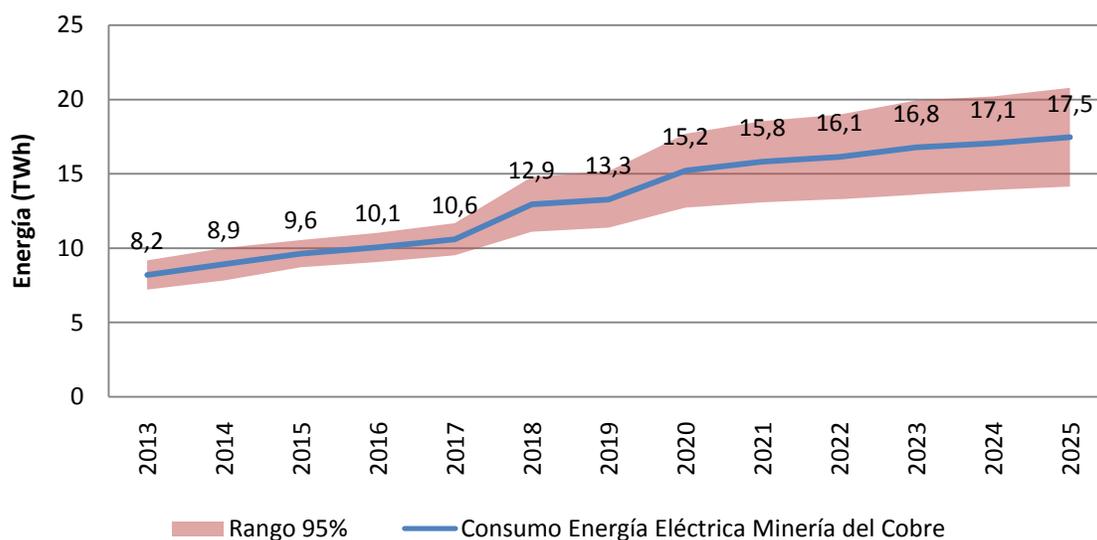
### 3.3. Proyección consumo esperado – SIC

En forma similar a lo señalado para el SING, a continuación se detalla la distribución del consumo esperado eléctrico sólo de las operaciones mineras de cobre actuales y proyectos demandantes de electricidad situados en el área geográfica abastecida por el Sistema Interconectado Central.

#### 3.3.1. Proyección consumo esperado, SIC – Total

El consumo esperado de energía por parte de la minería del cobre en el SIC va desde 8,2 TWh en el año 2013 a 17,5 TWh para el año 2025, esto se traduce en un aumento de 113% con respecto al valor del año 2013.

Figura 15: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre – SIC



Esta proyección tiene una tasa anual promedio de crecimiento correspondiente a un 7%.

Tabla 34: Consumo esperado y desviación estándar del consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor Esperado	8,20	8,92	9,63	10,05	10,60	12,94	13,27	15,21	15,81	16,14	16,77	17,06	17,46
Desviación Estándar	0,49	0,55	0,46	0,49	0,54	0,92	0,95	1,24	1,36	1,42	1,58	1,57	1,66

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.3.2. Proyección consumo esperado, SIC – por proceso

Se observa que para el año 2025 el principal consumidor de electricidad en el SING será la planta concentradora, la cual se espera que consuma 13,9 TWh de los 17,5 TWh totales, por lo que el proceso de concentración consumirá un 79,4% del consumo total de energía eléctrica en el SIC por parte de la minería del cobre.

Figura 16: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC

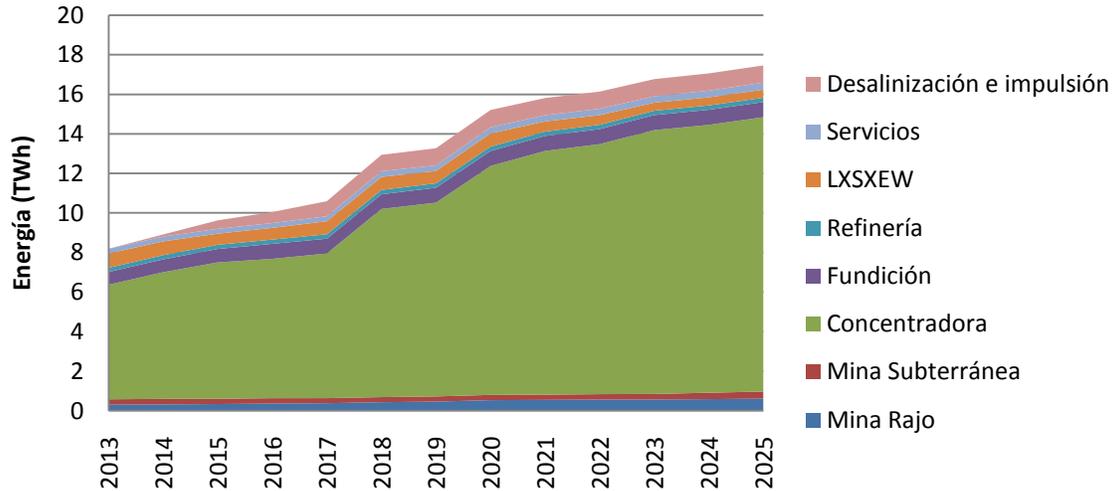


Tabla 35: Consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,44	0,47	0,55	0,56	0,58	0,58	0,60	0,62
Mina Subterránea	0,27	0,28	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,27	0,26	0,27	0,28	0,32	0,36
Concentradora	5,79	6,40	6,89	7,04	7,31	9,51	9,79	11,57	12,31	12,63	13,33	13,54	13,86
Fundición	0,64	0,65	0,68	0,76	0,75	0,74	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Refinería	0,21	0,22	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
LXSXEW	0,72	0,70	0,56	0,59	0,66	0,66	0,62	0,67	0,51	0,48	0,41	0,41	0,41
Servicios	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,29	0,28	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34	0,35
Desalinización e impulsión	0,00	0,11	0,43	0,56	0,76	0,83	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87

Fuente: Cochilco

Tabla 36: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06
Mina Subterránea	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Concentradora	0,39	0,43	0,30	0,30	0,32	0,67	0,70	0,98	1,13	1,17	1,33	1,32	1,40
Fundición	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Refinería	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LXSXEW	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
Servicios	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Desalinización e impulsión	0,00	0,01	0,09	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.3.3. Proyección consumo esperado, SIC – según estado

De esta proyección se destaca que las operaciones vigentes en el SIC irán disminuyendo su consumo de electricidad desde 8,2 TWh en el año 2013 a 7,7 TWh el 2025, lo que implicaría un decaimiento en la demanda de electricidad por parte de las operaciones actuales a una tasa anual promedio negativa de 0,9%.

Por otra parte los proyectos que a la fecha se encuentran en estado de factibilidad representan el 40,1% del consumo de electricidad que la minería del cobre demandará el año 2025.

Figura 17: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SIC

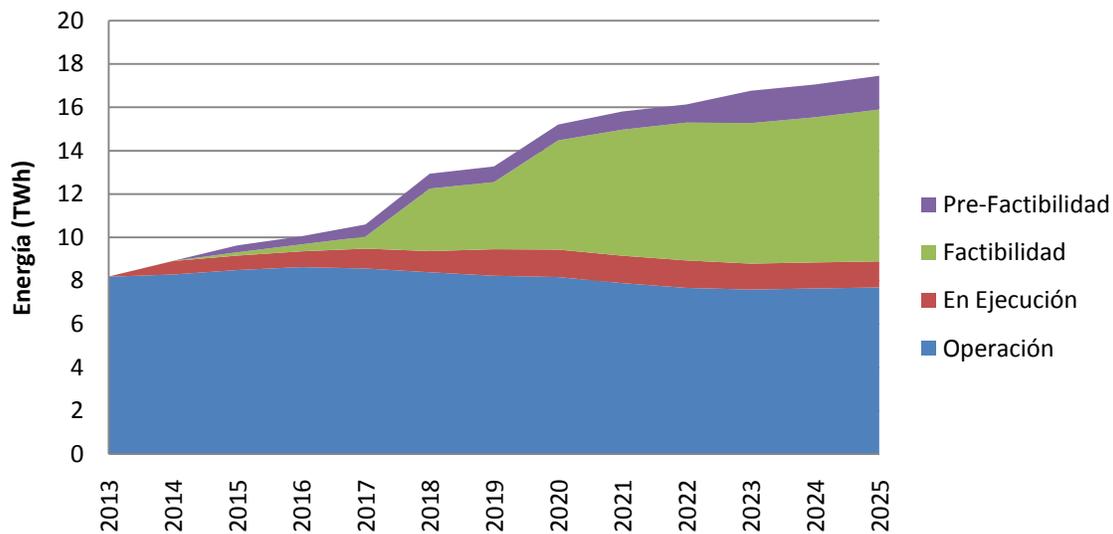


Tabla 37: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	8,19	8,29	8,50	8,63	8,57	8,39	8,23	8,17	7,89	7,67	7,60	7,65	7,69
En Ejecución	0,01	0,62	0,67	0,73	0,92	0,98	1,22	1,27	1,26	1,27	1,20	1,20	1,20
Factibilidad	0,00	0,01	0,15	0,32	0,56	2,88	3,10	5,04	5,82	6,36	6,48	6,70	7,00
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,32	0,37	0,56	0,69	0,72	0,73	0,84	0,84	1,49	1,51	1,56

Fuente: Cochilco

Tabla 38: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	0,49	0,49	0,30	0,31	0,29	0,30	0,30	0,30	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26
En Ejecución	0,00	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Factibilidad	0,00	0,00	0,03	0,05	0,08	0,44	0,46	0,75	0,88	0,94	0,96	0,94	1,01
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,08	0,08	0,10	0,12	0,12	0,12	0,15	0,15	0,30	0,31	0,33

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.3.4. Proyección consumo esperado, SIC – según condición

Se puede apreciar que el consumo de electricidad por parte de las operaciones y proyectos en condición base, que son las operaciones actuales y los proyectos en ejecución, sufre una leve alza a lo largo de la proyección, yendo de 8,2 TWh el año 2013 a 8,9 TWh el 2025.

Figura 18: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SIC

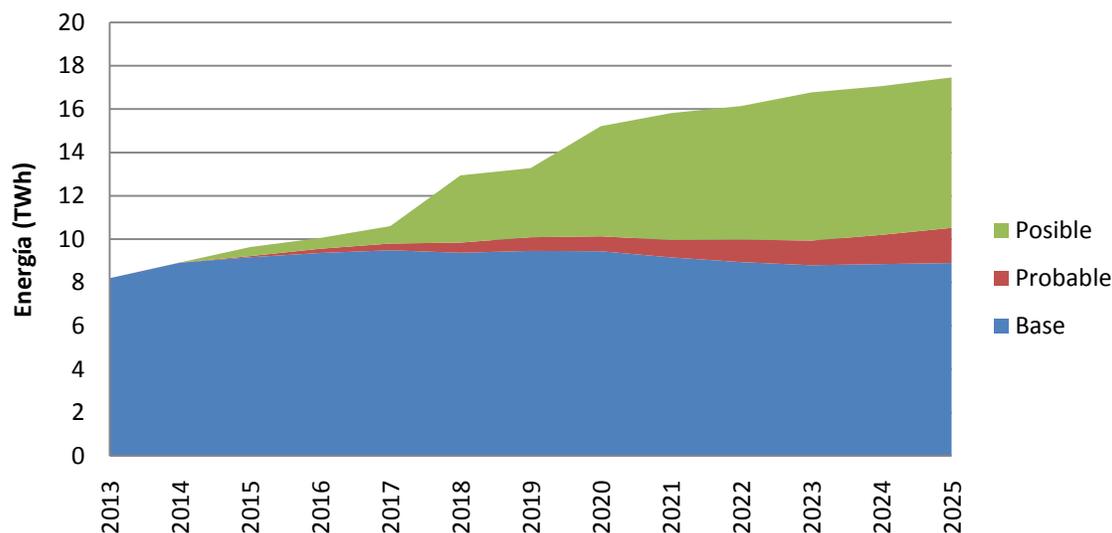


Tabla 39: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	8,20	8,91	9,16	9,36	9,48	9,37	9,46	9,44	9,16	8,94	8,79	8,85	8,90
Probable	0,00	0,01	0,05	0,20	0,31	0,47	0,63	0,69	0,80	1,04	1,14	1,35	1,62
Posible	0,00	0,00	0,42	0,50	0,80	3,10	3,19	5,08	5,85	6,16	6,83	6,86	6,94

Fuente: Cochilco

Tabla 40: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	0,49	0,54	0,35	0,36	0,35	0,36	0,37	0,37	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32
Probable	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08	0,11	0,11	0,13	0,17
Posible	0,00	0,00	0,10	0,10	0,15	0,51	0,52	0,80	0,95	0,98	1,15	1,12	1,17

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.3.5. Proyección consumo esperado, SIC – según escala de producción

La gran minería del cobre en el SIC consumirá 13,8 TWh el año 2025, descomponiéndose en 9,3 TWh por parte de las empresas privadas y 4,5 TWh por las empresas estatales, lo que representa un 53,1% y 26,0% de la demanda de electricidad en el SING por parte de la minería del cobre respectivamente.

Figura 19: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC

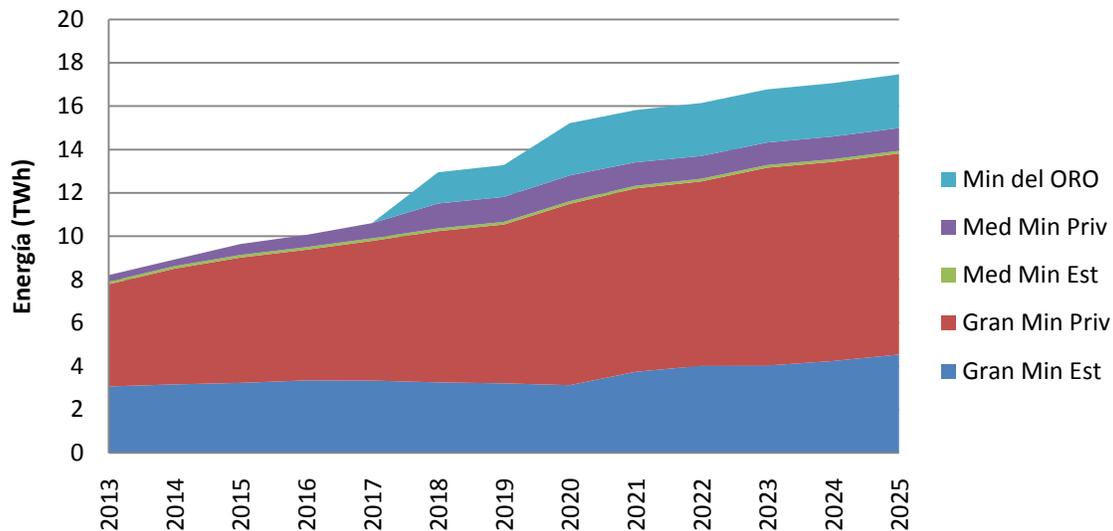


Tabla 41: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	3,06	3,16	3,23	3,34	3,33	3,25	3,20	3,12	3,74	4,01	4,03	4,24	4,53
Gran min. privada	4,71	5,34	5,78	6,03	6,44	6,98	7,33	8,36	8,46	8,51	9,13	9,19	9,27
Med. min. estatal	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13
Med. min. privada	0,30	0,30	0,50	0,56	0,70	1,15	1,15	1,19	1,08	1,05	1,04	1,04	1,05
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	1,47	2,41	2,41	2,45	2,45	2,46	2,48

Fuente: Cochilco

Tabla 42: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	0,17	0,17	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,26	0,31	0,32	0,32	0,37
Gran min. privada	0,30	0,35	0,28	0,30	0,33	0,38	0,40	0,56	0,57	0,57	0,72	0,72	0,74
Med. min. estatal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Med. min. privada	0,02	0,02	0,06	0,07	0,08	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,23	0,37	0,39	0,38	0,39	0,37	0,39

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 3.3.6. Proyección consumo esperado, SIC – según tipo de proyecto

Las operaciones vigentes mantienen relativamente estable su consumo, el cual va de 8,2 TWh el año 2013 a 7,7 TWh el 2025, como se ve en la figura 20. Por otra parte los proyectos nuevos aumentan a lo largo de la proyección, llegando a consumir en el año 2025 6,3 TWh, lo que equivale al 36,2% de la electricidad consumida por la minería del cobre en el SING en dicho año.

Figura 20: Proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC

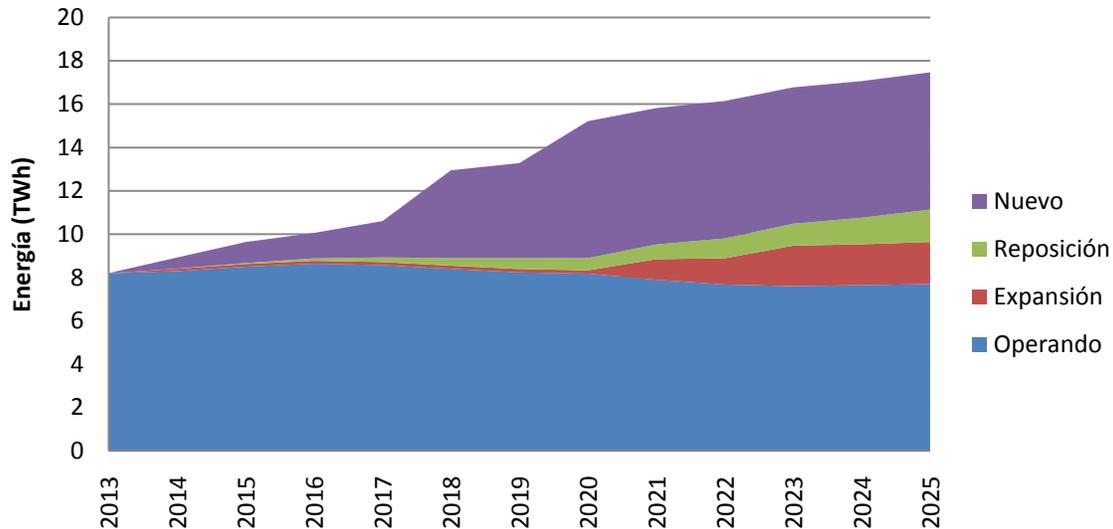


Tabla 43: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	8,19	8,29	8,50	8,63	8,57	8,39	8,23	8,17	7,89	7,67	7,60	7,65	7,69
Expansión	0,00	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,95	1,21	1,87	1,88	1,94
Reposición	0,00	0,01	0,04	0,12	0,21	0,35	0,51	0,56	0,68	0,91	1,02	1,22	1,50
Nuevo	0,01	0,51	0,97	1,17	1,68	4,05	4,38	6,32	6,29	6,34	6,29	6,30	6,33

Fuente: Cochilco

Tabla 44: Desviación estándar del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	0,49	0,49	0,30	0,31	0,29	0,30	0,30	0,30	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26
Expansión	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,18	0,34	0,34	0,37
Reposición	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,10	0,12	0,15
Nuevo	0,00	0,05	0,14	0,16	0,22	0,57	0,58	0,87	0,87	0,87	0,88	0,86	0,88

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 4. Proyección del consumo máximo de energía eléctrica

Esta proyección toma como supuesto que todos los proyectos de la cartera de proyectos entran en operación en las fechas estipuladas y en las magnitudes operacionales previstas actualmente. Su construcción se basa en los datos utilizados para la construcción del escenario máximo, según lo señalado en la metodología.<sup>7</sup>

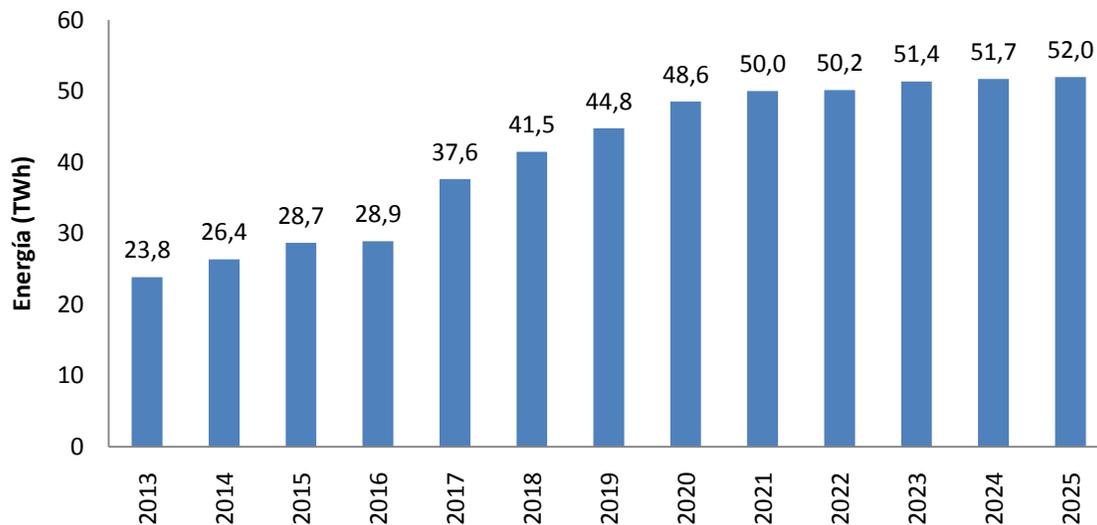
Aunque esta perspectiva es poco probable, COCHILCO estima pertinente mostrarla pues entrega una cota superior para el consumo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre.

#### 4.1. Proyección consumo máximo - País

##### 4.1.1. Proyección consumo máximo, país - Total

El consumo máximo de energía por parte de la minería del cobre va desde 23,8 en el año 2013 a 52,0 TWh para el año 2025, esto se traduce en un aumento de 118,1% con respecto al valor del año 2013.

Figura 21: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - País



Esta proyección tiene una tasa anual promedio de crecimiento correspondiente a un 7,4%.

<sup>7</sup> Ver punto “2.3 Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre” de este informe

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

## 4.1.2. Proyección consumo máximo, país – por proceso

Figura 22: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - País

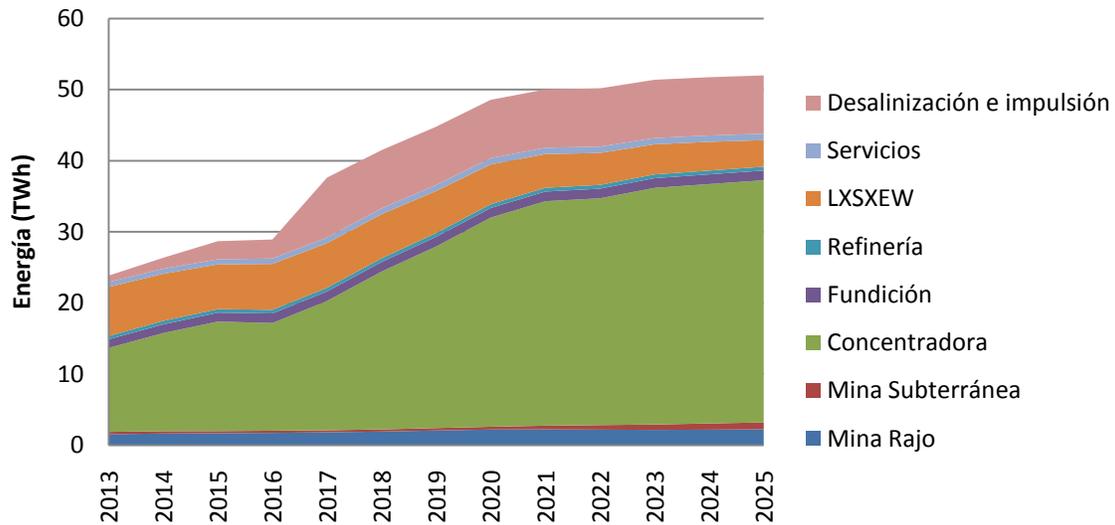


Tabla 45: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	1,55	1,64	1,68	1,73	1,81	1,92	2,07	2,20	2,23	2,19	2,15	2,19	2,24
Mina Subterránea	0,32	0,33	0,30	0,30	0,29	0,30	0,35	0,39	0,52	0,64	0,76	0,87	0,96
Concentradora	11,81	13,79	15,39	15,14	18,18	22,19	25,53	29,41	31,56	31,88	33,27	33,66	34,05
Fundición	1,21	1,22	1,26	1,34	1,33	1,33	1,35	1,35	1,35	1,36	1,36	1,36	1,36
Refinería	0,46	0,51	0,51	0,51	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54
LXSXEW	6,89	6,61	6,28	6,46	6,28	6,21	5,93	5,59	4,74	4,49	4,23	4,03	3,73
Servicios	0,69	0,71	0,73	0,76	0,77	0,81	0,84	0,90	0,89	0,90	0,89	0,90	0,91
Desalinización e impulsión	0,91	1,54	2,54	2,68	8,44	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 4.1.3. Proyección consumo máximo, país – según estado de avance

Figura 23: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País

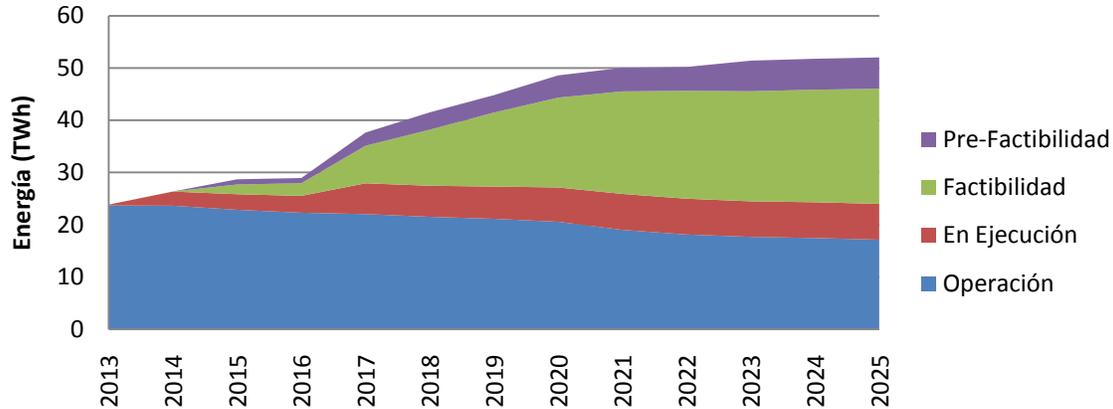


Tabla 46: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - País, 2013-2025 (TWh)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	23,68	23,62	22,85	22,29	22,02	21,51	21,13	20,56	19,01	18,13	17,68	17,45	17,14
En Ejecución	0,16	2,72	2,98	3,23	5,90	5,95	6,17	6,57	6,88	6,85	6,80	6,84	6,85
Factibilidad	0,00	0,01	1,86	2,42	7,17	10,71	14,16	17,18	19,61	20,63	21,05	21,53	22,03
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	1,00	1,00	2,52	3,32	3,33	4,26	4,52	4,57	5,85	5,92	5,97

Fuente: Cochilco

### 4.1.4. Proyección consumo máximo, país – según condición

Figura 24: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por condición - País

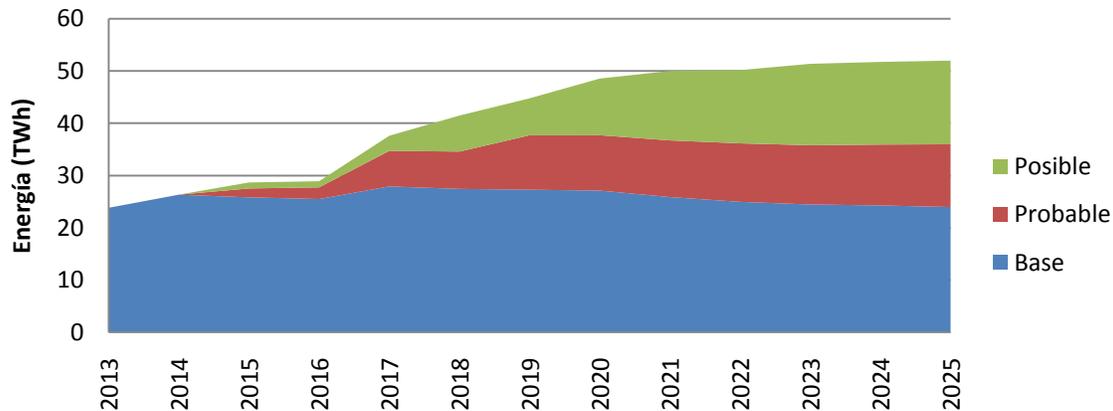


Tabla 47: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - País, 2013-2025 (TWh)

Condición	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	23,84	26,34	25,84	25,51	27,92	27,45	27,29	27,13	25,89	24,98	24,47	24,29	23,99
Probable	0,00	0,01	1,70	2,24	6,81	7,14	10,41	10,59	10,84	11,19	11,33	11,64	12,00
Posible	0,00	0,00	1,15	1,17	2,89	6,89	7,08	10,84	13,29	14,01	15,58	15,81	16,01

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 4.1.5. Proyección consumo máximo, país - según escala de producción

Figura 25: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País

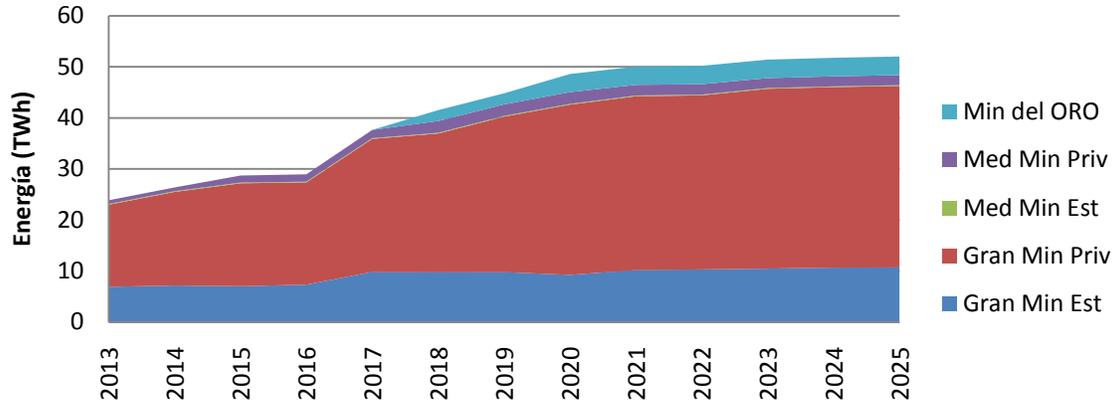


Tabla 48: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - País, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	6,91	7,16	7,03	7,33	9,81	9,74	9,78	9,24	10,18	10,32	10,47	10,67	10,70
Gran min. privada	16,06	18,32	20,14	20,01	26,05	27,17	30,43	33,32	34,03	34,07	35,19	35,33	35,53
Med. min. estatal	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
Med. min. privada	0,73	0,73	1,38	1,44	1,62	2,31	2,26	2,31	2,09	2,04	1,96	1,96	1,97
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,12	2,16	3,54	3,58	3,61	3,62	3,63	3,64

Fuente: Cochilco

### 4.1.6. Proyección consumo máximo, país - según tipo de proyecto

Figura 26: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País

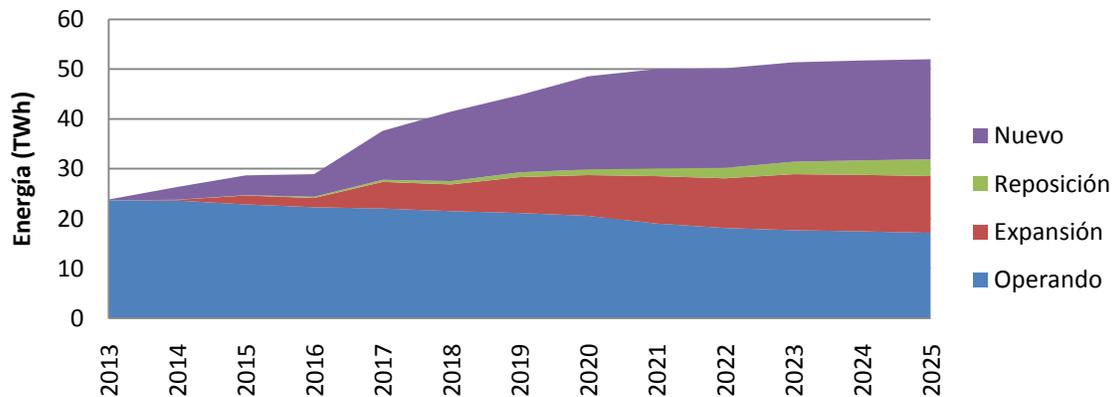


Tabla 49: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - País, 2013-2025 (TWh)

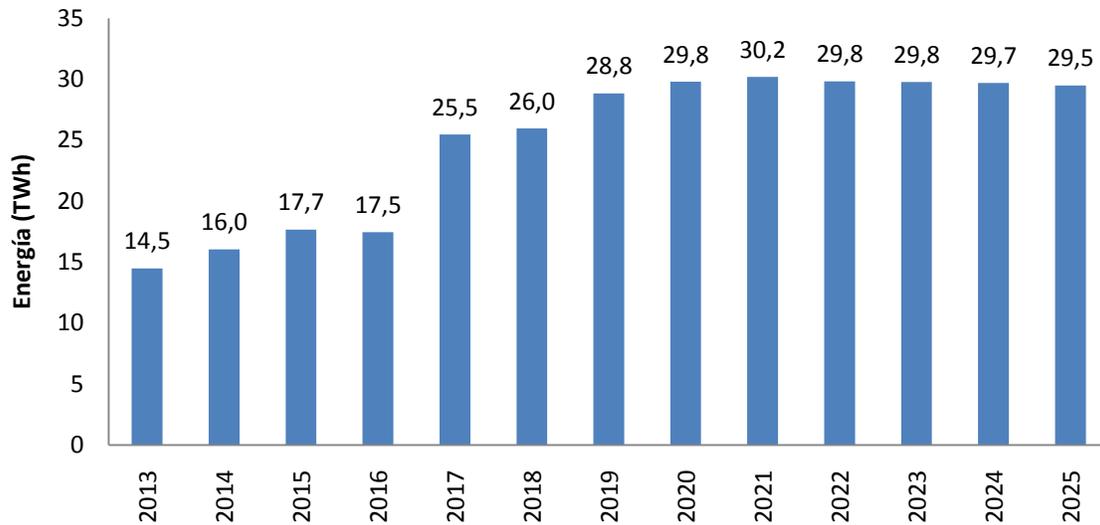
Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	23,68	23,62	22,85	22,29	22,02	21,51	21,13	20,56	19,01	18,13	17,68	17,45	17,14
Expansión	0,00	0,16	1,80	1,86	5,35	5,36	7,20	8,18	9,52	9,96	11,24	11,33	11,40
Reposición	0,00	0,01	0,06	0,25	0,41	0,67	0,97	1,13	1,56	2,10	2,50	2,91	3,36
Nuevo	0,16	2,56	3,98	4,54	9,83	13,94	15,49	18,69	19,93	19,99	19,96	20,04	20,09

Fuente: Cochilco

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025****4.2. Proyección consumo máximo - SING****4.2.1. Proyección consumo máximo, SING - Total**

El consumo máximo de energía por parte de la minería del cobre en el SING va desde 14,5 en el año 2013 a 29,5 TWh para el año 2025, esto se traduce en un aumento de 103,6% con respecto al valor del año 2013.

Figura 27: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre - SING



Esta proyección tiene una tasa anual promedio de crecimiento correspondiente a un 7,0%.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

## 4.2.2. Proyección consumo máximo, SING – por proceso

Figura 28: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos - SING

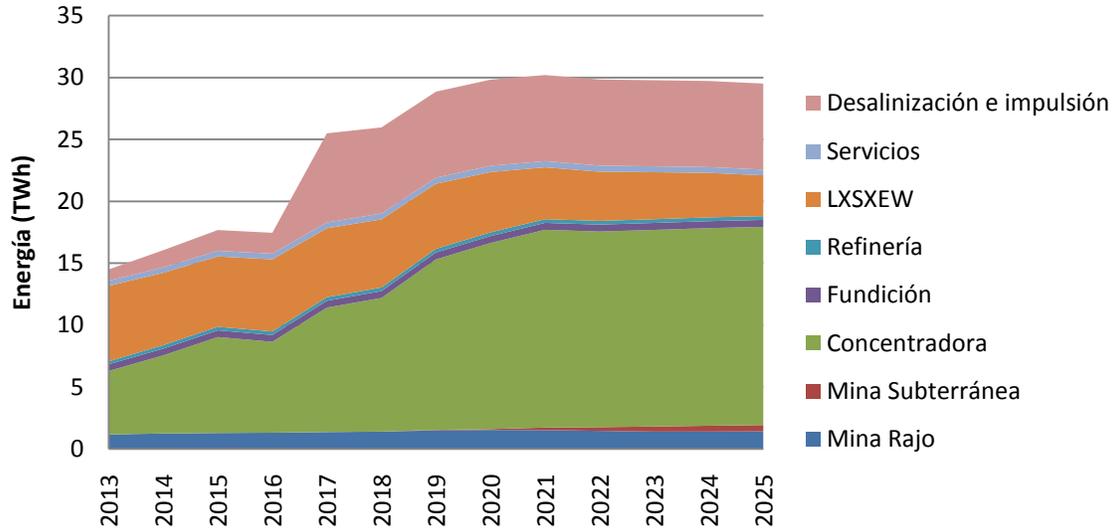


Tabla 50: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	1,18	1,25	1,29	1,31	1,37	1,40	1,50	1,54	1,53	1,46	1,41	1,41	1,43
Mina Subterránea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,20	0,30	0,41	0,47	0,51
Concentradora	5,12	6,31	7,74	7,34	10,05	10,79	13,77	15,02	15,97	15,79	15,88	15,96	16,00
Fundición	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Refinería	0,24	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
LXSXEW	6,09	5,84	5,68	5,82	5,56	5,50	5,25	4,87	4,19	3,97	3,79	3,59	3,30
Servicios	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,51	0,50	0,50	0,47	0,47	0,46
Desalinización e impulsión	0,91	1,39	1,68	1,68	7,20	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 4.2.3. Proyección consumo máximo, SING – según estado

Figura 29: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SING

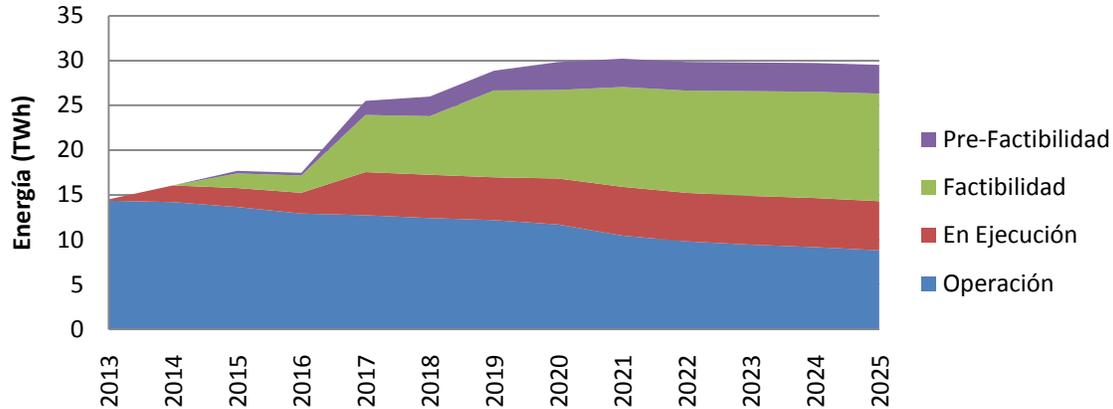


Tabla 51: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	14,34	14,19	13,64	12,91	12,72	12,41	12,18	11,69	10,45	9,81	9,44	9,16	8,81
En Ejecución	0,15	1,86	2,11	2,32	4,82	4,83	4,78	5,13	5,45	5,41	5,44	5,48	5,48
Factibilidad	0,00	0,00	1,63	1,93	6,37	6,54	9,69	9,88	11,14	11,41	11,70	11,86	12,00
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,29	0,29	1,57	2,19	2,20	3,12	3,16	3,20	3,20	3,21	3,21

Fuente: Cochilco

### 4.2.4. Proyección consumo máximo, SING – según condición

Figura 30: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SING

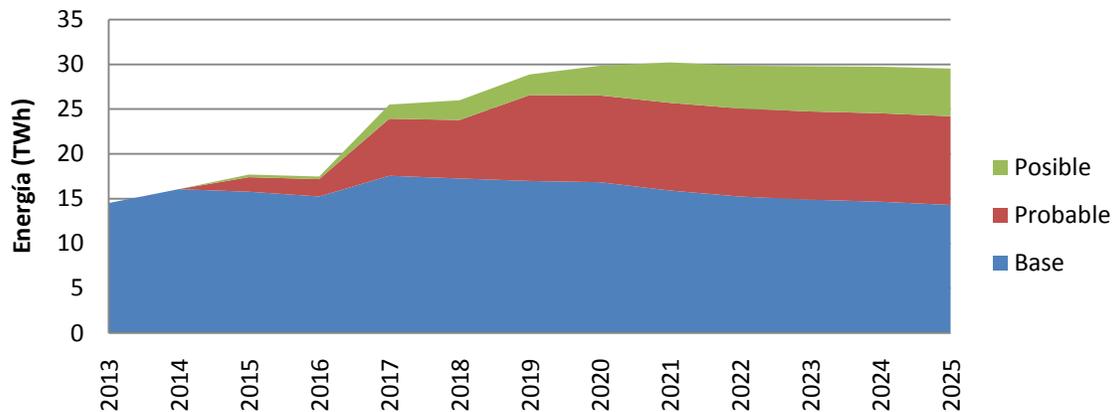


Tabla 52: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	14,49	16,05	15,76	15,23	17,54	17,24	16,96	16,82	15,89	15,22	14,87	14,64	14,29
Probable	0,00	0,00	1,63	1,93	6,37	6,52	9,58	9,69	9,79	9,83	9,84	9,87	9,90
Posible	0,00	0,00	0,29	0,29	1,57	2,21	2,31	3,31	4,51	4,78	5,05	5,20	5,32

Fuente: Cochilco

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

**4.2.5. Proyección consumo máximo, SING – según escala de producción**

Figura 31: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING

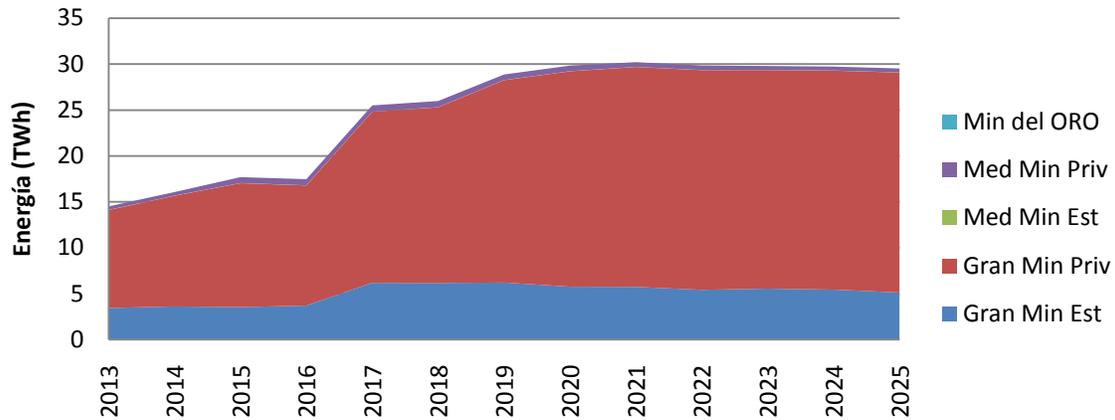


Tabla 53: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SING, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	3,43	3,60	3,53	3,69	6,17	6,16	6,20	5,75	5,73	5,41	5,54	5,43	5,12
Gran min. privada	10,66	12,05	13,49	13,07	18,63	19,12	22,03	23,45	23,94	23,91	23,79	23,84	23,95
Med. min. estatal	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Med. min. privada	0,39	0,39	0,65	0,67	0,67	0,67	0,60	0,61	0,52	0,50	0,43	0,43	0,43
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Cochilco

**4.2.6. Proyección consumo máximo, SING – según tipo de proyecto**

Figura 32: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING

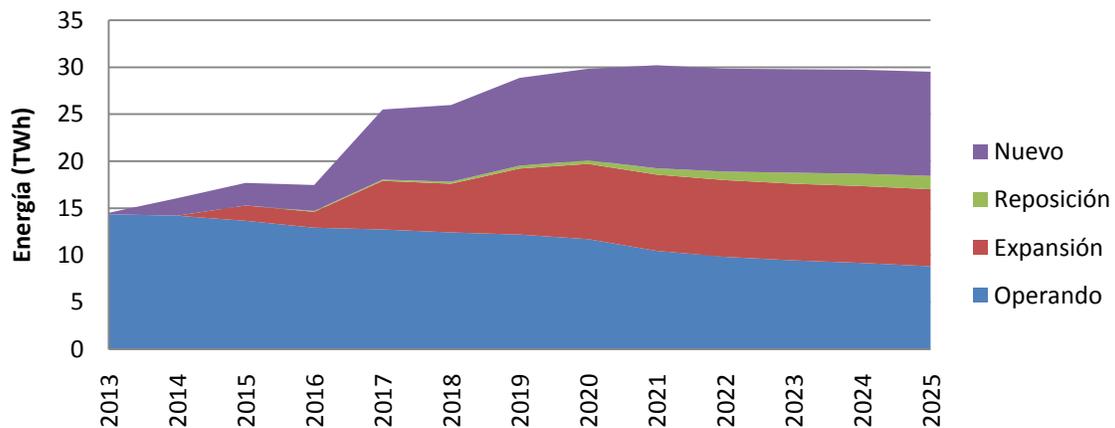


Tabla 54: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SING, 2013-2025 (TWh)

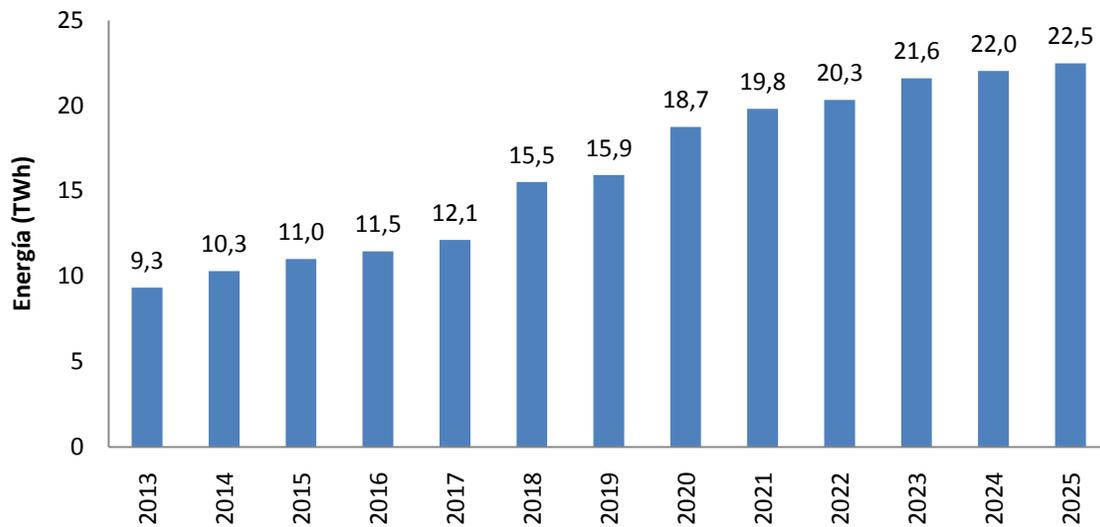
Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	14,34	14,19	13,64	12,91	12,72	12,41	12,18	11,69	10,45	9,81	9,44	9,16	8,81
Expansión	0,00	0,00	1,63	1,68	5,17	5,18	7,02	8,00	8,11	8,16	8,15	8,17	8,19
Reposición	0,00	0,00	0,00	0,10	0,13	0,21	0,30	0,39	0,67	0,90	1,17	1,31	1,42
Nuevo	0,15	1,86	2,40	2,76	7,45	8,17	9,35	9,73	10,96	10,95	11,01	11,06	11,08

Fuente: Cochilco

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025****4.3. Proyección consumo máximo - SIC****4.3.1. Proyección consumo máximo, SIC – Total**

El consumo máximo de energía por parte de la minería del cobre en el SIC va desde 9,3 TWh en el año 2013 a 22,5 TWh para el año 2025, esto se traduce en un aumento de 140,6% con respecto al valor del año 2013.

Figura 33: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre – SIC



Esta proyección tiene una tasa anual promedio de crecimiento correspondiente a un 8,4%.

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

## 4.3.2. Proyección consumo máximo, SIC – por proceso

Figura 34: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC

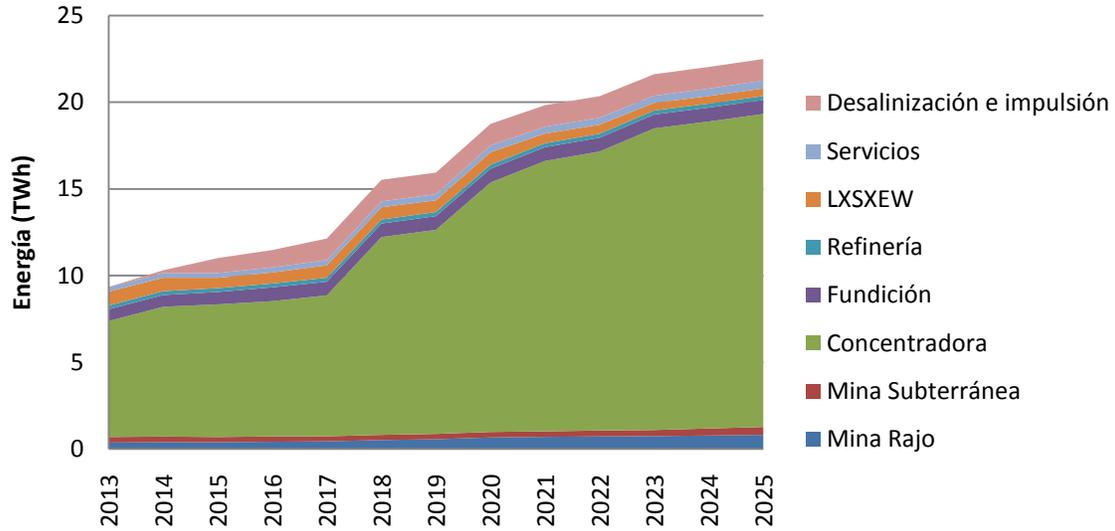


Tabla 55: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por procesos – SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mina Rajo	0,37	0,39	0,39	0,42	0,44	0,52	0,56	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78	0,81
Mina Subterránea	0,32	0,33	0,30	0,30	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,34	0,35	0,41	0,46
Concentradora	6,69	7,49	7,65	7,80	8,13	11,41	11,77	14,38	15,59	16,09	17,39	17,70	18,05
Fundición	0,68	0,68	0,71	0,80	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Refinería	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
LXSXEW	0,80	0,77	0,60	0,64	0,71	0,71	0,67	0,72	0,55	0,52	0,44	0,44	0,44
Servicios	0,27	0,27	0,28	0,29	0,30	0,34	0,35	0,39	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46
Desalinización e impulsión	0,00	0,16	0,86	1,00	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 4.3.3. Proyección consumo máximo, SIC – según estado

Figura 35: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance – SIC

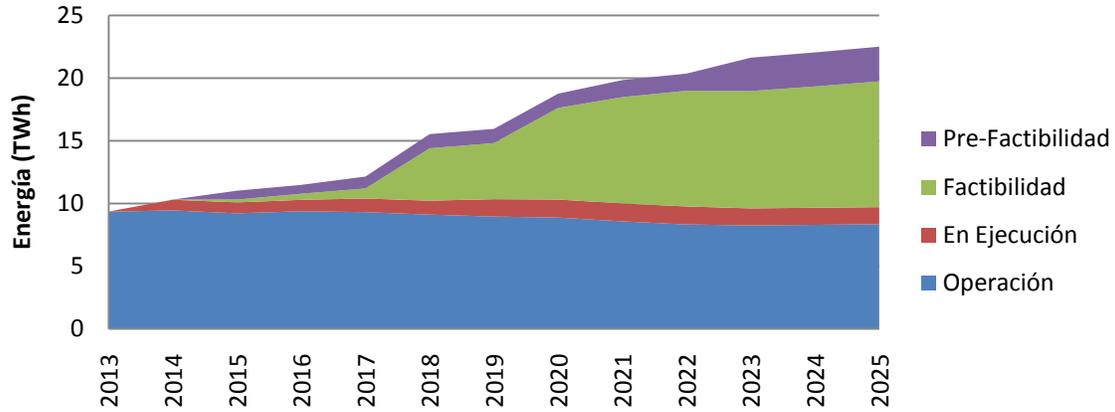


Tabla 56: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado de avance - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operación	9,34	9,44	9,21	9,37	9,30	9,10	8,95	8,87	8,56	8,32	8,24	8,29	8,33
En Ejecución	0,01	0,85	0,87	0,91	1,09	1,11	1,39	1,44	1,43	1,44	1,36	1,36	1,37
Factibilidad	0,00	0,01	0,23	0,49	0,80	4,18	4,47	7,30	8,47	9,22	9,35	9,67	10,03
Pre-Factibilidad	0,00	0,00	0,70	0,70	0,95	1,13	1,13	1,14	1,36	1,37	2,66	2,71	2,76

Fuente: Cochilco

### 4.3.4. Proyección consumo máximo, SIC – según condición

Figura 36: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición – SIC

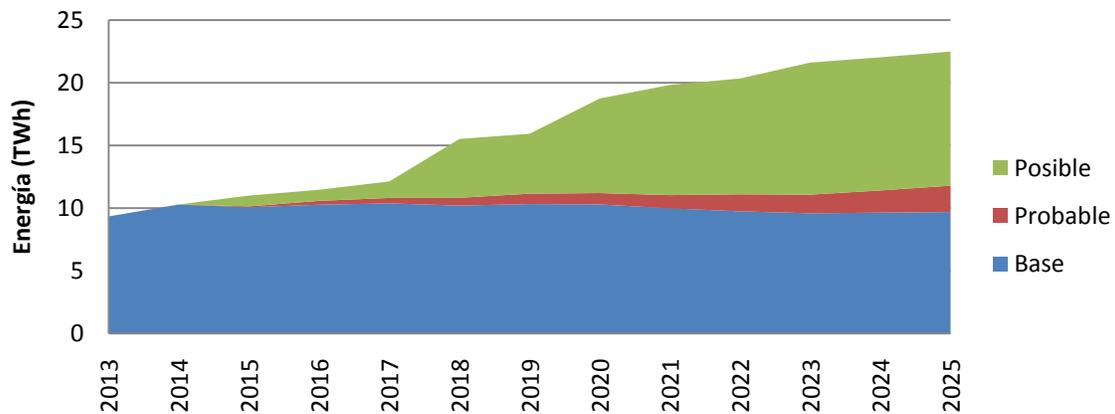


Tabla 57: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según condición - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Base	9,35	10,29	10,08	10,28	10,39	10,22	10,34	10,31	10,00	9,76	9,60	9,65	9,70
Probable	0,00	0,01	0,07	0,31	0,44	0,62	0,83	0,91	1,05	1,36	1,49	1,77	2,10
Posible	0,00	0,00	0,86	0,88	1,31	4,68	4,77	7,54	8,78	9,23	10,52	10,61	10,69

Fuente: Cochilco

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 4.3.5. Proyección consumo máximo, SIC – según escala de producción

Figura 37: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC

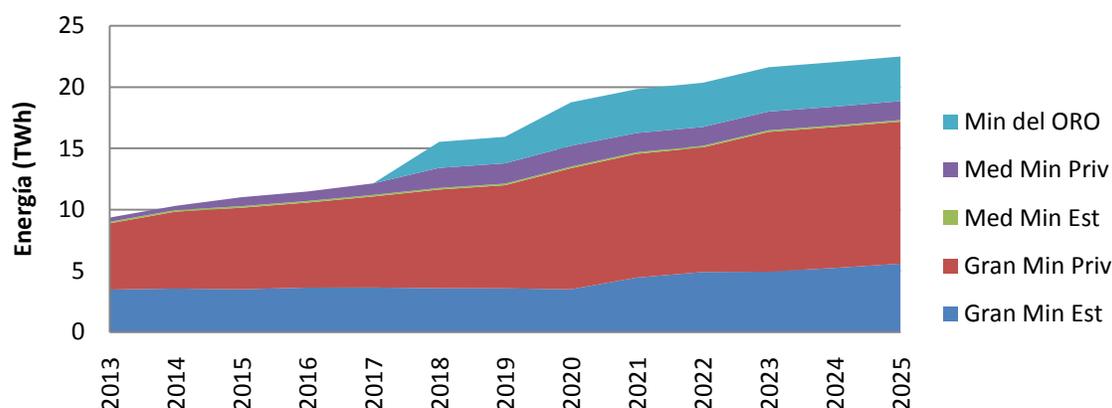


Tabla 58: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gran min. estatal	3,47	3,56	3,50	3,64	3,65	3,59	3,58	3,50	4,46	4,91	4,94	5,24	5,59
Gran min. privada	5,40	6,27	6,65	6,93	7,42	8,05	8,41	9,87	10,09	10,16	11,40	11,49	11,59
Med. min. estatal	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14
Med. min. privada	0,34	0,34	0,73	0,77	0,94	1,63	1,66	1,70	1,57	1,54	1,53	1,53	1,54
Min. del oro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,12	2,16	3,54	3,58	3,61	3,62	3,63	3,64

Fuente: Cochilco

### 4.3.6. Proyección consumo máximo, SIC – según tipo de proyecto

Figura 38: Proyección del consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC

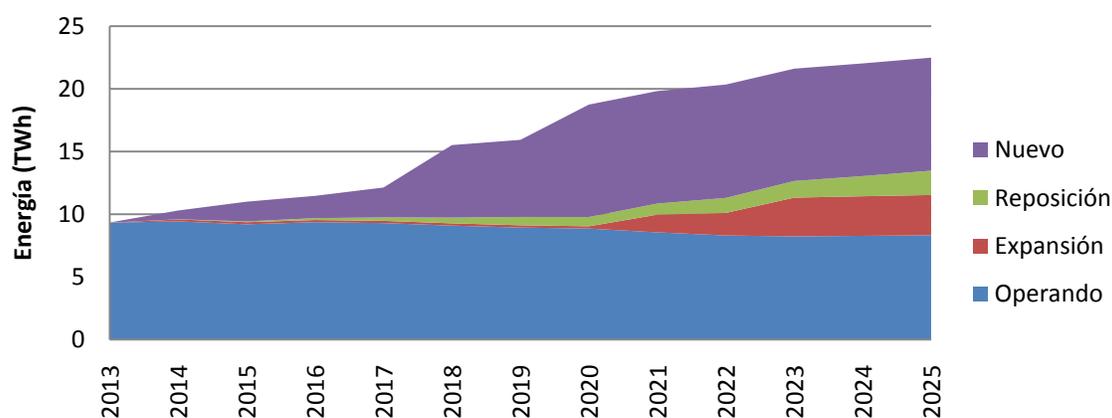


Tabla 59: Consumo máximo de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según tipo de proyecto - SIC, 2013-2025 (TWh)

Procesos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Operando	9,34	9,44	9,21	9,37	9,30	9,10	8,95	8,87	8,56	8,32	8,24	8,29	8,33
Expansión	0,00	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	1,41	1,80	3,09	3,16	3,21
Reposición	0,00	0,01	0,06	0,15	0,28	0,46	0,67	0,74	0,89	1,20	1,32	1,61	1,94
Nuevo	0,01	0,70	1,57	1,77	2,38	5,78	6,14	8,96	8,97	9,03	8,96	8,98	9,01

Fuente: Cochilco

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025****5. Tasas de crecimiento y variaciones al 2021**

Debido a que el catastro de proyectos 2013 publicado por Cochilco considera proyectos que entran en operación hasta el 2021, en el presente capítulo se muestra las tasas de crecimiento, participaciones porcentuales y variaciones porcentuales hasta dicho año.

Los resultados siguen la misma estructura que se presentó en el capítulo 3.

**5.1. Proyección consumo esperado al 2021 – País****5.1.1. Proyección consumo esperado total país, al 2021**

**Tabla 60: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por sistema interconectado - 2013-2021 (TWh)**

Sistema Interconectado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SING (TWh)	12,8	13,9	15,5	15,5	20,4	21,0	23,5	24,3	24,3
SIC (TWh)	8,2	8,9	9,6	10,1	10,6	12,9	13,3	15,2	15,8
SING (%)	61%	61%	62%	61%	66%	62%	64%	62%	61%
SIC (%)	39%	39%	38%	39%	34%	38%	36%	38%	39%

**Tabla 61: Tasa anual del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre y su variación porcentual, por sistema interconectado y a nivel país - 2013-2021 (%)**

Sistema Interconectado	Tasa anual crec. promedio (%)	Variación 2013-2021 (%)
SING	9,4	89,8
SIC	8,9	92,9
PAÍS	9,1	91,0

## Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025

### 5.1.2. Proyección consumo esperado, país – por proceso, al 2021

Tabla 62: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre y su tasa de crecimiento, por proceso minero - 2013-2021

Proceso	Tasa crecimiento anual prom.(%)	Consumo 2013 (TWh)	Consumo 2021 (TWh)	Δ Consumo 2013-2021 (TWh)
Mina Rajo	4,4%	1,32	1,84	0,52
Mina Subterránea	4,0%	0,27	0,40	0,13
Concentradora	12,2%	10,22	24,96	14,74
Fundición	1,5%	1,16	1,29	0,13
Refinería	1,5%	0,44	0,51	0,07
LXSXEW	-3,1%	6,24	4,46	-1,78
Servicios	0,7%	0,61	0,61	0,00
Desalinización e impulsión	35,5%	0,77	6,09	5,33
<b>Total</b>	<b>9,1%</b>	<b>21,0</b>	<b>40,15</b>	<b>19,13</b>

### 5.1.3. Proyección consumo esperado, país – según estado de avance, al 2021

Tabla 63: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado – 2013,2021

Estado	Consumo 2013 (TWh)	Consumo 2021 (TWh)	Δ Consumo 2013-2021 (TWh)
Operación	20,91	17,49	-3,42
En Ejecución	0,11	5,95	5,84
Factibilidad	0,00	14,23	14,23
Pre-Factibilidad	0,00	2,48	2,48
<b>Total</b>	<b>21,0</b>	<b>40,15</b>	<b>19,13</b>

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025****5.1.4. Proyección consumo esperado, país – según condición, al 2021****Tabla 64: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por condición – 2013,2021**

Condición	Consumo 2013 (TWh)	Consumo 2021 (TWh)	Δ Consumo 2013-2021 (TWh)
Base	21,02	23,44	2,42
Probable	0,00	8,31	8,31
Posible	0,00	8,40	8,40
<b>Total</b>	<b>21,0</b>	<b>40,2</b>	<b>19,1</b>

**5.1.5. Proyección consumo esperado, país – según escala de producción, al 2021****Tabla 65: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, según escala de producción – 2013,2021**

Tipo de Minería	Consumo 2013 (TWh)	Consumo 2021 (TWh)	Δ Consumo 2013-2021 (TWh)
Gran Min Est	6,11	8,44	2,33
Gran Min Priv	14,13	27,68	13,56
Med Min Est	0,13	0,13	0,00
Med Min Priv	0,65	1,48	0,83
Min del ORO	0,00	2,41	2,41
<b>Total</b>	<b>21,0</b>	<b>40,2</b>	<b>19,1</b>

**5.1.6. Proyección consumo esperado, país – según tipo de proyecto, al 2021****Tabla 66: Consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, por estado – 2013,2021**

Tipo de Proyecto	Consumo 2013 (TWh)	Consumo 2021 (TWh)	Δ Consumo 2013-2021 (TWh)
Operando	20,91	17,49	-3,42
Expansión	0,00	6,76	6,76
Reposición	0,00	1,15	1,15
Nuevo	0,11	14,75	14,64
<b>Total</b>	<b>21,0</b>	<b>40,2</b>	<b>19,1</b>

## 6. Comentarios finales

- El sector minero tiene aspectos estructurales que implican un creciente consumo de energía. Adicionalmente, la cartera de proyectos mineros incrementará la producción, por lo que el aumento en el consumo de electricidad es algo inevitable.
- Si bien el presente informe incluye proyecciones para un consumo esperado y un consumo máximo, la proyección del consumo esperado de energía eléctrica es la más relevante, ya que nos da una visión más realista de lo que puede acontecer en los próximos años, porque acoge la probabilidad que los proyectos no se desarrollen necesariamente en la fecha y magnitudes previstas actualmente. Entonces, la proyección de consumo máximo de energía eléctrica estima un límite en cuanto al consumo de electricidad por parte de la minería del cobre en Chile.
- El *consumo esperado* obtenido en el presente informe, conceptualmente considera la idea de que los proyectos de inversión normalmente presentan atrasos en su materialización y que los distintos procesos no operen a su máxima capacidad. Los resultados obtenidos tienen como supuesto que los proyectos mineros por lo general no se cancelan, sino que se aplazan de la fecha de ejecución propuesta inicialmente.
- Muchos son los motivos por los que los proyectos se pueden aplazar, entre ellos, el incremento en los costos capex y de operación y la tramitación de permisos ambientales y de construcción de infraestructura. Por otro lado es necesario considerar factores endógenos de las compañías, tales como competencia por el financiamiento entre sus varios proyectos, problemas de gestión, entre otros. También considera las complicaciones que coyunturalmente se pueden observar como consecuencia de la paralización de algunos proyectos eléctricos importantes.
- Es importante recalcar que la mayor parte de los proyectos que entrarán entre los años 2013 y 2025, corresponden a proyectos en donde se procesarán sulfuros de cobre, esto implica que la producción por parte de las plantas concentradoras aumentará y por ende el consumo de energía eléctrica también lo hará, ya que el proceso de concentración es intensivo en el uso de energía eléctrica. Es por esto que la concentración de cobre seguirá siendo la principal demandante de energía eléctrica, pasando de un 48,6% del consumo de energía eléctrica en el año 2013 a un 64,2% del consumo esperado para el año 2025.
- Por su parte, dada la declinación prevista para la producción de cátodos electro-obtenidos, el proceso hidrometalúrgico (LxSxEw) irá perdiendo participación en el consumo de electricidad al pasar de 6,2 TWh el año 2013 a 3,5 TWh el 2025. Esto se traduce en un 29,7% y 8,5% de participación en los años 2013 y 2025 respectivamente.
- En esta proyección se destaca el peso que irá teniendo en el tiempo la energía consumida por plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión llegando para el año 2025 a 6,2 TWh, lo que corresponde a un 15,0% del total de energía eléctrica requerida por la minería del cobre para ese año. Si bien la desalinización y los sistemas de impulsión no son procesos mineros propiamente tales, es importante tenerlos en consideración por la cantidad de energía que consumen y su directa relación con éstos.

**Proyección del consumo de energía eléctrica de la minería del cobre en Chile al 2025**

- Es interesante recalcar la energía demandada por proyectos nuevos, ya que éstos incluyen a aquellos proyectos *greenfield* que deben realizar completo el proceso de permisos ambientales y sectoriales, desarrollar infraestructura y asentarse en una localización. Ello implica que estas operaciones tienen por delante la contratación de energía para satisfacer su demanda de energía eléctrica. Los proyectos nuevos consumirían 14,9 TWh para el año 2025, lo que equivale a un 36,2% del consumo esperado de electricidad por parte de la minería del cobre. Es interesante resaltar que un 86% de estos proyectos parten de cero (*greenfield*), por lo que requerirían nuevos contratos para satisfacer su demanda de energía eléctrica.
- El gobierno ha implementado una Estrategia Nacional de Energía, la cual intenta definir una ruta para el largo plazo en lo que respecta a la generación energética. Proyectos como la carretera eléctrica, interconexión SIC-SING y la nueva ley de concesiones eléctricas, apuntan a facilitar la ejecución de proyectos de generación y estar preparados para las futuras demandas energéticas por parte de la minería y el resto del país.
- Esta proyección no incluye ahorros potenciales de consumo eléctrico como consecuencia de acciones de eficiencia energética que podrían implementar las compañías mineras, particularmente en sus nuevos proyectos.

## Anexo

La proyección del consumo esperado de energía eléctrica por parte de la minería del cobre, se realizó generando una simulación de Montecarlo, la cual tomó como base los tres escenarios de capacidad productiva descritos en la sección 2.2 del presente informe.

En base a estos tres escenarios se generó una distribución para la capacidad de producción. En la simulación se obtienen números aleatorios entre 0 y 1, los cuales se ingresan a la función de probabilidad acumulada asociada a la distribución generada previamente y se obtiene el valor del consumo de energía eléctrica asociado a ese número aleatorio. Este proceso se realiza en reiteradas ocasiones generando una nueva distribución, la cual corresponde al consumo de energía eléctrica.

Este método estocástico se efectuó para cada proceso minero de cada operación/proyecto y para cada año comprendido en la proyección. A cada una de estas distribuciones se le calcula el valor esperado, el cual representa el consumo medio de energía eléctrica.

Para tener una visión más formal del método de Montecarlo a continuación se explican los pasos y su funcionamiento:

1. Especificar las variables y objetivos del modelo.
2. Estimar una distribución de probabilidad que modele el comportamiento de las variables aleatorias no controladas del modelo.
3. Calcular las probabilidades acumuladas en base a las distribuciones del punto 2.
4. Generar un número aleatorio entre 0 y 1., con el fin de asociar una probabilidad entre 0 y 100%.
5. Vincular el número aleatorio con el consumo de energía cuya probabilidad acumulada sea menor o igual al número aleatorio obtenido. En otras palabras se busca encontrar la variable  $x$  de la siguiente función de distribución acumulada:

$$F(x) = P(\text{Consumo de energía} \leq x) = \text{número aleatorio}$$

6. Repetir el proceso un elevado número de veces, hasta obtener el nº deseado de valores muestrales.
7. Realizar con las variables obtenidas las operaciones especificadas en el modelo.
8. Analizar las funciones de distribución de las variables objetivo obtenidas con las operaciones indicadas, como herramienta para la toma de decisiones.

**Este trabajo fue elaborado por:**

**Jorge Zeballos Valenzuela**

**Directora de Estudios y Políticas Públicas:**

**María Cristina Betancour M.**

**NOVIEMBRE 2013**