



Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2018-2029

DEPP 21/2018

Registro Propiedad Intelectual

N° 298991

Resumen Ejecutivo

La proyección del consumo de agua en la minería se basa en aplicar a la proyección de producción de cobre de Cochilco, los respectivos coeficientes unitarios de consumo de agua para obtener la demanda futura de un determinado periodo. Además, se determina el consumo según fuente de origen en base a las distintas categorías de los proyectos, incluyendo los proyectos de desalinización e impulsión que existen en cartera.

La metodología para la realización del estudio se basó en los consumos unitarios de cada faena en cada proceso; los perfiles de producción máxima determinados a través del catastro de inversiones mineras, y la probabilidad de materialización de tal cartera en virtud de los antecedentes históricos.

La proyección de producción es el pilar que soporta a la proyección de consumo de agua, ya que determina el mineral procesado en concentrados y la producción de fino en concentrados junto con la producción de cobre fino en cátodos SxEw del 2018 al 2029. Cabe destacar el cambio de la matriz de producción, que en los próximos años se vuelca a los minerales de sulfuros, que deben ser procesados a través de flotación, proceso que es más intensivo en el uso de agua.

Este estudio busca calcular la proyección de demanda de agua continental y de mar por parte de la industria minera del cobre, y realizar un análisis detallado, considerando una visión por región, proceso, estado de avance, condición, estado de los permisos ambientales.



De acuerdo a los valores esperados obtenidos a través de una simulación de Montecarlo, se observa que de manera general, la estimación de consumo total de agua de origen continental esperada al 2029 alcanza los 14,53 m³/s, lo que representa un aumento de un 12% respecto al consumo esperado para el 2018. Para el caso del agua de mar se espera que alcance el 43% del agua total requerida en la industria minera del cobre, pues son cada vez más las mineras que se suman a la construcción de sus propias plantas desaladoras o agua de mar directa para enfrentar las limitaciones de agua, en la medida que esto sea factible tanto técnica como económicamente, alcanzando los 10,82 m³/s al 2029, lo que representa un aumento del 230% respecto al valor esperado para el 2018.



Índice

| | |
|---|-----------|
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1 Metodología | 4 |
| 1.1 Proyección de producción | 4 |
| 1.2 Coeficientes unitarios | 5 |
| 1.3 Generación de escenarios | 5 |
| 1.4 Cálculo del valor esperado..... | 8 |
| Capítulo 2 Valor esperado consumo de agua al 2029 | 10 |
| 2.1 Consumo de agua según origen..... | 12 |
| 2.2 Consumo de agua por región..... | 14 |
| 2.3 Consumo de agua según tipo de proceso..... | 16 |
| 2.4 Consumo de agua según condición de proyectos | 19 |
| 2.5 Consumo de agua según etapa de desarrollo | 21 |
| 2.6 Consumo de agua según estado de los permisos ambientales | 23 |
| Capítulo 3 Comentarios finales | 27 |
| Anexos | 30 |
| Anexo 1 Condiciones de materialización de un proyecto | 30 |
| Anexo 2 Etapas de desarrollo de un proyecto | 30 |
| Anexo 3 Categorías según tipo de proyecto minero | 31 |
| Anexo 4 Tabla consumo esperado total | 31 |
| Anexo 5 Tabla consumo esperado según fuente de origen | 31 |
| Anexo 6 Tabla consumo esperado por región..... | 32 |
| Anexo 7 Tabla consumo esperado según tipo de proceso | 33 |
| Anexo 8 Tabla consumo esperado según condición | 34 |
| Anexo 9 Tabla consumo esperado según etapa de desarrollo..... | 34 |
| Anexo 10 Tabla consumo esperado según estado de los permisos ambientales..... | 35 |



Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Escenarios de consumo de agua, periodo 2018-2029..... | 8 |
| Figura 2: Producción cobre mina 2017 y proyección período 2018-2029 | 10 |
| Figura 3: Producción de cobre 2017 y proyección esperada periodo 2018-2029, según producto | 11 |
| Figura 4: Proyección de consumo de agua total en la minería del cobre periodo 2018-2029..... | 11 |
| Figura 5: Proyección de consumo de agua total en la minería del cobre periodo 2018-2029, según origen12 | |
| Figura 6: Distribución porcentual del consumo de agua en la minería del cobre según origen, periodo 2018-2029 | 13 |
| Figura 7: Proyección de consumo de agua en la minería del cobre por región, periodo 2018-2029 | 14 |
| Figura 8: Diagrama general de procesos de la minería del cobre | 16 |
| Figura 9: Consumo de agua en la minería del cobre según tipo de proceso, periodo 2018-2029..... | 18 |
| Figura 10: consumo de agua de mar según tipo de proceso en la minería del cobre, período 2018-20209 | 19 |
| Figura 11: Consumo de agua en la minería del cobre según condición de proyectos, período 2018-2029 . | 20 |
| Figura 12: Consumo de agua en la minería del cobre según etapa de desarrollo, periodo 2018-2029 | 22 |
| Figura 13: Consumo de agua en la minería del cobre según estado de los permisos ambientales, periodo 2018-2029 | 24 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Escenarios de materialización de proyectos | 7 |
| Tabla 2: Proyección de consumo de agua esperada periodo 2018-2029 en la minería del cobre..... | 12 |



Introducción

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen el plan de acción mundial en favor de la inclusión social, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico. Ellos comparten la creencia de que la industria de la minería dispone de una oportunidad sin precedentes de movilizar recursos humanos, físicos, tecnológicos y financieros considerables para avanzar hacia el logro de los ODS (Cartografía de la minería en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: un atlas, Julio 2016).

Al analizar las relaciones existentes entre la minería y los ODS, se busca alentar a las empresas mineras de cualquier tamaño a incorporar dichos objetivos en sus actividades y operaciones, a consolidar los esfuerzos en curso y a buscar nuevas ideas. El éxito también requerirá el establecimiento de una alianza sustancial y permanente entre los gobiernos, el sector privado, las comunidades y la sociedad civil, que permitan aprovechar el poder transformador de la colaboración y la asociación entre el sector de la minería y el resto de las partes interesadas¹.

Específicamente con respecto al agua, las actividades de la minería suelen tener consecuencias para la tierra, el agua, el clima, la flora y la fauna, así como para quienes dependen de estos recursos por lo tanto surge la oportunidad que la industria busque mitigar o evitar aquellos efectos, junto con aumentar la eficiencia en el uso de los recursos.

Si bien la actividad minera está relacionada con muchos de los ODS, al analizar específicamente el objetivo número seis que dice relación al agua limpia y el saneamiento, vemos que la minería puede actuar en distintos ámbitos (Cartografía de la minería en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: un atlas, Julio 2016).

- a) Integración en las actividades centrales:
 - Conservación y reciclado de agua
 - Reciclado o recuperación de metales de las aguas residuales
 - Reducción del consumo de agua
 - Utilización de fuentes alternativas de agua
 - Control de la calidad del agua
 - Control de las fuentes de agua, tanto las situadas en las proximidades de la mina como las ubicadas aguas abajo.
 - Participación comunitaria en la difusión y el seguimiento público de los datos relacionados con el agua.

¹http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Sustainable%20Development/Extractives/Mapping_Mining_SDGs_An_Atlas_SP.pdf



- Gestión holística de los recursos hídricos
 - Armonización con las políticas gubernamentales de gestión de los recursos hídricos.
 - Integración de las cuestiones técnicas, sociales, económicas y políticas relacionadas con el agua.
 - Identificación de zonas hídricas de gran valor.
 - Mantenimiento de un balance hídrico equilibrado a largo plazo en los proyectos.
 - Incorporación de mecanismos de presentación y divulgación de información sobre recursos hídricos

- b) Colaboración y logro de un efecto multiplicador
 - Respaldo de planes e infraestructura de agua potable y saneamiento.
 - Definición clara de las responsabilidades de gestión de las cuencas hidrográficas.
 - Aprovechamiento común de las ventajas de las infraestructuras hídricas
 - Estudio de la posibilidad de concertar acuerdos de cofinanciación
 - Respaldo del desarrollo de la capacidad local para gestionar los recursos hídricos y las infraestructuras de saneamiento.

En Chile las principales operaciones mineras se encuentran principalmente desde la región Metropolitana al norte, precisamente la zona que presenta las situaciones de estrés hídrico más extremas. Es por ello que el agua es un recurso fundamental para el desarrollo, y se hace necesario establecer su debida extracción y uso en toda nación de manera sustentable, para evitar así que la escasez del recurso hídrico pueda inhibir el desarrollo del país.

Es en este contexto que este informe busca aportar, desde una mirada técnica, un antecedente útil para la planificación y toma de decisiones de las empresas consumidoras de agua, y de las autoridades públicas sectoriales.

Esta información constituye una señal para el mercado hídrico sobre el potencial de consumo que tiene uno de los sectores de más alto crecimiento e importancia económica para el país, como es la minería.

Las proyecciones de uso futuro se han realizado sobre supuestos que podrían denominarse inciertos, dado que la producción está sujeta a las decisiones de las empresas respecto a la viabilidad de los proyectos.

Se ha limitado el alcance de la proyección al consumo de agua de la minería del cobre existente entre las regiones de mayor presencia minera, es decir, entre Arica y Parinacota y O'Higgins, en un rango de tiempo 2018 al 2029.

El detalle de los resultados se entrega a nivel nacional, por región, según tipo de proceso para el tratamiento del mineral, según condición de los distintos proyectos u operaciones, por etapa de desarrollo y según el estado de avance de los permisos ambientales.



Capítulo 1: Metodología



Capítulo 1 Metodología

La metodología para estimar la proyección de consumo de agua en la minería del cobre en Chile para los próximos años conlleva la ejecución de cuatro etapas. (i) Actualización de la proyección de producción de cobre tanto en concentrados como en cobre fino en el período de tiempo de estudio, (ii) determinación del consumo unitario de agua por proceso y empresa minera, (iii) determinación de la probabilidad de ocurrencia de la proyección de producción, diferenciando un escenario máximo, más probable y mínimo, y (iv) con lo anterior, modelación de la proyección de consumo de agua esperado para el período determinado.

En primer lugar la proyección de producción, para esta etapa se utilizó el catastro de proyectos que elabora COCHILCO año a año con la información actualizada de las operaciones y nuevos proyectos al 2029, con lo que se estima la proyección de producción, tanto en concentrados como en cátodos SxEw y en fundición y refinería.

En segundo lugar se conocen los consumos unitarios de agua fresca de la industria minera del cobre, gracias a la encuesta realizada por COCHILCO anualmente directamente a las empresas. Con esta información se obtienen los coeficientes unitarios de consumo de agua continental por tonelada de mineral tratado para el caso de los concentrados, el consumo de agua continental por tonelada de cobre fino producido en el caso de los cátodos, consumo de agua continental utilizada en el área mina por tonelada de cobre fino producido, el consumo unitarios en fundición y refinería y en el ítem otros.

En tercer lugar en base a la información histórica sobre la materialización de los proyectos de inversión se determina la probabilidad de ocurrencia de producción prevista en las fechas presentadas, con lo que se crean tres escenarios de consumo de agua.

Finalmente estos escenarios se someten a un modelo a través de funciones de probabilidad y generación de escenarios de manera aleatoria.

1.1 Proyección de producción

Las operaciones vigentes y los proyectos de minería del cobre, incluida la producción de cobre de la minería de hierro y oro con cobre como coproducto, suministran el vector de producción para la proyección de demanda de agua, continental y de mar, en la minería del cobre.

La proyección de producción es el pilar que da soporte a la proyección de consumo de agua, ya que determina el mineral procesado en concentrados y la producción de fino en concentrados junto con la producción de cobre fino en cátodos SxEw del 2018 al 2029.



1.2 Coeficientes unitarios

El consumo unitario de agua continental se refiere a la cantidad de agua utilizada para procesar u obtener una unidad de materia prima o de producto. La tasa de consumo unitario es expresada en metros cúbicos de agua continental por cada tonelada.

En base a la información anual entregada por las distintas faenas productoras de cobre, se obtienen los consumos unitarios para las dos vías principales de procesamiento de mineral, a partir de las toneladas procesadas en el caso de las concentradoras y de cátodos electro-obtenidos en el caso de las plantas de hidrometalurgia.

Para establecer los coeficientes de las operaciones y proyectos se utilizaron los siguientes criterios:

- Para las faenas en operación se utiliza el coeficiente de consumo de agua continental reportado al 2017.
- Para proyectos de expansión se utiliza el mismo coeficiente que la operación madre o operaciones de análogas características.
- Para efectos de la proyección estos coeficientes se mantienen constantes.
- Para los nuevos proyectos se consideran coeficientes unitarios de operaciones similares, o el promedio de la industria.
- En el caso de agua de mar se establecen coeficientes similares a los de las operaciones actuales con agua de origen marino.
- Para los proyectos que tienen asociado el uso de agua de mar se rigen en base a las capacidades de las plantas y sistemas de impulsión.

1.3 Generación de escenarios

Dada la incertidumbre intrínseca de las operaciones mineras y de sus proyectos de inversión, se estima la probabilidad de que éstos alcancen su capacidad nominal esperada en las fechas tentativas.

Dado lo anterior, se construyen tres distintos escenarios, uno mínimo, en el cual se proponen condiciones para que se posterguen las decisiones de inversión de los proyectos y la producción se mantenga sin cambios. Otro escenario más probable, construido en base a la información histórica que cuenta COCHILCO, que reflejan la producción real versus la estimada desde el año 2005 y finalmente, un escenario máximo, en el cual las faenas y los proyectos alcanzan sus producciones estimadas en los plazos declarados.

- **Escenario de producción máxima:** 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 de producción más probable:** pondera los perfiles de producción de cobre esperado y reportado por las firmas mineras con valores menores a la unidad, ya que existe una alta probabilidad de que los proyectos sufran variaciones y no se lleven a cabo en la fecha y capacidad productiva estimada inicialmente. 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.
- **Escenario de producción mínima:** que ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable. Es, entonces, un escenario pesimista.

El valor del consumo de agua para un año t se calcula como se muestra en la ecuación (1):

$$\text{Consumo_Agua}_t = \sum_i E[f(X_{ijkt}; Y_{ijkt}; Z_{ijkt})] \quad (1)$$

Donde,

- i : Faena minera considerada.
- j : Tipo de producto final considerado.
- K : Condición/estado del proyecto minero considerado².
- t : Año considerado en el periodo de proyección.
- f : Distribución de probabilidad que describe el rango de valores que puede tomar el consumo de electricidad y la probabilidad asignada a cada valor de acuerdo a las variables de entrada.
- Z_{ijkt} : Corresponde a la producción máxima de cobre fino en la faena i , en el proceso j , de acuerdo a la condición/estado k del proyecto, en el año t . La unidad de medida es ktpa.
- Y_{ijkt} : Corresponde a la producción más probable de cobre fino en la faena i , en el proceso j , de acuerdo a la condición/estado k del proyecto, en el año t . La unidad de medida es ktpa.
- X_{ijkt} : Corresponde a la producción mínima de cobre fino en la faena i , en el proceso j , de acuerdo a la condición/estado k del proyecto, en el año t . La unidad de medida es ktpa.

Por otra parte, con respecto al ponderador para la capacidad de la operación o proyecto, éste depende del estado y condición del proyecto y del escenario que se estaba generando. En la tabla 1 se presentan los vectores de probabilidades utilizados según el escenario, estado y condición del proyecto. Los vectores fueron calculados en base a información histórica de los proyectos, obtenida

² Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.



de los catastros de proyectos históricos publicados por COCHILCO. Cabe señalar que para el caso de los proyectos el año 1 corresponde al año de puesta en marcha previsto en el catastro de proyectos de Cochilco 2018.

Tabla 1: Escenarios de materialización de proyectos

| Escenario Mínimo | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 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 | Año 14 |
| Potencial Prefactibilidad | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Potencial Factibilidad | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| Posible Factibilidad | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Probable | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Base | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 |

| Escenario Más Probable | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 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 | Año 14 |
| Potencial Prefactibilidad | 0,16 | 0,28 | 0,32 | 0,37 | 0,42 | 0,45 | 0,49 | 0,55 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,81 | 0,83 |
| Potencial Factibilidad | 0,32 | 0,37 | 0,42 | 0,45 | 0,49 | 0,55 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,81 | 0,83 | 0,84 | 0,84 |
| Posible Factibilidad | 0,49 | 0,55 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,80 | 0,81 | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,88 | 0,92 | 0,92 |
| Probable | 0,72 | 0,80 | 0,81 | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,88 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| Base | 0,84 | 0,85 | 0,88 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |

| Escenario Máximo | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 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 | Año 14 |
| Potencial Prefactibilidad | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Potencial Factibilidad | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Posible Factibilidad | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Probable | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Base | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Para el caso del escenario más probable la información lleva de manera implícita que un proyecto potencial en prefactibilidad tarda dos años en pasar a factibilidad, luego dos años a la categoría posible, luego otros tres años hasta probable y dos años de probable a base.

Para el caso del escenario mínimo, se consideró un mayor retraso en las decisiones de inversión para los proyectos en las categorías posibles y potencial, lo que si bien no elimina los proyectos, los deja con una menor probabilidad de materialización.

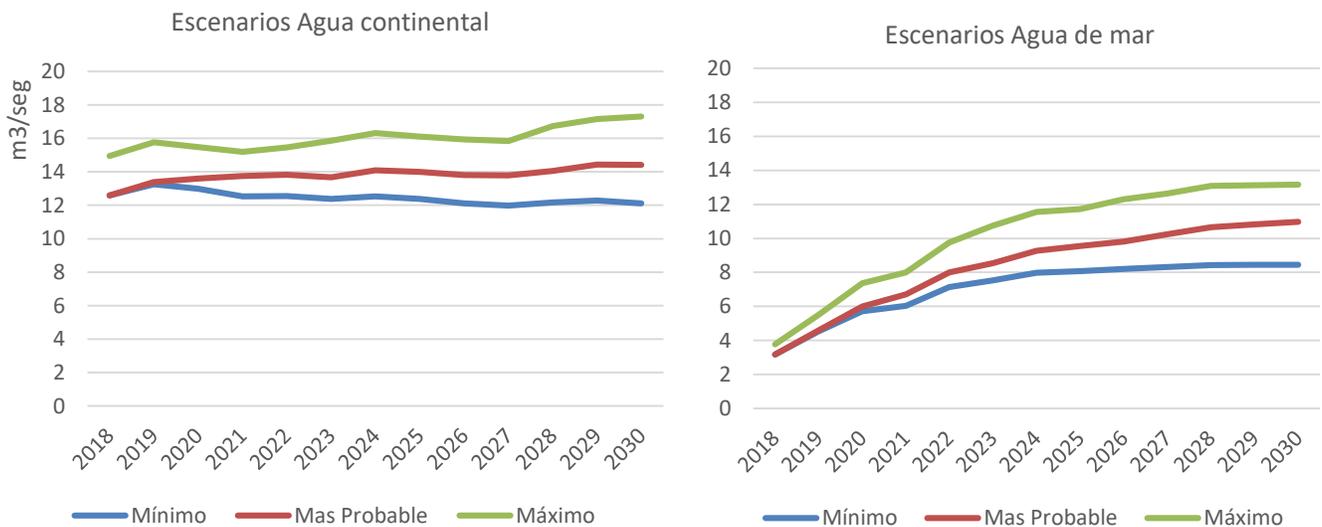


1.4 Cálculo del valor esperado

A partir de la generación de escenarios 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 calcula el estadístico valor esperado. Los valores esperados de cada una de las distribuciones obtenidas se sumaron para obtener el consumo esperado de agua.

Estos escenarios corresponden a los input de la simulación de Montecarlo, la cual la como resultado el vector de valor esperado.

Figura 1: Escenarios de consumo de agua, periodo 2018-2029



Fuente: Elaboración Cochilco



Capítulo 2:

Valor esperado consumo de agua al 2029

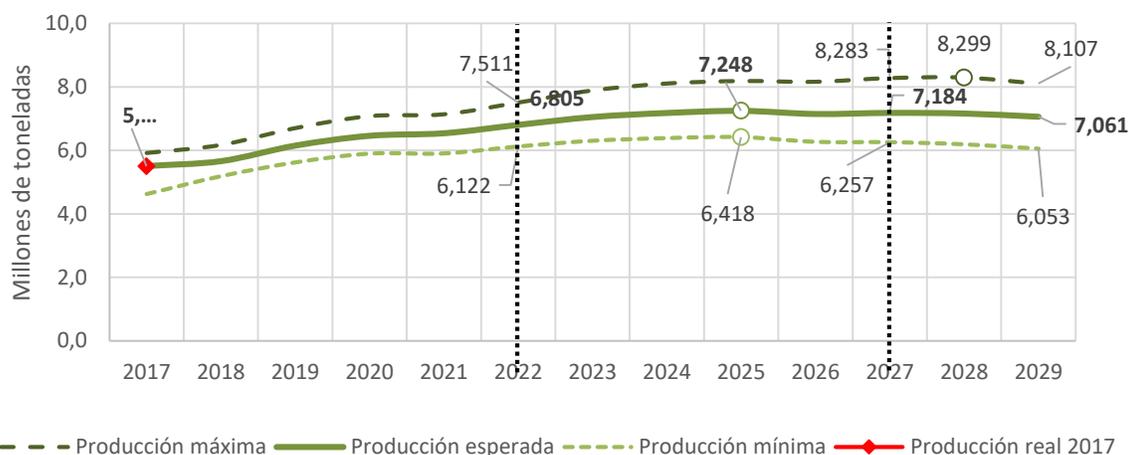


Capítulo 2 Valor esperado consumo de agua al 2029

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la simulación según la metodología descrita previamente. Estos resultados se muestran respecto a su origen, a nivel nacional, según región, por proceso, por condición de proyecto, por etapa de desarrollo y por el estado de los permisos ambientales.

Para analizar la tendencia del consumo de agua por parte de la minería del cobre es necesario comprender, en primer lugar, el comportamiento de la producción esperada de cobre. La proyección de producción esperada de cobre para los próximos diez años, basada en la condicionalidad de materialización de los proyectos incluidos en la cartera de inversiones 2018, muestra un incremento de 28,3% hacia el 2029 con respecto a la producción real de 2017, esto quiere decir que nuestro país alcanzaría una producción de cobre fino de 7,06 millones de toneladas al año 2029, con un *peak* en el año 2025 de 7,25 millones de toneladas.

Figura 2: Producción cobre mina 2017 y proyección período 2018-2029

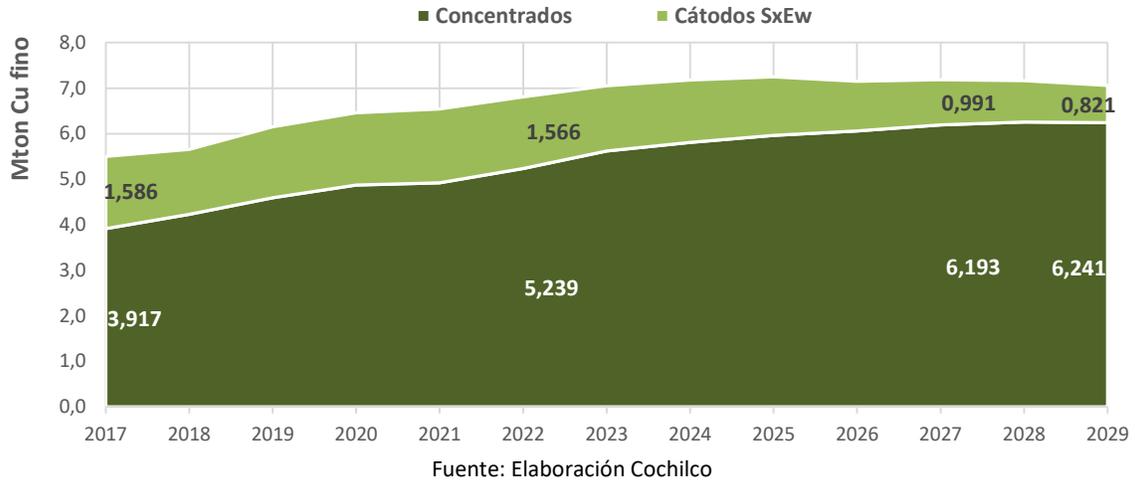


Fuente: Elaboración Cochilco

Al revisar la proyección nacional de producción de cobre por tipo de producto, esto es concentrados y cátodos SxW, se mantiene la percepción observada hace algunos años, donde la producción hidrometalúrgica cae mientras la producción de concentrados crece a un ritmo muy elevado. Es así como la producción hidrometalúrgica pasa de una participación de 28,8% de la producción total en 2017 a 11,6% hacia 2029, mientras que la producción de concentrados pasa de una participación del 71,2% al 88,4% en el mismo periodo, sin cambios sustanciales en líneas productivas de FURE. Debido al aumento de producción de concentrados, el procesamiento de minerales sulfurados en plantas concentradoras también se vería afectado. Si la producción de concentrados crece un 59,3% entre 2017 y 2029, en el mismo periodo, el procesamiento de mineral sulfurado en plantas concentradoras aumentaría en un 75% a una tasa de crecimiento anual del 4,4%, esto quiere decir que el mineral tratado en plantas concentradoras pasa de un total estimado de 574 millones de toneladas en 2017 a 1.004 millones de toneladas hacia el 2029.

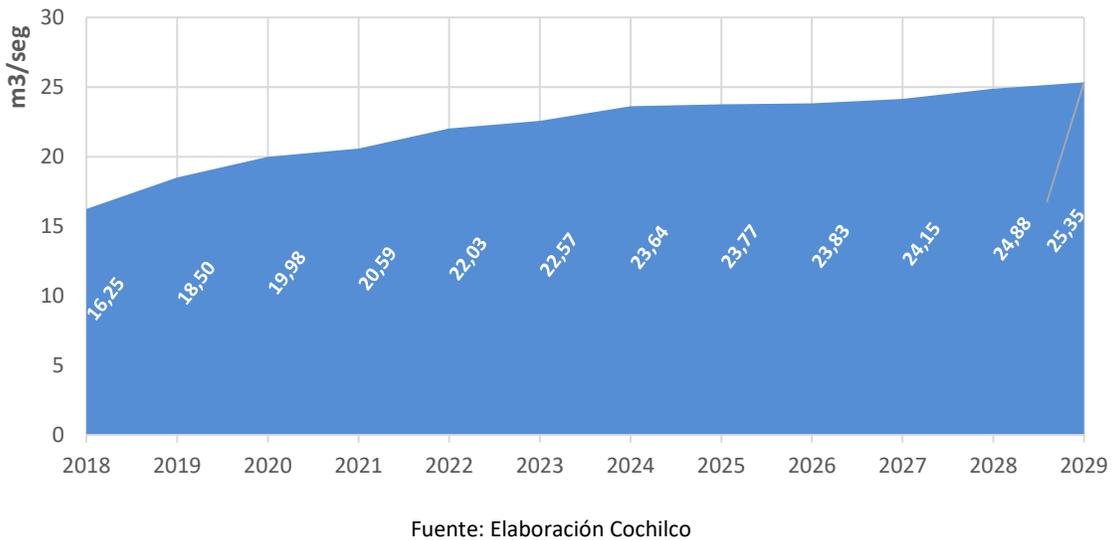


Figura 3: Producción de cobre 2017 y proyección esperada periodo 2018-2029, según producto



Al analizar la proyección de producción desde una perspectiva de los recursos hídricos vemos que en el periodo 2018-2029 la tasa promedio de crecimiento anual promedio de producción es de un 2,1%, mientras que para el consumo de agua total la tasa de crecimiento promedio anual es de 4,2%. Esto es reflejo, en parte, del cambio de la matriz de producción, que se vuelca a los minerales de sulfuros, que deben ser procesados a través de flotación, proceso mucho más intensivo en el uso de agua. Por otra parte la caída en las leyes de los minerales hace necesaria una mayor cantidad de agua para obtener una tonelada de cobre fino, ya que es necesario procesar una mayor cantidad de mineral. De este modo la proyección esperada de consumo de agua para los próximos años se detalla en la figura a continuación:

Figura 4: Proyección de consumo de agua total en la minería del cobre periodo 2018-2029



2.1 Consumo de agua según origen

Asociado a los conceptos de consumo de agua deben distinguirse aquellos referidos a agua de origen continental, también llamada agua fresca, y el agua de mar.

En primer lugar, la extracción de agua continental se refiere a las extracciones provenientes de aguas superficiales como aguas lluvias, escorrentías, embalses superficiales, lagos, ríos y aguas subterráneas, como las aguas alumbradas y acuíferos, y aguas adquiridas a terceros. En segundo lugar, el agua de mar se refiere a aquellas provenientes del mar, ya sean desalinizadas o utilizadas directamente en el proceso. Un mayor detalle de los términos se encuentra en el anexo 1.

Figura 5: Proyección de consumo de agua total en la minería del cobre periodo 2018-2029, según origen

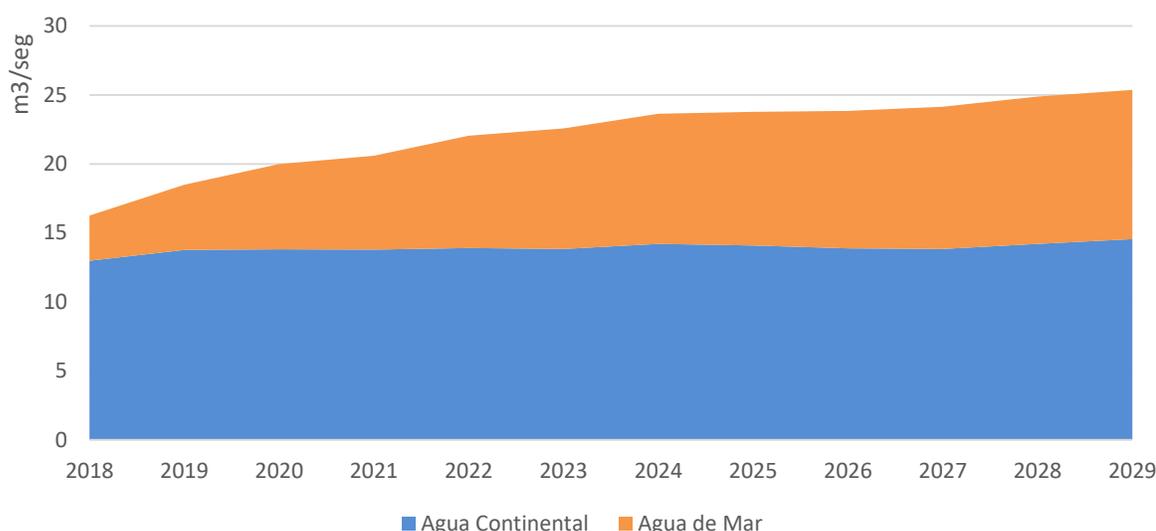


Tabla 2: Proyección de consumo de agua esperada periodo 2018-2029 en la minería del cobre

| (m³/seg) | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Agua Continental | 12,98 | 13,76 | 13,81 | 13,79 | 13,89 | 13,82 | 14,21 | 14,09 | 13,87 | 13,82 | 14,20 | 14,53 |
| Agua de Mar | 3,28 | 4,74 | 6,18 | 6,81 | 8,14 | 8,75 | 9,43 | 9,68 | 9,96 | 10,33 | 10,69 | 10,82 |
| TOTAL | 16,25 | 18,50 | 19,98 | 20,59 | 22,03 | 22,57 | 23,64 | 23,77 | 23,83 | 24,15 | 24,88 | 25,35 |

Fuente: Elaboración Cochilco



El agua de origen continental, es un recurso escaso, que no solo es considerado una limitante hidrológica, también se trata, cada vez en mayor grado, de un problema económico que podría restringir el desarrollo de la gran mayoría de las actividades industriales.

Es por ello que la gestión de los recursos hídricos es cada vez más importante en el desarrollo sustentable de la visión de largo plazo de las empresas.

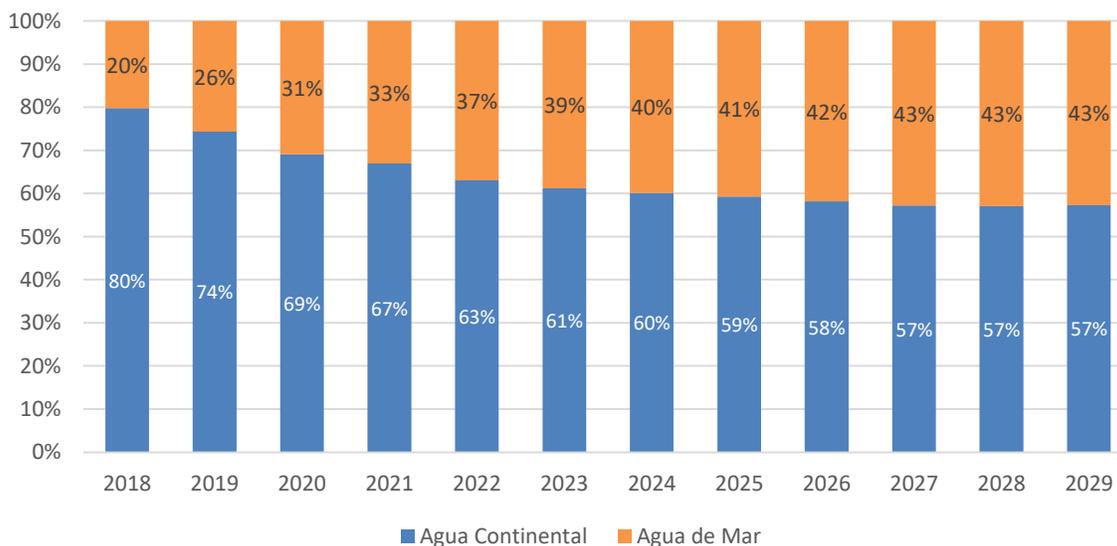
De manera general, la estimación de consumo de agua de origen continental esperada al 2029 alcanza los 14,53 m³/s, lo que representa un aumento de un 12% respecto al consumo esperado para el 2018.

Por su parte vemos que el uso de agua de mar en nuestro país tiene la posibilidad de ejecutarse a corto plazo y representa una alternativa para afrontar la limitación que este recurso trascendental significa para muchas zonas de Chile y para distintos sectores productivos, no solo el minero.

En el caso del agua de mar la situación es diferente al del agua continental, en la medida que el consumo de agua continental mantiene una tasa de crecimiento anual promedio cercana a un 1%, el agua de mar observa un crecimiento con una tasa promedio del 12,2% anual, alcanzando los 10,82 m³/s al 2029.

Se espera que al 2029 el consumo de agua de mar aumente sobre un 230% respecto al 2018. Al 2029 se espera que el agua de mar represente un 43% del agua requerida por la minería del cobre a nivel nacional, como se observa en la figura 6.

Figura 6: Distribución porcentual del consumo de agua en la minería del cobre según origen, periodo 2018-2029



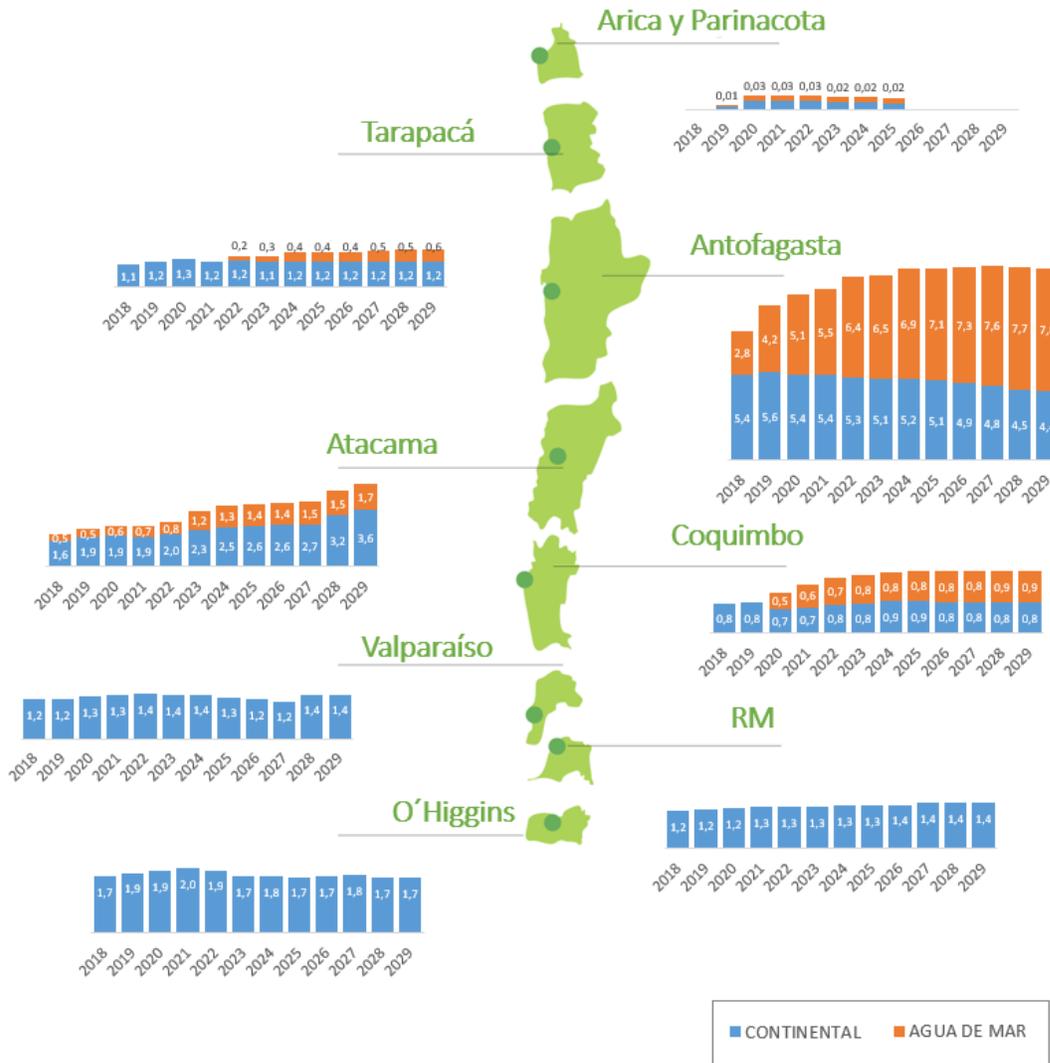
Fuente: Elaboración Cochilco



2.2 Consumo de agua por región

A nivel nacional la minería representa un 3% de los usos consuntivos del agua³, pero sus actividades muchas veces se ubican en las zonas secas o cuencas donde se encuentran las nacientes de las aguas. Por su ubicación en la zona centro y norte del país su incidencia regional y local puede ser mayor que la reflejada a escala nacional, es por ello que se analiza la situación a nivel regional.

Figura 7: Proyección de consumo de agua en la minería del cobre por región, periodo 2018-2029



Fuente: Elaboración Cochilco

³ <http://www.dga.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte4-17marzo2016b.pdf>



Desde el punto de vista del agua continental, vemos un decrecimiento en la participación de Antofagasta muy marcado, y lo contrario en el caso de Atacama, mientras las otras regiones se mantienen estables.

Ahora bien, al analizar el consumo de agua de mar por región se observa una fuerte participación de la región de Antofagasta, seguido en menor medida por la región de Atacama y Coquimbo y en menor proporción la región de Tarapacá.

En los próximos años el consumo de agua de mar tiene su mayor desarrollo en la región de Antofagasta, lo que permite una disminución en el uso de agua continental. En el caso de Antofagasta las operaciones que actualmente utilizan agua de mar son Escondida, Centinela, Antucoya, Michilla (actualmente cerrada), Mantos de la Luna, Las Cenizas Taltal, planta J.A. Moreno y Sierra Gorda. Por otra parte existen proyectos que planifican el uso de este recurso, entre los que se encuentran una posible nueva ampliación de la planta desalinizadora de Escondida, actualización de Esperanza y su posterior extensiones de red para abastecer el proyecto Encuentro, planta distrito norte de Codelco para abastecer las divisiones de Radomiro Tomic, Ministro Hales y Chuquicamata de manera progresiva, El Abra Mill Project y Spence Growth Project.

En referencia a la región de Coquimbo esta alcanza el 51% del agua de mar utilizada en la minería del cobre al año 2029, principalmente por el desarrollo de la ampliación de Los Pelambres, en el marco del proyecto INCO, entre otras cosas, el proyecto contempla instalar en la comuna de Los Vilos una planta desalinizadora de osmosis inversa, obras marinas de captación de agua de mar y descarga de salmuera, y un sistema de impulsión-conducción del agua desalinizada entre la estación de bombeo ubicada en las instalaciones industriales de Minera Los Pelambres en Puerto Punta Chungo y la estación de recirculación existente y operando en el área industrial El Mauro. La planta desalinizadora tendrá una capacidad de producción de 400 l/s de agua desalada de calidad industrial. Proyectándose su uso como respaldo en períodos de sequía. A esto se suma el proyecto de Andes Iron, Dominga, el cual también considera el uso de agua de mar para el procesamiento.

Para la región de Atacama el uso de agua de mar representa un alto porcentaje, el hecho de que ésta región atraviesa una severa sequía, hace que la región concentre parte de los proyectos mineros cuyo desarrollo plantea uso de agua de origen marino. Los principales proyectos que proponen el uso de agua de mar son la actual planta de Mantoverde y su futura expansión para el proyecto de desarrollo Mantoverde, Candelaria y su expansión Candelaria2030, Santo Domingo y el proyecto Diego de Almagro y este año se han sumado los proyectos Nueva Unión con sus fases 1, 2 y 3 y el proyecto de Hot Chili llamado Productora.

En el caso de Tarapacá, el diseño del proyecto Quebrada Blanca Hipógeno o fase 2 considera el uso de agua de mar desalinizada para su operación. Ésta será enviada por bombeo a la alta cordillera, a través de un acueducto, además, considera mecanismos de reutilización de agua, de manera de hacer su uso más eficiente.

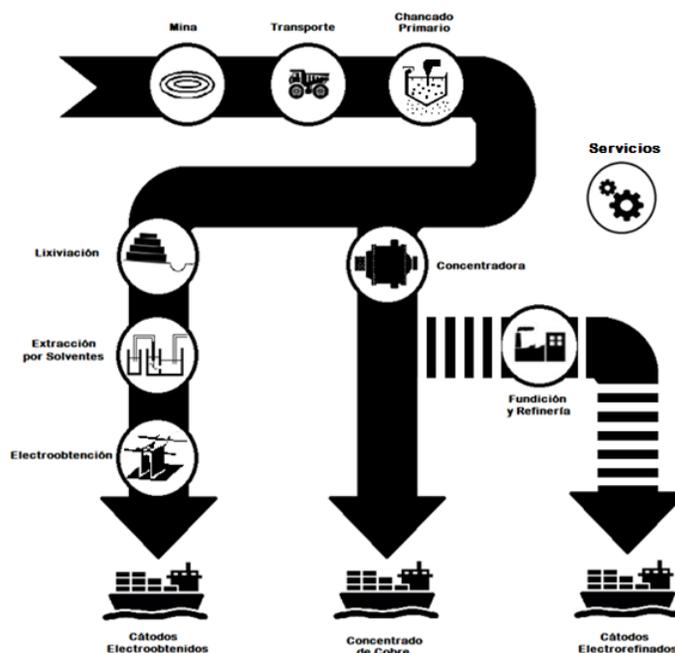


A nivel porcentual se espera que el uso de agua de mar a nivel regional para el 2029 sea de un 32% para la región de Tarapacá, un 64% para la región de Antofagasta, un 32% para Atacama y de un 51% para la región de Coquimbo.

2.3 Consumo de agua según tipo de proceso

La utilización de agua en el proceso minero es descrita brevemente en la siguiente figura. Para la estructuración de la información, se han considerado los distintos procesos involucrados en la producción de cobre en el país. Cada uno de estos puntos representa un centro de consumo de agua, unos más intensivos que otros, pero que a fin de cuentas requieren del recurso hídrico para realizar su tarea.

Figura 8: Diagrama general de procesos de la minería del cobre



En el caso del área mina este incluye la mina, ya sea a cielo abierto o subterránea y el transporte del material hasta el chancado primario. En esta área el agua es utilizada principalmente para la supresión de polvo en caminos, y en la extracción y bombeo desde labores subterráneas.

El área de planta concentradora comprende el procesamiento de minerales, el cual representa el mayor consumo de agua con respecto a los volúmenes totales. Esta área involucra la conminución del mineral, luego la flotación, clasificación y espesamiento. Según la distancia entre la concentradora y las instalaciones de filtrado y almacenaje, las aguas residuales pueden o no ser recirculadas al proceso. Una parte importante del agua que se utiliza en la flotación pasa a formar parte de los relaves, que se envían a la etapa de espesamiento para recuperar una parte del agua que contienen.



Por su parte, el área planta hidrometalúrgica considera los procesos de lixiviación en pilas, la extracción por solventes y la electro-obtención para la producción de cátodos. En este proceso los principales consumos de agua resultan como consecuencia de la evaporación de las pilas de lixiviación donde se vierte una solución ácida, de agua con ácido sulfúrico en la superficie de las pilas. Esta solución se infiltra en la pila disolviendo el cobre contenido en los minerales oxidados.

En cuarto lugar está la fundición y refinación. El concentrado seco se somete a un proceso de pirometalurgia para obtener placas gruesas, de forma de ánodos. Este es comercializado directamente o enviado al proceso de refinación la cual se lleva a cabo en las celdas electrolíticas en una solución de ácido sulfúrico. Se le aplica corriente eléctrica, que hace que se disuelva el cobre del ánodo y se deposite en el cátodo inicial, lográndose cátodos de alta pureza.

Finalmente el área otros o servicios, comprende aquellas actividades con volúmenes de consumo de agua poco significativos frente al total consumido en una operación minera. El principal uso del agua es para bebida, cocción, lavado, riego y baños en los campamentos, las plantas de molibdeno en operaciones que tengan, y otros consumos menores.

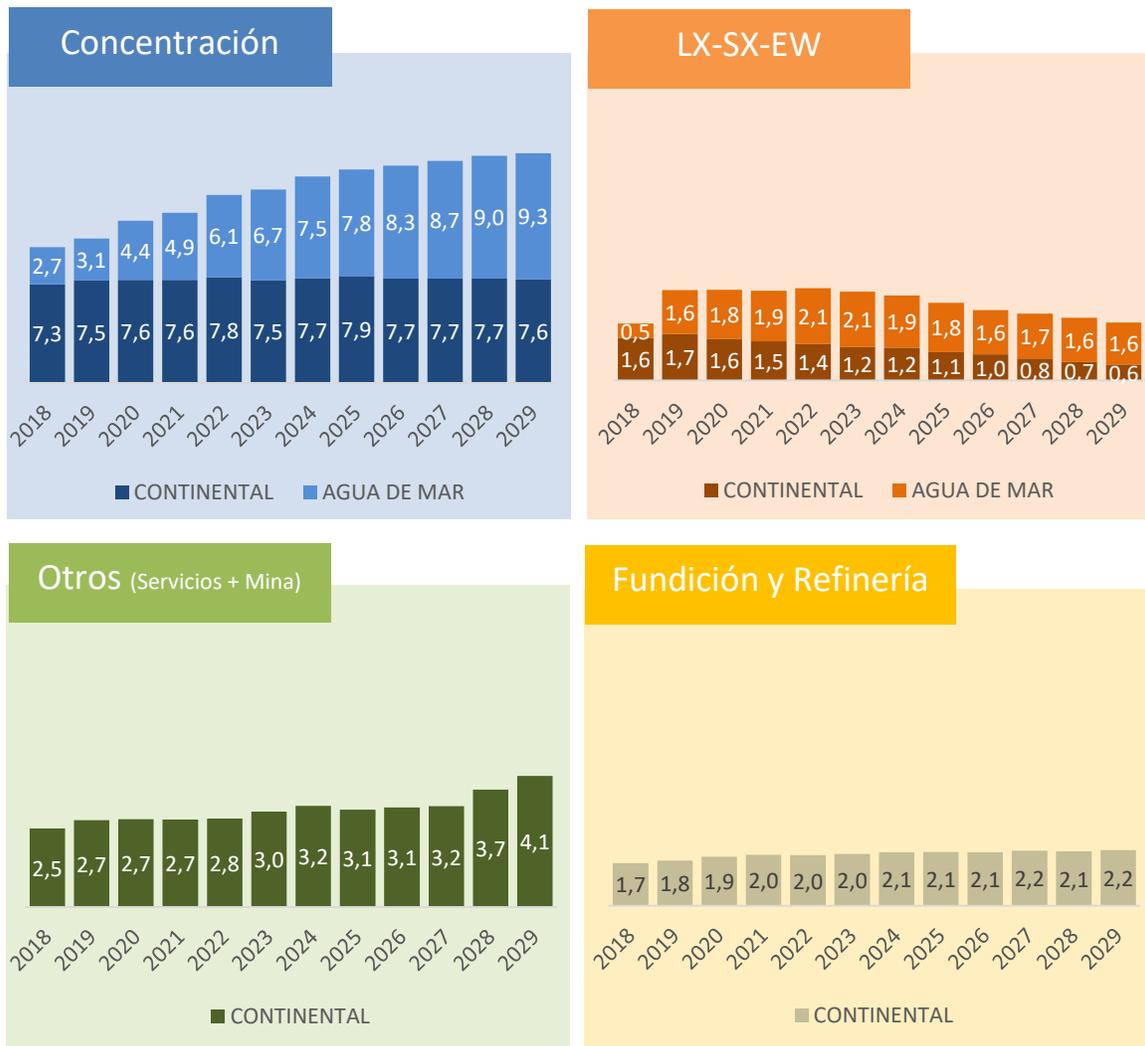
Para efectos de este informe el proceso de Mina y servicios se agrupara en el ítem Otros.

Según las estimaciones del último catastro de inversiones mineras, en los próximos 10 años, la matriz de productos de cobre cambiaría, Chile se volcaría cada vez más intensivo a la producción de concentrados.

Al analizar la variación de la demanda de agua continental según el proceso de producción, vemos que los concentrados demandan gran parte del agua en la minería del cobre, debido tanto a la proyección de producción de concentrados por el natural agotamiento de los recursos oxidados y su reemplazo por los recursos sulfurados, como a lo intensivo en consumo de agua que es la concentradora.



Figura 9: Consumo de agua en la minería del cobre según tipo de proceso, periodo 2018-2029



Fuente: Elaboración Cochilco

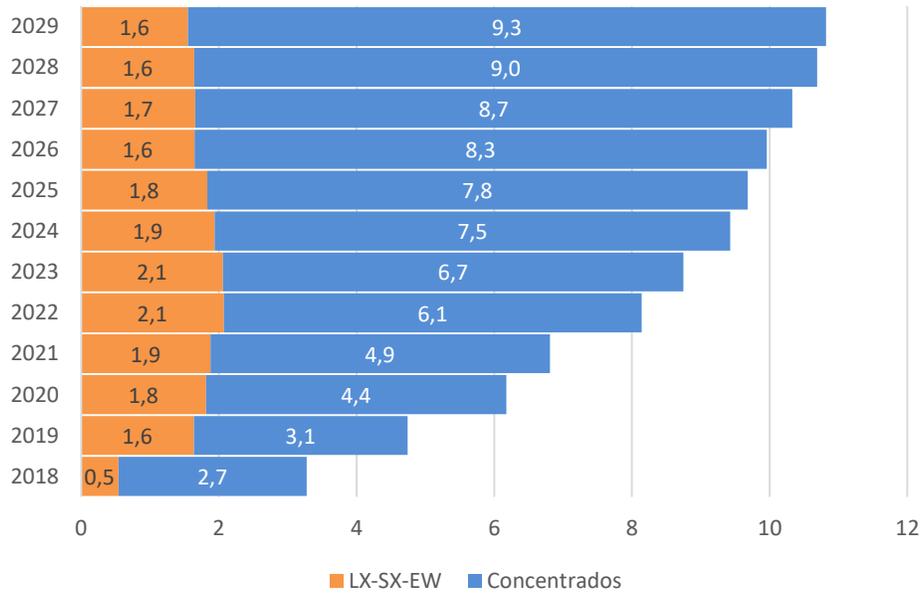
Se espera que al 2029 el agua continental para el procesamiento de concentrados alcance el 53%, los cátodos el 4%, el agua en otros el 28% (5% en Mina y 23% en Servicios) y la Fundición y Refinería el 15%.

Desde el punto de vista del uso de agua de mar, vemos que pasa algo similar, el mayor consumo es para el procesamiento de concentrados, ya que como se dijo anteriormente, es un proceso más intensivo en el uso del recurso, y se espera que en los próximos años aumente considerablemente su participación en la cartera de proyectos.



Para el 2029, se espera que más de un 86% del agua proveniente de los océanos sea destinada al tratamiento de sulfuros para la producción de concentrados.

Figura 10: Consumo de agua de mar según tipo de proceso en la minería del cobre, período 2018-2029



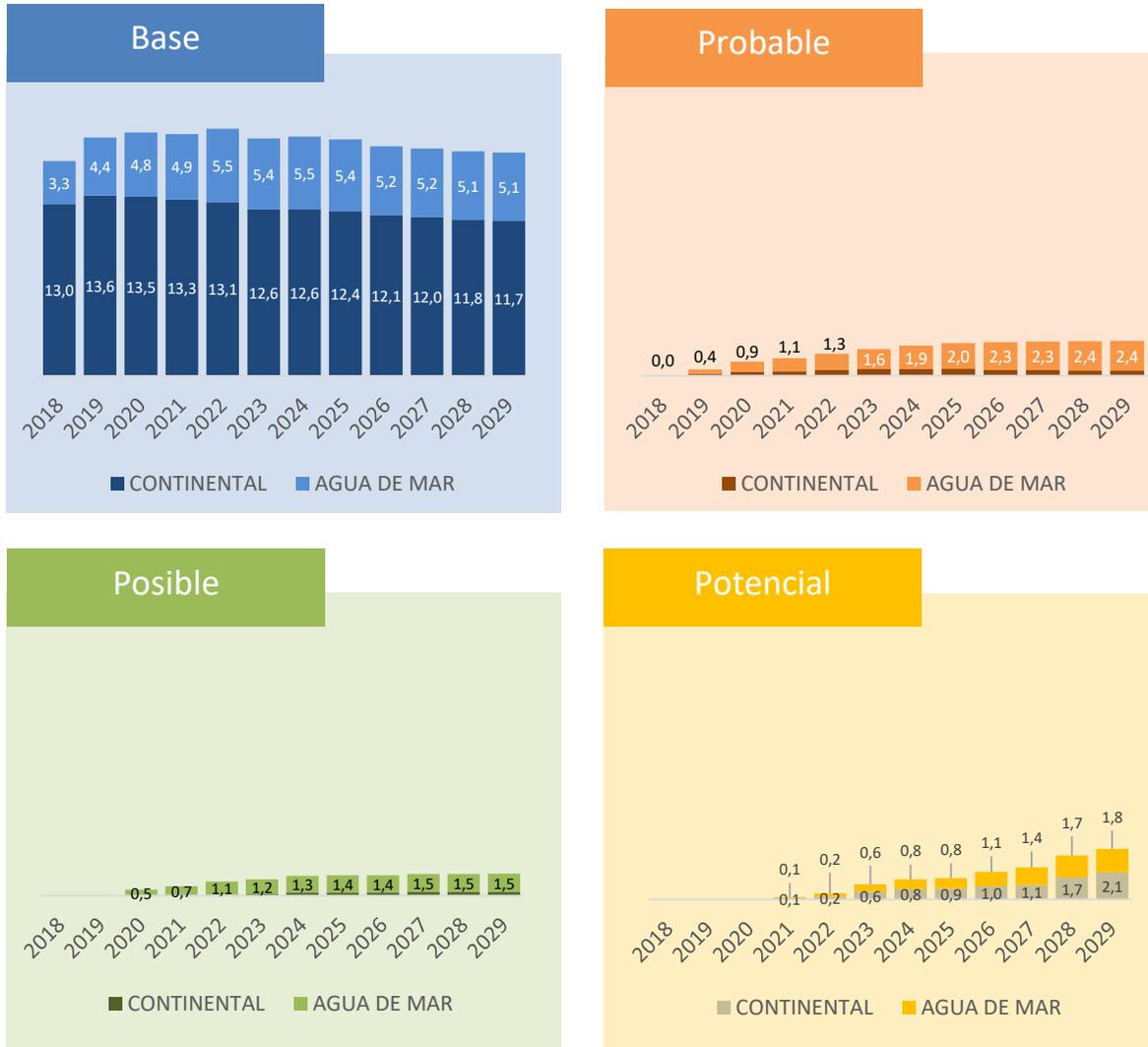
Fuente: Elaboración Cochilco

2.4 Consumo de agua según condición de proyectos

Se definen cuatro condiciones: base, probable, posible y potencial, asociado a los atributos específicos de tipo de proyecto, a la etapa de avance en que se encuentra, al estado de la tramitación ante el SEA y a la fecha estimada de puesta en marcha. Cada atributo tiene una gradualidad que puede asociarse a mayor o menor certeza y la combinación de ellos entrega una percepción de la condicionalidad en que se encuentra para su materialización.



Figura 11: Consumo de agua en la minería del cobre según condición de proyectos, período 2018-2029



Fuente: Elaboración Cochilco

En el caso del agua de origen continental el mayor consumo esperado para la próxima década proviene de proyectos en condición base, es decir proyectos en operación o en ejecución, por lo que correspondería un consumo esperado con un alto grado de certeza. Se observa que al 2029 más del 81% del consumo de agua continental en la minería del cobre está asociada a proyectos en condición base, lo que representa una mayor probabilidad de realización, mientras que el 19% restante tiene mayor incertidumbre.



Para el caso del agua de mar la tendencia es diferente, el consumo esperado de agua de mar de las operaciones base aumentó considerablemente por la entrada en operación de la ampliación de la planta desaladora de Escondida EWS el 2018. Para el 2029 más de la mitad del consumo esperado de agua de mar proviene de proyectos en condición de posible potencial o probable, otorgando mayor incertidumbre a su fecha de materialización.

Existe una mayor cantidad de proyectos nuevos o expansiones que darán inicio al uso de agua de mar, por lo tanto el nivel de certidumbre es menor, puesto que pueden presentar retrasos o cambios en el diseño, y la probabilidad de materialización en las fechas estimadas es menor.

Continuando con el agua de mar se observa que al 2029, la participación de los proyectos base no varía significativamente, mientras que la proyección esperada a partir de proyectos probables, posibles y potencial si lo hacen. Al 2029, se espera que un 53% del consumo de agua de mar este asociado a proyectos con menor grado de certidumbre, de los cuales, un 22% corresponde a proyectos probables, un 14% a proyectos posibles y un 17% a potenciales, estos últimos con un menor grado de certidumbre.

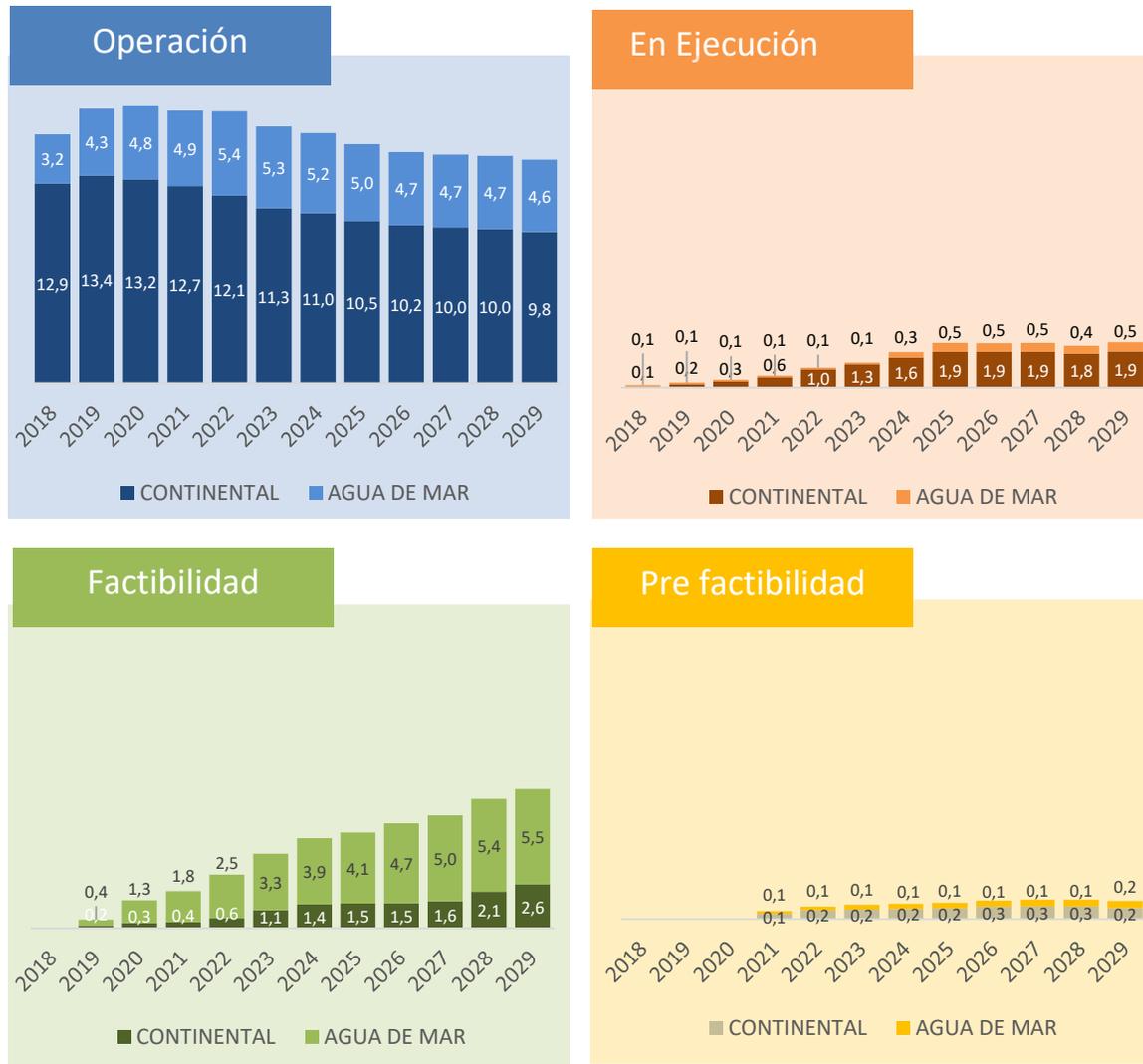
La principal diferencia con la proyección del año anterior está en que los proyectos de agua de mar han disminuido su grado de incertidumbre, ya que los proyectos están más definidos por lo que hay mayor probabilidad de materialización y de cumplimiento de las fechas propuestas.

2.5 Consumo de agua según etapa de desarrollo

Para analizar la demanda esperada de agua fresca en la minería del cobre según el estado de avance de los proyectos en el catastro de inversiones, se definieron cuatro etapas de desarrollo; pre factibilidad, factibilidad, en ejecución y operación. El avance de un proyecto se puede ver afectado por algún tipo de suspensión sea por situaciones internas o externas a la voluntad de la compañía. Al estar suspendido el proyecto se detiene en su avance y en algunos casos debería volver al estado anterior para rehacer estudios y así resolver las interrogantes planteadas interna o externamente.



Figura 12: Consumo de agua en la minería del cobre según etapa de desarrollo, periodo 2018-2029



Fuente: Elaboración Cochilco

La prefactibilidad corresponde a la etapa de generación y selección de alternativas de proyectos, también conocida como ingeniería conceptual. La factibilidad corresponde a la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada o ingeniería básica. Los proyectos en ejecución son aquellos que se encuentran en construcción, montaje y puesta en marcha del nuevo activo. Finalmente las operaciones son las actualmente en producción.

Al analizar el consumo de agua según la etapa de desarrollo vemos que la mayor cantidad de agua está en las operaciones, donde se aprecia una tendencia a la baja en el consumo de agua continental y una tendencia estable en el consumo de agua de mar. Por otra parte los proyectos en Ejecución,



representan un aumento en el consumo de agua total cercano al 10% al 2029. Aquellos que están en etapa de factibilidad, con un menor grado de certidumbre representan un 32% del agua total al 2029, donde destaca el agua de mar y finalmente los proyectos en etapa de pre factibilidad sujetos a una menor probabilidad de materialización representan el 2% del agua estimada para el 2029.

Desde el punto de vista del consumo esperado de agua continental, de manera similar al punto anterior, gran parte del consumo proviene de operaciones y proyectos con mayor grado de certeza, como son aquellos en operación y en ejecución.

Desde el punto del comportamiento de la proyección de agua de mar vemos que en este caso, los proyectos que actualmente se encuentran en etapa de factibilidad de su ingeniería representarían cerca de un 51% del agua de mar al año 2029.

En consecuencia los proyectos en estado de operación y en ejecución, que representan en 57% del consumo de agua de mar al 2029, tienen un mayor grado de certidumbre mientras que el 43% restante corresponde a los proyectos en factibilidad sujetos a cambios en las decisiones operacionales.

2.6 Consumo de agua según estado de los permisos ambientales

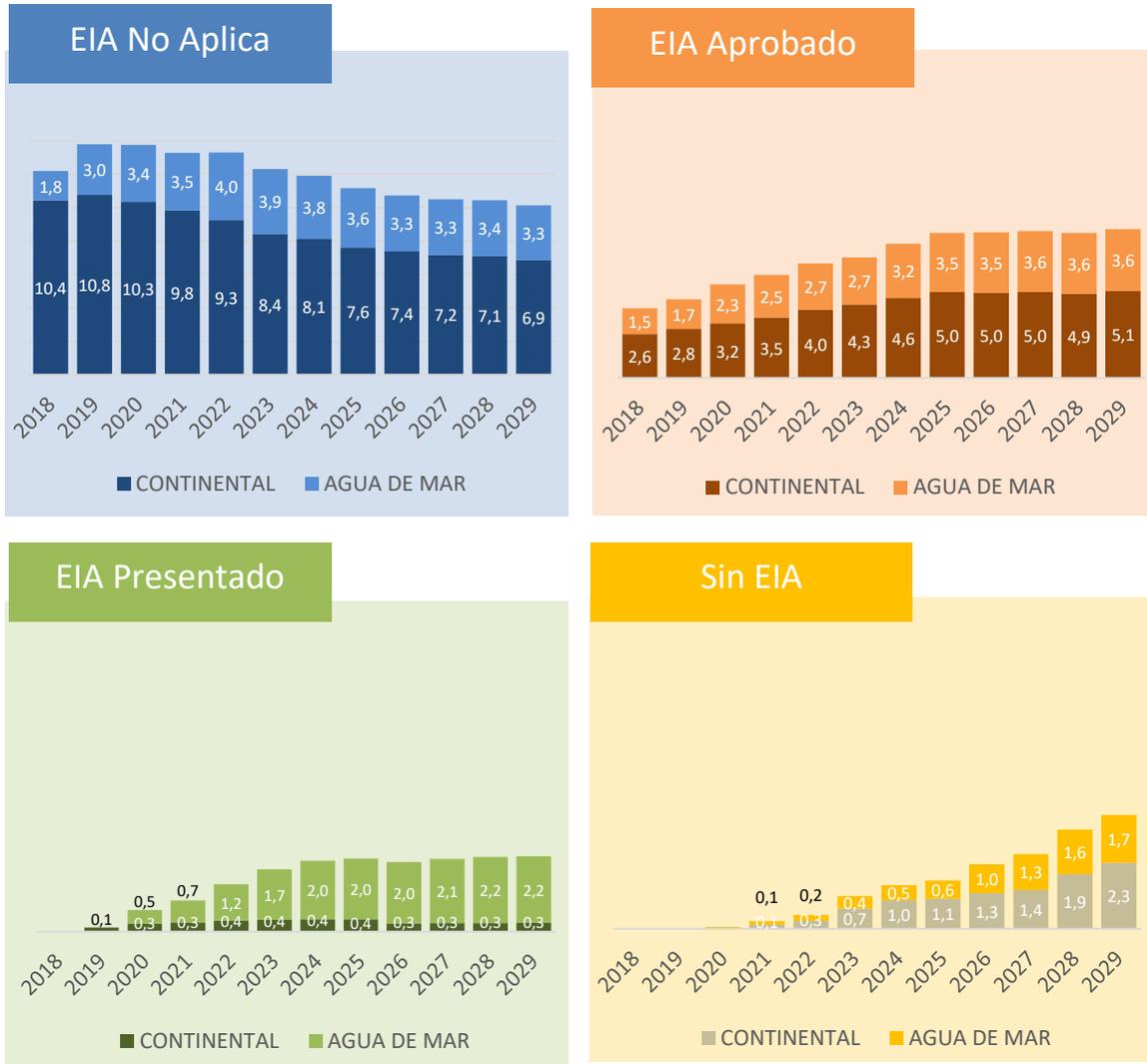
Todos los proyectos deben contar con la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobada, luego de un exhaustivo proceso técnico-administrativo que incluye participación ciudadana, al que se somete la declaración o el estudio de evaluación ambiental que corresponda.

Por ello se distinguen tres estados de mayor a menor seguridad:

- EIA o DIA aprobada
- EIA o DIA presentado
- Sin EIA o DIA



Figura 13: Consumo de agua en la minería del cobre según estado de los permisos ambientales, periodo 2018-2029



Fuente: Elaboración Cochilco

La mayor cantidad de agua total se encuentra en proyectos que los estudios de impacto ambiental no aplican, pues en su mayoría son operaciones donde los estudios ya han sido aprobados con anterioridad. Luego le siguen, en cantidad, la cantidad de agua en proyectos con EIA aprobados, estos son en general proyectos nuevos en ejecución y proyectos de reposición o ampliación de proyectos ya existentes. Siguiendo la línea de cantidad de agua se encuentran los proyectos sin EIA presentado, estos son aquellos que tienen un bajo nivel de certidumbre y por lo tanto aún pueden variar significativamente las fechas, caudales, métodos, etc., y por ultimo están aquellos proyectos



con EIA presentado pero sin respuesta aun, estos proyectos también tienen bajo grado de certidumbre pues aún pueden variar sus parámetros.

La evolución del consumo esperado de agua según el estado de los permisos ambientales de los proyectos indica una tendencia similar que el caso anterior, donde los proyectos actualmente en operación o con EIA aprobados corresponderían a un 74% del consumo de agua total al 2029, mientras que el 26% restantes está asociado a proyectos que aún no han presentado o no tienen los permisos ambientales, lo que da menor grado de certeza al cumplimiento de las fechas estipuladas.

Para el caso del consumo esperado de agua de mar específicamente, la situación es distinta. Al tener una base sólida de proyectos nuevos, la demanda futura de agua de mar se verá afectada en gran medida por el otorgamiento de los permisos ambientales y el marco regulatorio de este recurso.

De acuerdo a la figura 13, en términos de permisos ambientales, se tiene que al 2029 un 63% del consumo esperado de agua de mar provendría de operaciones o proyectos con aprobación ambiental, y el 37% restante de proyectos sin permisos ambientales, compuesto por un 21% de proyectos ya ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y un 16% que aún no se han presentado.



Capítulo 3:

Comentarios finales



Capítulo 3 Comentarios finales

Para finalizar, se observa que para analizar la tendencia del valor esperado del consumo de agua en la minería del cobre resulta fundamental comprender el comportamiento de la producción esperada de cobre como principal input de la modelación. La proyección de producción ha aumentado respecto a la proyección del año pasado principalmente por tres factores; el primero, muchas operaciones ajustaron su vida útil en comparación con la proyección pasada, lo que aumenta los volúmenes de producción en el largo plazo de las operaciones actualmente activas; segundo, muchos proyectos cambiaron de condición, lo que hace que los ponderadores beneficien positivamente los perfiles de producción, muchos proyectos pasaran de “potencial” a “probable”, aumentando el aporte de los proyectos probables al perfil; y tercero, se añaden pequeños proyectos que impulsan levemente la producción, sobre todo en cátodos SxEw (Delirio en la región de atacama, entre 2019 y 2024, y la reapertura de Michilla).

Desde el punto de vista de la producción según procesos, se mantiene la percepción observada hace algunos años, donde la producción hidrometalúrgica cae mientras la producción de concentrados aumenta a un ritmo muy elevado. Es así como la producción hidrometalúrgica pasa de una participación de 28,8% de la producción total en 2017 a 11,6% hacia 2029, mientras que la producción de concentrados pasa de una participación del 71,2% al 88,4% en el mismo periodo, principalmente por los proyectos Quebrada Blanca Fase II, Nueva Unión Fase I,II y III y Spence Growth Option, sin desmerecer al proyecto INCO de Los Pelambres, Sierra Gorda 230 ktpd y Desarrollo Mantoverde, pero con aportes más sujetos a sus avances de ingeniería y permisos.

Ahora bien analizando la proyección de consumo de los recursos hídricos a nivel nacional, vemos que de manera general, la estimación de consumo de agua de origen continental esperada al 2029 alcanza los 14,53 m³/s, lo que representa un aumento de un 12% respecto al consumo esperado para el 2018. Vemos que en el periodo 2018-2029 la tasa promedio de crecimiento anual promedio de producción es de un 2,1%, mientras que para el consumo de agua total la tasa de crecimiento promedio anual es de 4,2%. Esto es reflejo, en parte, del cambio de la matriz de producción, que se vuelca a los minerales de sulfuros, que deben ser procesados a través de flotación, proceso mucho más intensivo en el uso de agua. Por otra parte la caída en las leyes de los minerales hace necesaria una mayor cantidad de agua para obtener una tonelada de cobre fino, ya que es necesario procesar una mayor cantidad de mineral.

En el caso del agua de mar la situación es diferente al del agua continental, en la medida que el consumo de agua continental mantiene una tasa de crecimiento anual promedio cercana a un 1%, el agua de mar observa un crecimiento con una tasa promedio del 12,2% anual, alcanzando los 10,82 m³/s al 2029. Se espera que al 2029 el consumo de agua de mar aumente en un 230% respecto al 2018. Al 2029 se espera que el agua de mar represente un 43% del agua requerida por la minería del cobre a nivel nacional. Este aumento es impulsado fuertemente por la región de Antofagasta, particularmente entre 2019 y 2024, periodo en el cual se espera la puesta en marcha o ampliación de varias plantas desaladoras, tales como las de Escondida EWS inaugurada a principios de 2018,



Planta desaladora Distrito Norte de Codelco, la ampliación de tuberías para Distrito Centinela de Antofagasta Minerals, el uso de agua de mar para expansión de Sierra Gorda de KGHM y la puesta en marcha progresiva para el proyecto de hierro Dominga a partir del 2020. En segundo lugar se proyecta que la región de Atacama tenga un crecimiento importante a partir de 2023, destacando los proyectos Santo Domingo de Capstone Mining, Nueva Unión de Goldcorp y Teck, el proyecto de mediana minería Productora de Hot Chili de capitales australianos, junto con los ya existentes como la planta desaladora de Lundin Mining y la de Mantos Copper.

Al analizar el consumo de agua de mar por región se observa una fuerte participación de la región de Antofagasta, seguido en menor medida por la región de Atacama, luego Coquimbo y en menor proporción la región de Tarapacá. Para el 2029, se espera que más de un 86% del agua proveniente de los océanos sea destinada al tratamiento de sulfuros para la producción de concentrados.

Desde el punto de vista del consumo de agua en la minería del cobre según procesos, se espera que al 2029 el agua continental para el procesamiento de concentrados alcance el 53%, los cátodos el 4%, el agua en otros el 28% (5% en Mina y 23% en Servicios) y la Fundición y Refinería el 15%. Para el 2029, se espera que más de un 86% del agua proveniente de los océanos sea destinada al tratamiento de sulfuros para la producción de concentrados.

Con respecto a la condición de los proyectos, se observa que al 2029, la participación de los proyectos base no varía significativamente, mientras que la proyección de consumo de agua esperada a partir de proyectos probables, posibles y potencial si lo hacen. Al 2029, se espera que un 53% del consumo de agua de mar este asociado a proyectos con menor grado de certidumbre, de los cuales, un 22% corresponde a proyectos probables, un 14% a proyectos posibles y un 17% a potenciales, estos últimos con un menor grado de certidumbre.

Los principales cambios con respecto a la proyección del año pasado es que efectivamente se observa una leve baja en la cantidad de agua de mar esperada para una década más, esto principalmente porque los proyectos han cambiado su condición y a medida que se han definido con mayor detalle también han disminuido su nivel de incertidumbre, por lo tanto si bien la cantidad de agua esperada disminuyo levemente el nivel de certeza de materialización de estos proyectos aumentó, ya que los proyectos están más definidos en lo que respecta al cumplimiento de las fechas propuestas.

A modo general se concluye que la desalinización y el uso de agua de mar es la solución de abastecimiento que han tomado la mayoría de los proyectos nuevos y extensiones, sin embargo es importante recalcar la importancia de un marco legal definido y claro para el desarrollo sostenible de estas.



Anexos



Anexos

Anexo 1 Condiciones de materialización de un proyecto

| Condición | Tipo proyecto | Etapas de avance | Trámite SEA | Puesta en marcha |
|------------------|--------------------------------------|------------------------------|--|--|
| BASE | Cualquiera | Ejecución | RCA aprobada | En el período |
| PROBABLE | Cualquiera | Ejecución suspendida | RCA aprobada o en reclamación judicial | En el período |
| | Cualquiera Reposición o Expansión | Factibilidad Factibilidad | RCA aprobada EIA o DIA en trámite | En el período En el período |
| POSIBLE | Reposición o Expansión | Factibilidad suspendida | EIA o DIA en trámite | En el período |
| | Reposición o Expansión | Factibilidad | EIA o DIA no presentada | En el período |
| | Nuevo | Factibilidad | EIA o DIA en trámite o no presentada | En el período |
| | Cualquiera Reposición o Expansión | Factibilidad Factibilidad | RCA aprobada EIA o DIA en trámite o no presentada | Fuera del período Fuera del período |
| POTENCIAL | Cualquiera | Factibilidad suspendida | Cualquiera | Fuera del período |
| | Cualquiera | Prefactibilidad | Cualquiera | Cualquiera |

Fuente: Elaboración Cochilco

Anexo 2 Etapas de desarrollo de un proyecto

- **Operación:** Proyectos que se encuentran actualmente operando
- **En ejecución:** Cuentan con la aprobación de la inversión y de los permisos correspondientes para su desarrollo. Ya se encuentran en alguna de las fases de ingeniería de detalle y de construcción hasta el inicio de la puesta en marcha.
- **En estudio de factibilidad:** Aquellos que ya han iniciado los estudios de factibilidad y de evaluación ambiental (EIA o DIA) hasta que los hayan terminado, pero sin haber tomado aún la decisión final aprobatoria de la inversión.
- **En estudio de prefactibilidad:** Aquellos que se encuentran en la fase inicial de estudios de prefactibilidad hasta que se tome la decisión de continuar a la etapa siguiente.

Fuente: Elaboración Cochilco



Anexo 3 Categorías según tipo de proyecto minero

- **Proyectos de reposición:** Son aquellos donde la inversión procura mantener la capacidad productiva de una operación actual (*brownfield*) con nuevos desarrollos mineros, para enfrentar la caída de leyes y/o agotamiento de sectores en explotación. Ello permite prolongar la vida útil del yacimiento y el uso de sus instalaciones.
- **Proyectos de expansión:** Son aquellos donde se busca ampliar la capacidad operacional actual (*brownfield*), a fin de aumentar su escala de producción y disminuir sus costos unitarios, especialmente por la caída de ley de sus recursos mineros a explotar.
- **Proyectos nuevos:** Son aquellos que parten de cero (*greenfield*), teniendo que realizar todo: el proceso de permisos ambientales y sectoriales, desarrollar infraestructura y asentarse en una localización. También se incluyen los proyectos en las operaciones actuales (*brownfield*), pero que contemplan un cambio total en el proceso productivo (Por ej.: de la lixiviación a la concentración), lo que implica prácticamente el desarrollo de un nuevo yacimiento.

Fuente: Elaboración Cochilco

Anexo 4 Tabla consumo esperado total

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Consumo total | 16.254 | 18.499 | 19.984 | 20.593 | 22.034 | 22.569 | 23.636 | 23.767 | 23.831 | 24.150 | 24.885 | 25.354 |

Fuente: Elaboración Cochilco

Anexo 5 Tabla consumo esperado según fuente de origen

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Agua Continental | 12.977 | 13.760 | 13.807 | 13.785 | 13.890 | 13.822 | 14.207 | 14.087 | 13.871 | 13.822 | 14.195 | 14.534 |
| Agua de Mar | 3.277 | 4.740 | 6.177 | 6.808 | 8.143 | 8.747 | 9.429 | 9.681 | 9.960 | 10.327 | 10.689 | 10.820 |

Fuente: Elaboración Cochilco



Anexo 6 Tabla consumo esperado por región

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CONTINENTAL | | | | | | | | | | | | |
| Arica y Parinacota | 0 | 5 | 15 | 15 | 14 | 12 | 12 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tarapacá | 1.062 | 1.188 | 1.297 | 1.173 | 1.205 | 1.142 | 1.167 | 1.171 | 1.175 | 1.173 | 1.178 | 1.179 |
| Antofagasta | 5.399 | 5.606 | 5.421 | 5.370 | 5.260 | 5.142 | 5.192 | 5.069 | 4.884 | 4.751 | 4.464 | 4.419 |
| Atacama | 1.591 | 1.855 | 1.947 | 1.904 | 2.028 | 2.339 | 2.525 | 2.607 | 2.631 | 2.675 | 3.226 | 3.614 |
| Coquimbo | 798 | 825 | 653 | 698 | 776 | 803 | 861 | 861 | 848 | 848 | 827 | 823 |
| Valparaíso | 1.213 | 1.216 | 1.309 | 1.345 | 1.384 | 1.360 | 1.374 | 1.292 | 1.234 | 1.165 | 1.374 | 1.373 |
| Metropolitana | 1.173 | 1.211 | 1.238 | 1.290 | 1.282 | 1.282 | 1.323 | 1.345 | 1.357 | 1.414 | 1.426 | 1.427 |
| O'Higgins | 1.741 | 1.853 | 1.929 | 1.992 | 1.942 | 1.742 | 1.752 | 1.731 | 1.743 | 1.796 | 1.702 | 1.699 |

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| AGUA DE MAR | | | | | | | | | | | | |
| Arica y Parinacota | 0 | 4 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tarapacá | 0 | 0 | 0 | 0 | 171 | 282 | 400 | 417 | 435 | 466 | 540 | 550 |
| Antofagasta | 2.785 | 4.211 | 5.111 | 5.456 | 6.387 | 6.519 | 6.920 | 7.066 | 7.289 | 7.550 | 7.748 | 7.751 |
| Atacama | 492 | 524 | 600 | 708 | 835 | 1.169 | 1.309 | 1.362 | 1.414 | 1.464 | 1.547 | 1.663 |
| Coquimbo | 0 | 0 | 455 | 633 | 739 | 767 | 789 | 827 | 822 | 848 | 854 | 855 |
| Valparaíso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Metropolitana | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O'Higgins | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración Cochilco



Anexo 7 Tabla consumo esperado según tipo de proceso

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 7.261 | 7.531 | 7.576 | 7.581 | 7.775 | 7.548 | 7.708 | 7.852 | 7.675 | 7.677 | 7.677 | 7.634 |
| Agua de Mar | 2.736 | 3.103 | 4.364 | 4.930 | 6.072 | 6.688 | 7.488 | 7.849 | 8.311 | 8.668 | 9.044 | 9.267 |
| LX-SX-EW | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 1.572 | 1.726 | 1.557 | 1.457 | 1.358 | 1.243 | 1.216 | 1.057 | 969 | 821 | 690 | 601 |
| Agua de Mar | 541 | 1.636 | 1.813 | 1.878 | 2.072 | 2.059 | 1.941 | 1.832 | 1.648 | 1.659 | 1.645 | 1.552 |
| Mina | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 810 | 876 | 896 | 933 | 932 | 902 | 862 | 833 | 787 | 777 | 752 | 745 |
| Agua de Mar | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Otros | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 1.654 | 1.846 | 1.854 | 1.813 | 1.837 | 2.089 | 2.312 | 2.222 | 2.340 | 2.382 | 2.934 | 3.363 |
| Agua de Mar | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| F&R | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 1.680 | 1.781 | 1.924 | 2.002 | 1.988 | 2.040 | 2.109 | 2.122 | 2.101 | 2.165 | 2.142 | 2.192 |
| Agua de Mar | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Fuente: Elaboración Cochilco



Anexo 8 Tabla consumo esperado según condición

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Base | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 12.956 | 13.602 | 13.508 | 13.299 | 13.112 | 12.555 | 12.585 | 12.397 | 12.132 | 11.969 | 11.783 | 11.719 |
| Agua de Mar | 3.252 | 4.381 | 4.849 | 4.945 | 5.521 | 5.355 | 5.457 | 5.424 | 5.181 | 5.179 | 5.139 | 5.125 |
| Probable | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 21 | 157 | 300 | 364 | 487 | 527 | 575 | 586 | 454 | 455 | 443 | 447 |
| Agua de Mar | 25 | 359 | 855 | 1.064 | 1.308 | 1.633 | 1.859 | 2.049 | 2.259 | 2.316 | 2.365 | 2.369 |
| Posible | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 127 | 239 | 241 | 244 | 267 | 264 | 272 |
| Agua de Mar | 0 | 0 | 474 | 745 | 1.070 | 1.195 | 1.349 | 1.400 | 1.404 | 1.477 | 1.480 | 1.489 |
| Potencial | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 0 | 0 | 0 | 122 | 219 | 613 | 808 | 862 | 1.041 | 1.131 | 1.705 | 2.097 |
| Agua de Mar | 0 | 0 | 0 | 54 | 245 | 563 | 763 | 808 | 1.116 | 1.355 | 1.705 | 1.837 |

Fuente: Elaboración Cochilco

Anexo 9 Tabla consumo esperado según etapa de desarrollo

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Operación | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 12.885 | 13.413 | 13.162 | 12.736 | 12.116 | 11.292 | 10.966 | 10.476 | 10.217 | 10.045 | 9.957 | 9.771 |
| Agua de Mar | 3.180 | 4.305 | 4.770 | 4.865 | 5.441 | 5.278 | 5.168 | 4.954 | 4.707 | 4.713 | 4.720 | 4.646 |
| En Ejecución | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 71 | 189 | 346 | 564 | 995 | 1.262 | 1.619 | 1.922 | 1.914 | 1.924 | 1.827 | 1.948 |
| Agua de Mar | 72 | 76 | 78 | 79 | 79 | 77 | 289 | 470 | 474 | 466 | 420 | 480 |
| Factibilidad | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 21 | 157 | 300 | 364 | 582 | 1.060 | 1.401 | 1.452 | 1.466 | 1.574 | 2.131 | 2.569 |
| Agua de Mar | 25 | 359 | 1.328 | 1.809 | 2.549 | 3.282 | 3.858 | 4.138 | 4.650 | 5.001 | 5.401 | 5.544 |
| Pre Factibilidad | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 0 | 0 | 0 | 122 | 197 | 207 | 221 | 238 | 273 | 278 | 280 | 246 |
| Agua de Mar | 0 | 0 | 0 | 54 | 73 | 110 | 114 | 119 | 129 | 147 | 149 | 150 |

Fuente: Elaboración Cochilco



Anexo 10 Tabla consumo esperado según estado de los permisos ambientales

| lts/seg | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Operando con permisos | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 10.425 | 10.772 | 10.346 | 9.824 | 9.262 | 8.428 | 8.140 | 7.605 | 7.382 | 7.162 | 7.085 | 6.856 |
| Agua de Mar | 1.764 | 3.014 | 3.405 | 3.457 | 4.033 | 3.879 | 3.758 | 3.563 | 3.344 | 3.343 | 3.363 | 3.281 |
| EIA presentado | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 0 | 138 | 261 | 307 | 372 | 393 | 412 | 415 | 274 | 283 | 286 | 288 |
| Agua de Mar | 0 | 0 | 461 | 728 | 1.201 | 1.687 | 1.953 | 2.025 | 2.050 | 2.145 | 2.200 | 2.226 |
| EIA aprobado | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 2.553 | 2.849 | 3.189 | 3.516 | 3.973 | 4.285 | 4.648 | 4.999 | 4.958 | 5.008 | 4.891 | 5.059 |
| Agua de Mar | 1.513 | 1.725 | 2.257 | 2.491 | 2.705 | 2.745 | 3.186 | 3.459 | 3.540 | 3.564 | 3.558 | 3.623 |
| Sin EIA | | | | | | | | | | | | |
| Agua Continental | 0 | 0 | 12 | 138 | 283 | 717 | 1.008 | 1.068 | 1.258 | 1.369 | 1.933 | 2.332 |
| Agua de Mar | 0 | 0 | 54 | 132 | 204 | 436 | 532 | 634 | 1.026 | 1.276 | 1.568 | 1.690 |

Fuente: Elaboración Cochilco



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

Camila Montes

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Jorge Cantallopts

Director de Estudios y Políticas Públicas

Diciembre / 2018

