

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA VIABILIDAD DEL
USO DE AGUA DE MAR EN OPERACIONES MINERAS ”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

ELABORADO POR:
CAROLINA ROMERO PADILLA

ASESOR:
Dr. Ing. ERNESTO OSVALDO ADUVIRE PATACA

LIMA – PERÚ
2021

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Carmen Padilla y Pedro Romero, a mi amado esposo José Valle y a mis hermosos hijos Sofía y Liam, quienes con su constante apoyo y paciencia me dieron la fuerza, motivación y deseo de superación necesarios para alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi asesor, docente de la sección de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica, de la Universidad Nacional de Ingeniería, porque gracias a sus enseñanzas y sugerencias contribuyó en la elaboración y desarrollo del presente trabajo.

A la empresa Knight Piésold Consultores, por su apoyo en brindarme el tiempo que necesité para avanzar con el desarrollo de la presente tesis.

Un especial agradecimiento al Ing. Carlos Cacciuttolo porque sus conocimientos de las operaciones mineras en Chile me ayudaron a estructurar el presente trabajo.

Finalmente agradecer a mis profesores de la Maestría en Minería y Medio Ambiente, así como al personal administrativo de la oficina de Postgrado de la FIGMM, quienes siempre estuvieron prestos a brindarme su apoyo durante este largo camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCION	11
CAPÍTULO I	13
1.1 Antecedentes bibliográficos	13
1.1.1 A nivel Internacional:.....	13
1.1.2 A nivel Nacional:.....	16
1.2 Descripción de la realidad problemática	18
1.3 Formulación del Problema.....	19
1.3.1 Problema General:	19
1.3.2 Problemas Específicos	20
1.4 Justificación e importancia de la investigación.....	20
1.4.1 Relevancia social.....	21
1.4.2 Implicancia práctica.....	21
1.4.3 Utilidad metodológica	22
1.4.4 Viabilidad de la investigación	22
1.5 Objetivos.....	22
1.5.1 Objetivo General:.....	22
1.5.2 Objetivos Específicos:	23
1.6 Planteamiento de la Hipótesis de la Investigación	23
1.6.1 Hipótesis General.....	23
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	23
1.7 Variables e indicadores	24

1.7.1	Variables	24
1.7.2	Indicadores	24
1.8	Periodo de análisis.....	25
CAPÍTULO II	26
2.1	Bases teóricas	26
2.1.1	Situación actual de la minería y desarrollo de la industria de minerales.....	26
2.1.2	El agua como principal recurso para la operación minera.....	32
2.1.3	Uso del agua de mar en procesos mineros.....	38
2.1.4	Propiedades físicas y químicas del agua de mar	51
2.1.5	Corrosión de metales en presencia de agua de mar y medidas para su prevención	57
2.1.6	Uso de agua de mar en procesos mineros en la industria minera peruana	60
2.1.7	Experiencias de uso de agua de mar en procesos mineros en otros países	62
2.2	Marco conceptual	65
CAPÍTULO III	67
3.1	Tipo de investigación	67
3.2	Nivel de investigación	68
3.3	Metodología de la investigación.....	68
3.3.1	Recopilación y revisión de información.....	68
3.3.2	Elaboración de ficha de recopilación de datos	70
3.3.3	Llenado de fichas	71
3.3.4	Comparación de fichas.....	71
CAPÍTULO IV	73
4.1	Identificación y valorización de criterios clave	73
4.2	Metodología propuesta	79
4.3	Validación de la metodología propuesta.....	80
4.4	Discusión.....	83

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS	97
ANEXO A: Matriz de Consistencia	98
ANEXO B: Formato de fichas	100
ANEXO C: Fichas con información de las unidades mineras y proyectos mineros que utilizan agua de mar desalinizada y sin desalinizar	103
ANEXO C.1: Fichas de casos en Chile y Perú de unidades mineras en operación	104
ANEXO C.2: Fichas de casos en Chile y Perú de proyectos mineros	114
ANEXO D: Tablas comparativas de unidades mineras y proyectos mineros que utilizan agua de mar desalinizada y sin desalinizar	122
ANEXO E: Valorización de los criterios clave considerados en la determinación de la conveniencia del uso de agua de mar en las operaciones mineras.....	125
ANEXO F : OTROS.....	127
ANEXO G : CURRICULUM VITAE	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ciclo del agua en operaciones mineras.....	33
Figura 2.2: Procesos mineros.....	35
Figura 2.3: Esquema del suministro de agua desalinizada a una unidad minera.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Periodo de análisis y costos del estudio.....	25
Tabla 2.1: Propiedades de interés del agua de mar y aplicaciones industriales varias.....	52
Tabla 2.2: Experiencias de uso de agua de mar en otros países.....	65
Tabla 3.1: Listados de empresas que usan agua de mar salada y/o desalada.....	69
Tabla 4.1: Escala considerada para la calificación de los criterios clave.....	79
Tabla 4.2: Valoración de criterios clave de la Mina Antucoya... ..	81
Tabla 4.3: Valoración de criterios clave de la Mina Escondida Fase II... ..	82

RESUMEN

La presente tesis consiste en la elaboración de una metodología que pueda ser utilizada como una herramienta para realizar una evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en las operaciones mineras. Esto se logró a partir del análisis de información existente con relación a los beneficios del uso racional del agua de mar sin desalinizar en las operaciones mineras, las propiedades fisicoquímicas del agua de mar, las ventajas ambientales de su utilización y la aplicación de la tecnología moderna para su aprovechamiento racional; asimismo, se utilizó de referencia fundamental las experiencias de aquellas empresas mineras que vienen utilizando el agua de mar en sus procesos y también de aquellas que tienen proyectado su uso. Del análisis de esta información y de la aplicación de la metodología planteada, se pudo identificar y evaluar criterios clave que pueden ayudar en la toma de decisiones a las empresas mineras, ante la posible alternativa de usar agua de mar sin desalinizar en sus operaciones.

ABSTRACT

This thesis consists of the elaboration of a methodology that can be used as a tool to carry out a preliminary evaluation of the viability of the use of seawater in mining operations. This was achieved from the analysis of existing information regarding the benefits of the rational use of seawater without desalination in mining operations, the physicochemical properties of seawater, the environmental advantages of its use and the application of the modern technology for its rational use; likewise, the experiences of those mining companies that have been using seawater in their processes and those that have planned its use were used as a fundamental reference. From the analysis of this information and the application of the proposed methodology, it was possible to identify and evaluate the key criteria that can help mining companies in making decisions, given the possible alternative of using seawater without desalination in their operations.

INTRODUCCION

La minería es una actividad que con el transcurrir de los años se ha innovado en el uso de materiales y de tecnología nueva, que ha implementado en sus operaciones con el objetivo de mejorar sus procesos y volverlos más eficientes.

Uno de los principales insumos que la minería utiliza en sus operaciones es el agua, cuyo déficit ha ido incrementándose en las últimas décadas, convirtiéndose de tal manera en un recurso limitado, especialmente influenciado por la ubicación geográfica de la mina, factor que restringe el acceso al agua. Frente a esta situación, actualmente los expertos en el tema vienen considerando el uso de agua de mar como una alternativa viable a la demanda de agua que requiere toda operación minera.

El agua de mar puede ser utilizada en dos formas: directamente como agua de mar cruda sin alterar su salinidad natural, como ya lo hacen algunas compañías mineras; y de forma procesada, usualmente mediante el método de osmosis inversa para eliminar parte o prácticamente todas las sales.

El presente trabajo se basa principalmente en el análisis de estudios de impacto ambiental de empresas peruanas y chilenas que trabajan o proyectan trabajar sus operaciones mineras utilizando agua de mar desalinizada y/o sin desalinizar, para luego proponer una metodología que permita evaluar de forma preliminar la viabilidad del uso de agua mar en una operación minera, mediante la aplicación de un conjunto de criterios disgregados en una matriz, de tal manera que pueda convertirse en una herramienta práctica y rápida para que el responsable de un proyecto minero pueda decidir de manera preliminar la factibilidad del uso de agua de mar en sus operaciones.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes bibliográficos

1.1.1 A nivel Internacional:

(Morales, 2017), en su tesis “Estudio del efecto de las interacciones del sistema ‘Agua de mar – Cal’ en procesamiento de minerales” presentada para obtener el Grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Metalúrgica Extractiva en la Universidad de Chile; considera que la escasez de agua en la zona norte de Chile, ha llevado a evaluar otras formas de suministro de agua a las operaciones mineras; por lo que en la actualidad el uso de agua de mar (salada y desalinizada) se ha convertido en una alternativa con proyección. Su trabajo tuvo como objetivo principal estudiar el efecto de las interacciones del sistema agua de mar- cal en el procesamiento de minerales.

A partir de las pruebas de contacto para los sistemas 'agua de mar – cal', 'agua de mar – mineral – cal' y 'agua de mar – concentrado – cal', se verificó el efecto buffer entre el agua de mar y cal, el cual se produce a pH 9,5 aproximadamente. La presencia de partículas de mineral o concentrado no omiten el efecto, pero si afectan los valores a los cuales se produce. Asimismo, las pruebas utilizando agua de mar con un reposo de 10 días demostró que en el periodo de almacenamiento el agua de mar sufre cambios que afectan las características del agua (reacciones biológicas). Desde el punto de flotación de minerales de cobre, el almacenamiento del agua de mar produce ventajas al disminuir el consumo unitario de cal para alcanzar un determinado valor de pH.

(Lorca, 2014) en su tesis "Evaluación técnico-económica del uso de agua de mar en una planta concentradora" para optar por el título de Ingeniero Civil de Minas en la Universidad de Chile; considera que existen dos tipos de suministro de agua de mar para las plantas concentradoras: agua de mar salada y agua de mar desalinizada; y que el método más utilizado para la desalinización de agua de mar en el mundo es el proceso de separación por membranas llamado ósmosis inversa. Las

plantas de tratamiento que utilizan este método son bien aceptadas en la industria, y sus costos de inversión y operacionales dependen principalmente de la capacidad de producción de cada una. Su trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación técnico-económica a nivel conceptual y/o de pre-factibilidad, respecto al uso de agua de mar en una planta modelo que procesa minerales sulfurados de cobre y molibdeno.

En esta evaluación se realizó una comparación entre el suministro de agua salada y desalinizada; incluyendo las plantas de tratamiento, el sistema de impulsión de agua y el efecto de ambos tipos de agua en la flotación *Rougher* de un mineral sulfurado de cobre y molibdeno. De lo cual se concluyó que la flotación *Rougher* de minerales sulfurados de cobre y molibdeno con agua de mar, bajo parámetros operacionales estándar, sufre una significativa disminución en la recuperación metalúrgica de molibdeno, frente a la flotación con agua desalinizada. En la flotación con agua desalinizada/permeada, no hay cambios significativos frente al caso con agua potable. Además, la estabilización del pH en la pulpa en el caso de flotación con agua de mar salada, provoca un aumento

excesivo del consumo de cal en comparación a los valores normales de la industria, ya sean con agua potable o permeada por osmosis inversa.

1.1.2 A nivel Nacional:

(Talavera, 2019) en su tesis “Estudio de investigación de flotación con el uso de agua de mar para Compañía Minera Marcobre” para optar el título de Ingeniero Metalurgista en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; considera que el uso de agua de mar en algunas operaciones mineras parece ser la única solución sostenible en muchas zonas con recursos limitados de agua dulce, además de ser una solución ambientalmente responsable. Su trabajo tuvo como objetivo principal estudiar teórica y experimentalmente el uso de agua de mar en la flotación de minerales sulfurados de cobre-plata de Compañía Minera Marcobre, para obtener un grado comercial en el concentrado final de cobre.

El estudio concluyó que La flotación convencional de sulfuros de cobre con agua de mar, de Minera Marcobre, no se ve afectada significativamente en la recuperación de cobre y plata; mientras que el grado del concentrado final se ve ligeramente

afectado. Asimismo, los factores mineralógicos que favorecieron la flotación fueron, la ausencia de la molibdenita y pirrotita en la mineralogía base de todas las muestras en estudio. El contenido de pirita en las muestras de cabeza (<2.3%) permitió trabajar a bajos niveles de alcalinidad en el agua de mar, evitando se esta forma el efecto Buffer, responsable del alto consumo de cal. Se concluye que en el agua de mar (donde la flotación se realizó a $\text{pH} \leq 9.0$) requiere la mitad del consumo de cal en comparación al requerido por el agua dulce (donde la flotación se realiza a $\text{pH} \leq 11.5$). En cambio, el agua desalinizada requirió el doble de consumo de cal que el agua dulce para ajustar el pH a valores alrededor de 11.

(Aparicio, 2018) en su tesis “Estudio de la flotación bulk de minerales pórfidos de cobre con la utilización de agua de mar” para optar el título de Ingeniero Metalurgista en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; considera que debido a la disminución del recurso hídrico de agua dulce; surge la posibilidad de utilizar agua salada y agua de mar para los procesos metalúrgicos de flotación de sulfuros de cobre; para aquellos yacimientos cercanos a la costa por ello una solución

sería el empleo de agua de mar. Su trabajo tuvo como objetivo general realizar el estudio de la flotación bulk de pórfidos de cobre utilizando agua de mar que contienen iones metálicos disueltos, teniendo en consideración los efectos generados por la presencia de iones portadores por el agua salada.

El estudio concluyó que para la concentración de minerales de cobre, se observa como problemática principal para el uso de agua de mar salada, el llamado efecto buffer respecto de la cal, que consiste en la reacción de iones de Mg y Ca disueltos en el agua de mar con la cal, resultando en un aumento importante del consumo de cal para superar este efecto y alcanzar el pH requerido por los procesos. Asimismo, desde el punto de vista del proceso de flotación, el aplicar un pretratamiento al agua de mar previo a su utilización presenta ventajas comparativas respecto del uso de cal, siendo la principal, una baja de entre 15% a 20% en el consumo de cal para alcanzar los valores de pH requeridos para los procesos.

1.2 Descripción de la realidad problemática

La necesidad de encontrar soluciones al déficit hídrico en las zonas mineras ha derivado en la búsqueda de nuevas fuentes, siendo la

utilización de agua de mar desalinizada y sin desalinizar, la alternativa que hoy lleva la delantera. Sin embargo, existen ventajas y desventajas en el uso de cada una de ellas que hacen compleja la elección de la alternativa más adecuada, por lo tanto, se hace necesario contar con una herramienta que sirva de apoyo en la toma de decisiones de dicha elección.

En el Anexo A se presenta la Matriz de Consistencia, instrumento utilizado para el análisis del problema, definición de objetivos, determinación de la hipótesis y de las características metodológicas de la presente investigación.

1.3 Formulación del Problema

De acuerdo con los antecedentes descritos en el punto anterior se plantea la formulación del problema general y específico.

1.3.1 Problema General:

¿Existe una metodología para la evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en operaciones mineras?

1.3.2 Problemas Específicos:

- ¿Cuáles son las actividades de la operación minera que requieren agua y cuáles son sus requerimientos específicos?
- ¿Cuáles son los criterios clave que hay que tomar en cuenta para el uso de agua de mar en operaciones mineras?

1.4 Justificación e importancia de la investigación

Es un hecho que toda operación minera requiere de una fuente de agua de buena calidad para utilizarla en sus procesos, sin embargo, la disponibilidad de agua en todo el mundo se está volviendo cada vez más escasa y el impacto social que se produce genera conflictos y dificultades que ponen en riesgo las operaciones mineras; motivo por el cual las empresas necesitan buscar suministros nuevos para el procesamiento de los minerales, siendo la utilización de agua de mar desalinizada y sin desalinizar, las alternativas que hoy llevan la delantera. Sin embargo, existen ventajas y desventajas en el uso de cada una de ellas que hacen compleja la elección, por lo tanto, sería de gran ayuda contar con una lista de criterios clave que sirvan de apoyo en la toma de decisiones para optar por alguna de las dos.

1.4.1 Relevancia social

El uso de agua de mar desalinizada o sin desalinizar se presenta como alternativas válidas al uso del agua proveniente de los ríos y que a la vez es utilizada en diversas actividades del hombre como lo son la agricultura, ganadería, industria y consumo humano, por lo tanto, frente al déficit de agua que cada día se acrecienta en todo el mundo, el uso de agua de mar en las operaciones mineras tiene una alta relevancia social puesto que la implementación de su uso disminuiría paulatinamente el uso de agua dulce y esto aumentaría su disponibilidad para ser utilizada en otras actividades.

1.4.2 Implicancia práctica

Los criterios que se presentarán como conclusión de este estudio podrán formar parte de las herramientas de apoyo que cualquier empresa minera podría utilizar para que de una manera rápida analice la posibilidad de usar o no el agua de mar como alternativa de suministro de agua en su proceso minero.

1.4.3 Utilidad metodológica

La presente investigación puede ayudar a crear un nuevo instrumento para hacer un primer análisis de la posibilidad del uso de agua de mar en las operaciones mineras.

1.4.4 Viabilidad de la investigación

Considerando que hoy en día se hace importante contar con investigación sobre la viabilidad del uso de fuentes alternativas de suministro de agua para las operaciones mineras, se considera que fue necesario llevar a cabo la investigación, en razón que la misma demandó un costo económico de S/. 8500 (Ver Tabla 1.1); permitiendo de esta manera que una vez concluido y aprobado, constituya una fuente de información para futuras investigaciones que ahonden más en el tema.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General:

Elaborar una metodología para evaluar preliminarmente la viabilidad del uso de agua de mar en operaciones mineras.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Identificar las actividades de la operación minera que utilizan agua y sus requerimientos específicos.
- Identificar y evaluar los criterios clave para el uso de agua de mar en operaciones mineras.

1.6 Planteamiento de la Hipótesis de la Investigación

1.6.1 Hipótesis General

La identificación de las actividades de la operación minera que utilizan agua y la evaluación de los criterios clave para el uso de agua de mar pueden permitir realizar una evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en las operaciones mineras.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- La identificación de las actividades de la operación minera que utilizan agua constituye un primer paso para evaluar los criterios clave para el uso de agua de mar en operaciones mineras.
- La evaluación de los criterios clave para el uso de agua de mar permitirán realizar una evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en las operaciones

mineras.

1.7 Variables e indicadores

1.7.1 Variables

Variable dependiente

- Y1: Uso de agua de mar en operaciones mineras

Variable Independiente

- X1= Actividades de la operación minera que utilizan agua
- X2 = Criterios clave para uso de agua de mar

1.7.2 Indicadores

Indicadores de variable independiente

- X1: # de actividades de la operación minera que utilizan agua
- X2: # de criterios clave para uso de agua de mar

Indicadores de variable dependiente

- Y1: Condiciones muy bajas para uso de agua de mar
- Y2: Condiciones bajas para uso de agua de mar
- Y3: Condiciones moderadas para uso de agua de mar
- Y4: Condiciones altas para uso de agua de mar
- Y5: Condiciones ideales para uso de agua de mar sin desalinizar

1.8 Periodo de análisis

La investigación abarcó un periodo de análisis de alrededor de un año, como se puede observar en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Periodo de análisis y costos del estudio

Actividades	Costos S/.	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07	Mes 08	Mes 09	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Recopilación Bibliográfica	2000	■	■	■									
Revisión de información	1000				■	■							
Análisis de información	2000						■	■					
Redacción de capítulos	2000								■	■	■		
Conclusiones y recomendaciones	1000											■	
Presentación final	500												■
Total	8500												

Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Situación actual de la minería y desarrollo de la industria de minerales

Al analizar la economía del Perú, la Fundación Heritage afirma que las reformas normativas y la inversión en la industria minera han facilitado un rápido crecimiento económico que nos ha permitido ocupar el puesto 47 de 165 países del mundo, y el puesto 8 de Latinoamérica.¹ [6]

Sin embargo, aún queda un largo camino por avanzar. En opinión del Foro Económico Mundial, si bien el Perú cuenta con potencial minero, debe fortalecer las instituciones públicas

¹ Freedom Economic Index 2015. <http://www.heritage.org/index/country/peru>

mediante el aumento de la eficiencia del gobierno, la lucha contra la corrupción y la mejora de la infraestructura.² [6]

Por consiguiente, la riqueza mineral con la que contamos no es lo único necesario para desarrollar una eficiente industria minera. Con el objetivo de explotar nuestro potencial minero, se hace importante fortalecer paralelamente un marco normativo sólido que otorgue al inversionista la seguridad y estabilidad jurídica necesaria para poner en marcha un proyecto de larga inversión y alto riesgo. [6]

Avances en la regulación ambiental en el sector minero

Desde el 2013, el gobierno peruano ha buscado promover la inversión privada a través del fortalecimiento del marco legal. En el sector minero, ello ha representado la simplificación de procedimientos administrativos, así como el intento por uniformizar el criterio de las autoridades administrativas involucradas en la ejecución de un proyecto minero. [6]

Como ejemplo tenemos al denominado “paquetazo

² *The Global Competitiveness Index 2014-2015*. World Economic Forum, p. 51, 322-323.

económico”. Un conjunto de leyes que se iniciaron con la promulgación del Decreto Supremo No. 054-2013-PCM, el 16 de mayo de 2013 y han continuado hasta la Ley No. 30327 emitida el 2015. [6]

Así, tenemos a la Ley No. 30230³, que dispuso, entre otras reglas, medidas administrativas para la promoción de la inversión en materia ambiental. En esta línea, otorgó un plazo de tres (3) años, contados a partir de su vigencia, durante el cual el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA⁴, privilegiará las acciones orientadas a la prevención y corrección de la conducta infractora en materia ambiental. Asimismo, estableció que durante el mismo período, las sanciones a imponerse por las infracciones no podrían superar el 50% de la multa que correspondiera aplicar⁵. [6]

³ Ley que establece medidas tributarias, simplificación de procedimientos y permisos para la promoción y dinamización de la inversión en el país, promulgada el 12 de julio de 2014.

⁴ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

⁵ Cabe señalar que, de acuerdo al artículo 19° de la mencionada Ley, la disminución de la multa no aplica en los siguientes escenarios: (i) infracciones muy graves, que generen un daño real y muy grave a la vida y la salud de las personas. Dicha afectación deberá ser objetiva, individualizada y debidamente acreditada, (ii) actividades que se realicen sin contar con el instrumento de gestión ambiental o la autorización de inicio de operaciones correspondientes, o en zonas prohibidas; y, (iii) reincidencia, entendiéndose por tal la comisión de la misma infracción dentro de un período de seis (6) meses desde que quedó firme la resolución que sancionó la primera infracción.

Por otro lado, la Ley No. 30327⁶ tuvo como objetivo simplificar e integrar permisos y procedimientos administrativos. Con este fin creó el procedimiento de Certificación Ambiental Global, acto administrativo que engloba títulos habilitantes sobre recursos hídricos, forestales, etc. Asimismo, simplificó el procedimiento para imponer servidumbres sobre terrenos eriazos de propiedad estatal para proyectos de inversión. Además, declaró de interés nacional y necesidad pública la optimización, los trámites y procedimientos administrativos vinculados a la inversión privada. [6]

Otro hito ha sido la entrada en vigencia del Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Exploración, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero⁷. Esta norma representa una mejora en la normativa minero ambiental, porque adecúa las actividades mineras al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. [6]

⁶ Ley de promoción de las inversiones para el crecimiento y el desarrollo económico. Fue promulgada el 21 de mayo de 2015 y entró en vigencia a los 60 días calendarios de la aprobación de su Reglamento.

⁷ Aprobado por Decreto Supremo N° 040-2014-EM.

El recorrido a futuro – La experiencia minera en Chile

Del análisis de los datos recogidos por el Instituto Fraser en el período 2014, Chile ocupa el puesto 13 de 122 estados encuestados⁸ con relación a su atractivo en las inversiones mineras⁹. Ello se debe a dos factores importantes: (i) Chile es el mayor productor de cobre en el mundo; y, (ii) cuenta con un sistema de derecho institucionalizado que otorga seguridad al inversionista extranjero. [6]

De acuerdo al índice de libertad económica de la Fundación Heritage, Chile ocupa el puesto 7 a nivel mundial¹⁰ y el puesto 1 dentro de Latinoamérica¹¹. Ello se debe a los siguientes factores:

- Alto nivel de protección a los derechos de propiedad.
- Bajo nivel de corrupción.
- Alto nivel de libertad económica, laboral y monetaria.

Por tanto, el éxito del desarrollo del sector minero en Chile se debe a que cuenta con un alto potencial minero y, además,

⁸ Nos referimos a Estados pues, la mencionada encuesta distingue entre los estados federales que conforman Estados Unidos.

⁹ *Survey of Mining Companies*. Instituto Fraser. 2014

¹⁰ De un total de 175 países a nivel mundial.

¹¹ Freedom Economic Index 2015. Fundación Heritage.

posee un marco regulatorio conformado por reglas claras sustentadas en tres pilares: (i) libertad económica, (ii) derecho de propiedad; e (iii) institucionalidad. [6]

En comparación con Chile, es claro que contamos con el potencial minero para el desarrollo de esta actividad, sin embargo, la baja institucionalidad y la falta de predictibilidad respecto de las decisiones de la administración, impactan de forma negativa en este desarrollo. [6]

El éxito de la actividad minera en un país no depende únicamente de su potencial minero. Además, importa que existan reglas claras que regulen su desarrollo. Así, se atraerá al inversionista con un marco regulatorio eficiente, compuesto por reglas claras ejecutadas por una administración alejada de la discrecionalidad. [6]

El Perú ha mejorado y continúa perfeccionando las reglas en las que se enmarca la actividad minera. Sin embargo, aún queda un largo camino por recorrer en la construcción de una mejor institucionalidad a fin de otorgar predictibilidad y seguridad jurídica, como características necesarias para promover y mantener la inversión. Estas son tareas pendientes

que los administrados y la administración deben construir para conseguir el desarrollo sostenible del país en materia minero-ambiental. [6]

2.1.2 El agua como principal recurso para la operación minera

La minería ha jugado un papel importante en el desarrollo de nuestro país y la elaboración de un sinnúmero de productos, ya sea para la construcción, electrodomésticos, tecnologías, etc.

Todos estos productos no serían posibles sin el uso de agua en la minería. [11]

Al igual que las demás industrias, las empresas mineras necesitan agua para hacer que, de la roca se aproveche sus valiosos minerales. Para ello la minería utiliza el agua en una serie de actividades que incluyen el procesamiento de minerales y sus servicios anexos tales como la supresión de polvo en caminos, el transporte de concentrados, y necesidades de los empleados, entre otras. [11]



Figura 2.1 Ciclo del agua en operaciones mineras

Fuente: Cochilco, 2015. [11]

En general, los minerales con mayor nivel de leyes requieren menos agua para el procesamiento y viceversa. Con el agotamiento de los recursos, va en aumento la explotación de minerales de baja ley, lo que genera un aumento en la demanda de agua. El enfoque debe ir en buscar alternativas de eficiencia o nuevas fuentes de abastecimiento de manera que el consumo de agua continental no aumente, y mejor aún, disminuya. [11]

A grandes rasgos tenemos tres tipos de agua; el agua continental, el agua de origen oceánico y las aguas

recirculadas. La primera considera todos los cuerpos de agua permanentes que se encuentran en el interior, alejados de las zonas costeras. Algunas aguas continentales son ríos, lagos, llanuras de inundación, reservas, humedales y sistemas salinos de interior. Mientras que las aguas de origen oceánico, provienen del mar y tienen un alto contenido salino. Por su parte las aguas recirculadas corresponden a todos aquellos flujos que son reinyectados al sistema, estos pueden ser previamente tratados o no. El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo. Corresponde al total de entrada de aguas la cual puede provenir de distintas fuentes. [11]

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. [11]

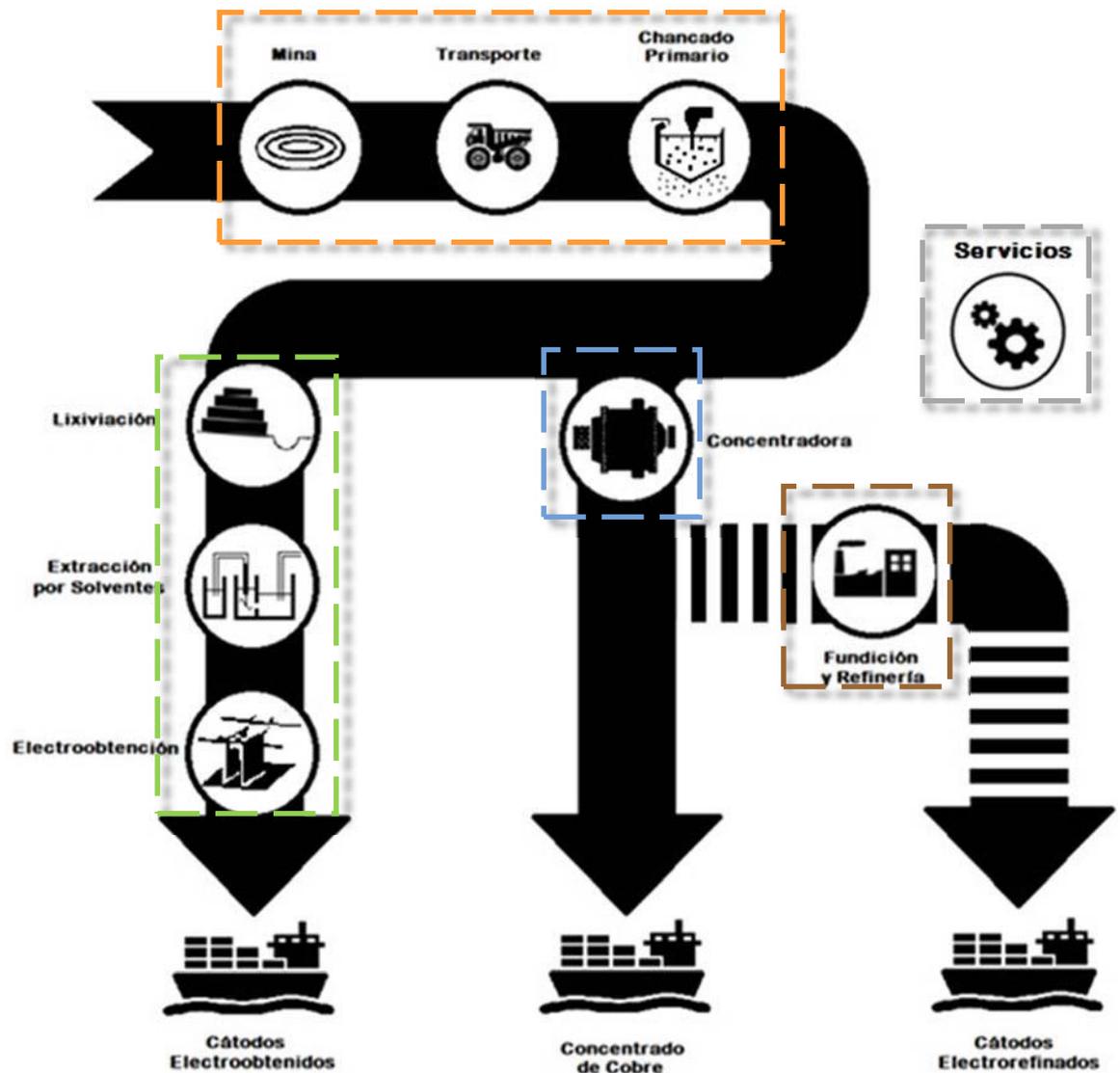


Figura 2.2 Procesos mineros

Fuente: Cochilco, 2015. [11]

De manera general, se identifican 5 distintas áreas de consumo de agua de la industria minera del cobre; el área mina, el área planta concentradora, área planta hidrometalúrgica, fundición y

refinería y el área servicios. [11]

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. [11]

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 (chancado y molienda) del mineral y clasificación, luego la flotación, espesamiento y filtración. Según la distancia entre la concentradora y las instalaciones de almacenaje de relaves, 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. [11]

Por su parte, el área planta hidrometalúrgica considera los procesos de lixiviación en pilas, la extracción por solventes y la

electrodeposición para la producción de cátodos. En este proceso los principales consumos de agua resultan como consecuencia de la evaporación en 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 y sulfuros secundarios. [11]

En cuarto lugar está la fundición y refinación. El concentrado seco se somete a un proceso de pirometalurgia para obtener placas gruesas de cobre impuro, en 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 y sulfato de cobre. Se le aplica una corriente eléctrica continua, que hace que se disuelva el cobre del ánodo y se deposite en el cátodo inicial, lográndose cátodos de alta pureza. [11]

Finalmente, el área servicios comprende aquellas actividades con volúmenes de consumo de agua poco significativos frente al total consumido en una operación minero metalúrgica. 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. [11]

2.1.3 Uso del agua de mar en procesos mineros

En un escenario de limitada disponibilidad de recurso hídrico el desarrollar mecanismos que permitan aumentar la oferta de agua como lo es el uso de agua de mar, ya sea directo o desalinizada en los procesos productivos, aparece como una atractiva alternativa de suministro. En cualquier caso, existe una importante dificultad derivada de la necesidad de transportar el agua de origen marino al lugar de las operaciones mineras que, por lo general, se encuentran a elevada altura sobre el nivel del mar. Dicho transporte, además de requerir inversiones en infraestructura, demanda alto consumo de energía lo que - en un escenario de disponibilidad energética restrictivo – conlleva aumentos significativos de costos. [37]

Uso directo de agua de mar en operaciones mineras

En relación al uso de agua de mar de forma directa, es posible de aplicar en unidades mineras que tengan la infraestructura necesaria para resistir la corrosión, que puede ocasionar la salinidad presente en el agua, y en las que el mineral por sus

características mineralógicas, así lo permita. [37]

Ambos requisitos establecen una importante barrera de entrada para los proyectos antiguos, ya que habría que evaluar la factibilidad técnica (mineralización del yacimiento) y económica (características de los equipos e instalaciones) de la operación, antes de iniciar cualquier proyecto de sustitución de agua dulce por agua de mar. Por ello, el uso directo de agua de mar, es más bien una opción factible para proyectos nuevos. [37]

Al analizar la variación de la demanda según el proceso de producción, vemos que los concentrados demandan gran parte del agua de mar 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. [16]

Desalinización

La desalinización es un proceso mediante el cual se elimina el contenido de sales del agua de mar teniendo como producto agua dulce. [37]

El desarrollo de la tecnología ha permitido que en hoy en día la desalinización de agua de mar sea una opción factible tanto técnica como económica para obtener agua fresca, ya sea para consumo industrial o humano. Actualmente el uso de agua desalinizada en proyectos mineros¹² ya representa una posibilidad concreta de suministro de agua alternativo a la extracción de agua fresca. [37]

Por ello aparece como una alternativa interesante que debe ser explorada en detalle, para lo cual se reseña brevemente los procesos de desalinización utilizados a nivel mundial, esto es, aquellos realizados a través de la destilación o los que utilizan membranas para la separación de las sales del agua. [37]

- Desalinización a través de destilación

Estos procesos se basan en el principio de evaporación para separar las sales del agua dulce. En este caso, el agua de mar debe ser calentada de forma que el agua pura pase a vapor así generado y, luego se condense,

¹² Tanto para proyectos existentes como para futuras expansiones y proyectos nuevos.

las sales se queden en la solución salina, constituyen la salmuera y así es evacuada y retorna al mar. [37]

Una característica importante en estos procesos es que son intensivos en el uso de energía, lo que eleva los costos de operación. Además, la tasa de recuperación de agua dulce en estos procesos es bastante más baja respecto a otras tecnologías como por ejemplo, frente a la ósmosis inversa. Ejemplo de estos procesos son la Evaporación Multietapa, que consta de una serie de evaporadores a distinta presión y la Comprensión por Vapor, que es una técnica equivalente a la anterior pero a cuyo sistema se le ha agregado un compresor que provee el calor necesario para llevar el agua de mar a ebullición para que se evapore. [37]

En general, usar las tecnologías antes mencionadas en lugares donde se dispone de energía térmica bajo la forma de vapor de baja presión es una gran ventaja. Por ello un lugar propicio es junto a plantas termoeléctricas y que pueden aprovechar la energía allí

liberada para que la planta de desalinización utilice estas tecnologías de destilación. [37]

- Desalinización a través de membranas

Los procesos de membranas son procesos de separación a presión, en los cuales el agua pasa a través de una membrana semipermeable. Con esta membrana el agua de mar a ser tratada es separada en un flujo de filtrado o agua dulce, y una cantidad restante de concentrado o salmuera. En la salmuera son acumulados las sales y contaminantes contenidos en el agua de alimentación que han sido rechazados por la membrana. El perfeccionamiento de nuevas membranas ha permitido reducir considerablemente el consumo energético, mejorando la eficiencia del proceso y disminuyendo su costo. De esta manera, la ósmosis inversa se ha convertido en el proceso más extendido para la generación de agua dulce a partir de agua de mar.¹³ [37]

¹³ Fuente: Desalination Workshop, Seminario Internacional WIM2010.

En las últimas décadas el desarrollo de tecnologías como la ósmosis inversa y el perfeccionamiento de nuevas membranas ha permitido que las plantas de desalinización hayan alcanzado niveles importantes de producción de agua fresca con una reducción considerable del consumo de energía en la planta de desalinización. [37]

En la ósmosis inversa el agua de mar pasa a través de membranas semipermeables impulsada por una bomba que eleva su presión hasta un valor superior al de su presión osmótica natural¹⁴, es decir, se aplica una presión superior a la osmótica que comprime el agua de mar contra la membrana semipermeable, haciendo que esta pase hacia el otro lado de la membrana, en el sentido inverso de la ósmosis natural, obteniéndose así el agua desalada. [37]

Un elemento sensible en el proceso de ósmosis inversa, es que para que éste se realice de forma

¹⁴ La ósmosis natural es la transferencia de agua pura a una solución de agua salina separadas por una membrana semipermeable. El nivel de la solución salina asciende hasta que la presión generada por la columna de líquido anula el flujo de agua pura.

óptima, es fundamental que el agua que llega a la planta contenga la menor cantidad de material orgánico y partículas en suspensión. Por ello, una vez captada el agua de mar es necesario un pretratamiento de ésta antes de su entrada a la planta. [37]

El agua pretratada es impulsada por bombas hasta un grupo de filtros y, una vez filtrada puede ser procesada por ósmosis inversa. En esta etapa, la conversión es en promedio del 50%, lo que significa que del total del agua que ingresa el sistema un 50% se convertirá en agua desalinizada, la que finalmente irá a tanques de almacenamiento, para finalmente ser impulsada al lugar que se requiera. El agua restante, que corresponde a la salmuera, es devuelta al mar. [37]

Para el mantenimiento y funcionamiento óptimo del sistema de desalinización es importante que los filtros se retrolaven y las tuberías se sometan a un proceso de limpieza de material orgánico. [37]

- Aspectos a considerar de las plantas desalinizadoras

Existen desafíos a enfrentar o resolver relativos al funcionamiento de las plantas desalinizadoras y en particular utilizando la tecnología de la ósmosis inversa, como se estima sería el caso chileno. Entre los principales está el costo y suministro de energía, la mejora de la toma de agua y la devolución de la salmuera al mar.¹⁵ [37]

- Captura de agua de mar

Particularmente en las costas de Chile, dado que el océano Pacífico tiene una gran biodiversidad, el agua succionada contiene una amplia variedad de flora y fauna marina, por tanto, debe analizarse en detalle la ubicación (profundidad del fondo marino y a una distancia determinada de la costa) de manera tal que minimice la extracción de especies en comparación a la captación de agua superficial, reduciendo así el impacto en los ecosistemas marinos por la toma del agua. [37]

¹⁵ Fuente: Desalination Workshop, Seminario Internacional WIM2010.

- Descarga de salmuera en el mar

En general en un proceso de desalinización por ósmosis inversa, cerca del 50% del agua de mar tratada corresponde a salmuera, la que contiene aproximadamente el doble de concentración de sales comparada al mismo volumen de agua de mar. [37]

Luego, el vertimiento de la salmuera al mar podría elevar las concentraciones de sal, afectando negativamente los ecosistemas marinos¹⁶. Por ello es recomendable la generación de un modelo matemático que tome variables como el oleaje, las mareas, disolución de la salmuera, entre otras variables, de manera de poder predecir correctamente el comportamiento de la salmuera en el medio marino. Así, posteriormente, se puede no sólo determinar en forma concreta el efecto de la salmuera, sino que además –y más importante aún-, minimizar su impacto sobre los ecosistemas

¹⁶ Kröber Jürgen, "Técnicas Innovativas de Desalinización de Aguas Salobres y del Mar", 2000.

marinos. [37]

- Consumo de Energía

Una planta desalinizadora con una capacidad de 500 l/s y que utiliza la técnica de la ósmosis inversa, tiene un consumo promedio de energía estimado en 3,4 KWh/m³ de agua desalinizada, el que en promedio representa cerca del 80% del costo total de desalinización¹⁷. No obstante una vez desalinizada el agua de mar, es necesario impulsarla al lugar de destino. [37]

En la Figura 2.3 se muestra un esquema tipo del suministro de agua desalinizada a una faena en el caso de Chile. [37]

¹⁷ Libro "Buenas Prácticas y Uso Eficiente del Agua en la Minería", Cochilco, Octubre 2008.

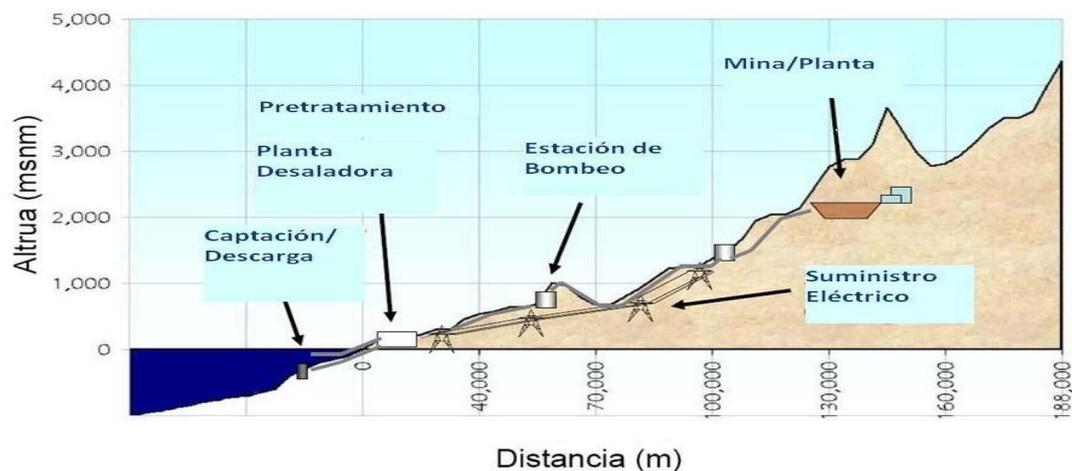


Figura 2.3 Esquema del suministro de agua desalinizada a una unidad minera

Fuente: Hatch Ingenieros y Consultores, 2011. [37]

En general las características geográficas de la localización de las unidades mineras chilenas son cortas distancias desde la costa (alrededor de 180 Km) y gran altitud respecto al nivel del mar (promedio 3000 m.s.n.m), para ello, se requieren - al menos- 4 estaciones de bombeo que, en promedio, consumen 14 KWh/m³ de agua, lo que equivale a 4 veces el consumo requerido para desalinizar el agua¹⁸. [37]

¹⁸ Una planta desalinizadora con una capacidad de 500 l/s y que utiliza la técnica de la osmosis reversa, tiene un consumo promedio de energía de 3,4 KWh/m³ de agua desalinizada, el que en promedio representa cerca del 80% del costo total de desalinización.

Cabe destacar la tendencia al alza del uso de agua de mar para la minería en Chile, la cual aumentó en un orden del 33% respecto al año 2009. El uso de agua de mar es parte de un enfoque integrado para la gestión de la oferta y la demanda de agua, lo que permite a los entornos tener una mayor seguridad de abastecimiento. [11]

Sin embargo, no debemos olvidar que el agua de mar es sólo una opción de seguridad del agua, y los diferentes tipos de tratamiento de agua deben trabajar juntos para proporcionar una estrategia global, también se tienen que mirar todas las opciones disponibles, incluyendo la mejora en eficiencia, el reciclaje y nuevas tecnologías, y considerar los diferentes tipos de agua para diferentes propósitos según su calidad. [11]

El cambio climático, el crecimiento de la población y el uso de agua a nivel industrial, entre otros, influyen en la disponibilidad de agua, mientras que la expansión de la infraestructura urbana también ejercerá presión sobre la calidad de los cursos de agua naturales. Esto significa que las soluciones de agua a largo plazo deben ser flexibles, adaptables y ambientalmente sostenible. En este sentido la diversificación de la fuente resulta

esencial para la estrategia de agua, y el agua de mar es una fuente abundante. [11]

En los últimos años, en Chile el uso de agua de mar en operaciones mineras ha tenido una tendencia creciente, y al 2015 alzando los 2,23 m³/seg, un 15% del agua utilizada en minería, de ellos 1,3 m³/seg corresponden a agua de mar utilizada directamente en los procesos con un alto contenido de sal, mientras que 1 m³/seg es de agua previamente desalinizada. [11]

Algunas minas han recurrido al agua de mar como un recurso inagotable de agua para las operaciones, aunque esto se produce en mayor riesgo de mayores requerimientos de energía y los costes financieros. [11]

Es fundamental estar al tanto de la estrecha relación que existe entre el uso de agua de mar y el consumo energético, pues de una manera u otra estamos traspasando el obstáculo de escasez hídrica a un problema energético, en un contexto de déficit energético. [11]

2.1.4 Propiedades físicas y químicas del agua de mar

Hay una serie de propiedades fisicoquímicas y de transporte de agua de mar que son fundamentales para el diseño, optimización y simulación de procesos en particular en la industria minera (concentración de minerales, hidrometalurgia, procesos de purificación). Para cálculos repetitivos, diseño de procesos y simulación estas propiedades deben ser expresadas mediante modelos que tengan la capacidad de predecir las propiedades en la forma más exacta posible [14], como se puede observar en la Tabla 2.1.

La estimación de propiedades físicas, físico-químicas, de transporte y termodinámicas del agua de mar no es un problema fácil de resolver considerando que, según su lugar de origen y tipo de sales, están a distintas temperaturas y posee características distintas de salinidad. Estas, temperatura y salinidad, son las dos variables más importantes que definen las propiedades del agua de mar. [14]

Tabla 2.1 Propiedades de interés del agua de mar y aplicaciones industriales varias

Proceso	Operaciones	Propiedades	Equilibrios
Transporte	Bombeo, flujo en tuberías	Densidad, viscosidad	-
Desalinización	Osmosis inversa	Presión osmótica	Equilibrio osmótico
Desalinización	Evaporación	Temperatura de ebullición, calor de vaporización, capacidad calórica	Equilibrio líquido-vapor
Concentración de minerales	Flotación	Actividades, densidad, viscosidad, tensión superficial	Solubilidad de gases en líquidos, diagramas Pourbaix (potencial-pH)
Hidrometalurgia de Cu	Lixiviación	Actividades, Solubilidad, densidad, viscosidad, difusividad	Diagramas de Pourbaix (potencial-pH)
Proceso de purificación	Extracción por solventes	Densidad, Selectividad, viscosidad, actividades	Equilibrio líquido-líquido
Tratamiento de caliches	Lixiviación y cristalización	Actividades, densidad, viscosidad	Solubilidades de sales en agua
Desaguado	Espesamiento, filtración, hidrociclones	Densidad, viscosidad	-
Tratamiento de caliches	Lixiviación	Concentración de sales	Equilibrio químico

Fuente: Cisternas & Moreno, 2014. [14]

El rango de temperatura en que se encuentra el agua en los océanos es más determinante en sus propiedades que la salinidad, la que se mantiene, en rangos pequeños (34 a 37 g.kg-1). Por lo tanto la temperatura influye en forma importante en varias de las propiedades del agua como la densidad, lo que permite que las aguas menos densas y más calientes se ubiquen más cerca de la superficie, y las más densas y frías, a mayor profundidad. El contenido de algunas sales es afectado también por la temperatura, ya que por razones de equilibrio termodinámico, algunas sales precipitarán a mayores o menores temperaturas. [14]

Entre las propiedades del agua de mar se tienen:

- Densidad: es una propiedad física definida como la masa de una sustancia dividida por el volumen que ocupa. Las unidades comúnmente usadas son gramos por centímetro cúbico. En sustancias puras, la densidad de un líquido depende de la temperatura y, en el caso de sustancias no puras, como el agua de mar que es una solución con sales, depende también de la concentración de estas últimas. [14]
- Calor específico: es una propiedad termodinámica

definida como la capacidad que tiene un cuerpo de absorber energía. El agua tiene un alto calor específico, por lo que cuando proviene del océano es capaz de almacenar la energía térmica solar, actuando como una reserva. [14]

- Conductividad térmica: es una de las propiedades más difíciles de medir experimentalmente y los datos disponibles en la literatura son más limitados. En general en una solución de agua de mar, la conductividad térmica disminuye mientras aumenta la concentración de sales (Poling et al., 2001). [14]
- Viscosidad: es una propiedad importante para el análisis de movimiento de fluidos en canales, ductos y tuberías. La viscosidad de un fluido es la resistencia al corte y flujo de fluidos y es una medida de las propiedades adhesivas/cohesivas y propiedades de fricción. La viscosidad es necesaria para el adecuado diseño de equipos, para almacenamiento, bombeo e inyección de fluidos. [14]
- Tensión superficial: es una propiedad de los líquidos que se genera por un desbalance de las fuerzas cohesivas en la superficie. En el seno del líquido cada molécula es

atraída en forma similar en todas las direcciones por otras vecinas, resultando una fuerza neta nula. Sin embargo, las moléculas en la superficie no tienen vecinas en todos los lados y, por lo tanto, son atraídas hacia el interior creando una presión que hace que la superficie tenga la mínima área posible. La tensión superficial tiene amplios usos en la industria de detergentes, soldadura, textiles impermeables y en procesos mineros como la flotación. Las sales disueltas, como es el caso del agua de mar, pueden tener distintos efectos sobre la tensión superficial, dependiendo del tipo de sal. [14]

- Presión de vapor: la velocidad con que se intercambian las moléculas, entre la fase líquida y la fase gas, determina el valor de la presión parcial. Cuando el flujo de las moléculas que salen del líquido y de las que regresan se iguala, entonces la presión parcial es igual a la presión de saturación de líquido puro, y se dice que el gas sobre el líquido está saturado de dicho líquido. [14]
- Aumento de la temperatura de ebullición: la salinidad del agua de mar disminuye la presión de vapor y, por lo tanto

la temperatura de ebullición es mayor que la del agua pura, a una presión dada. La diferencia entre estas temperaturas de ebullición se conoce como aumento de la temperatura de ebullición, ΔT_b . [14]

- Disminución de la temperatura de congelación: conocida también como “descenso crioscópico”, es una característica de los líquidos cuando hay presencia de sales, como es la situación del agua de mar. El fenómeno, en este caso, tiene importante consecuencias, porque la respuesta al enfriamiento intenso del océano, como ocurre en el invierno de las regiones polares, es la separación de una fase sólida flotante de agua pura. Es así como se forma el hielo marino (o branquisa) en torno a la Antártida o al océano Ártico, como un agregado compacto de hielo puro de agua, con salmuera llenando los intersticios, y flotando sobre una masa de agua líquida a menos de 0°C . [14]
- Coeficiente osmótico: el coeficiente osmótico caracteriza a la desviación del comportamiento de un solvente respecto de su comportamiento ideal. [14]
- Calor latente de vaporización: el calor de vaporización de una sustancia pura es la energía necesaria para

transformar una unidad de masa de un líquido en vapor, a presión y temperatura constantes. Cuando el agua se evapora desde una solución salina (agua de mar), el calor de vaporización es la diferencia entre la entalpía específica del agua en la solución salina. [14]

- Entalpía y entropía: la entalpía/entropía de una solución puede ser estimada a partir de la entalpía/entropía del agua pura. La diferencia entre la entalpía/entropía de la solución y la del solvente puro ha sido correlacionada con la temperatura y la salinidad. [14]

2.1.5 Corrosión de metales en presencia de agua de mar y medidas para su prevención

La corrosión es un proceso electroquímico de degradación espontánea que experimentan los metales en contacto con un medio conductor, convirtiéndose en óxidos de composición que dependen de factores ambientales. El medio, que puede ser un líquido, gas o sólidos-líquido recibe el nombre de electrolito, ya que posee propiedades conductivas para transferir carga eléctrica, requerimiento fundamental en el proceso de corrosión. La corrosión afecta a todos los sectores industriales con un impacto significativo en la economía, ya que aparte de

los costos directos para reemplazar y reparar materiales deteriorados por la corrosión, las empresas pierden ingresos debido al costo de detener transitoriamente sus procesos productivos. [14]

En particular, la corrosión asociada a la industria minera se ve favorecida por factores naturales existentes en las unidades mineras y se intensifica aún más cuando se utiliza agua de mar como agua de proceso, debido a su alta fuerza iónica. [14]

Las propiedades más importantes del agua oceánica son la presencia de sales de cloruro y sulfato, alta conductividad eléctrica, pH moderado, capacidad de tamponamiento razonablemente alta, la presencia de O_2 y CO_2 disueltos y un gran número de compuestos orgánicos, incluyendo bacterias, algas y otros. Cada uno de estos tiene un papel en la corrosión de estructuras de hormigón y metal en contacto con o en estrecha proximidad al agua de mar. [14]

En la mayoría de los casos, la corrosión no puede eliminarse, sólo ser minimizada o controlada a tasas aceptables, utilizando diversos métodos que protegen contra la corrosión. [14]

Control y prevención de la corrosión

El término control de la corrosión usado en el ámbito de la preservación de las propiedades de hierro en forma de acero, hace referencia a la minimización o bloqueo de la reacción de corrosión. Muchas son las formas de evitar o por lo menos retardar los fenómenos de corrosión (Covino, 2003; Sheir et al., 200b; Roberge, 2000b). El procedimiento a elegir depende de las características, dimensiones y aplicaciones del objeto a proteger. El control se puede efectuar ya sea en el metal, la interfase o en el propio medioambiente. Aquí solo se revisa el caso de contacto directo de agua de mar con el metal. En el caso particular de acero estructural en concreto armado, el daño provocado por agua de mar infiltrada a través del concreto es de alta complejidad y su prevención requiere de medidas especiales (Ann y Song, 2007). [14]

Los elementos del control y prevención de la corrosión en agua de mar son: a) monitoreo de la corrosión, b) selección de material, c) manejo de las condiciones del agua, d) uso de recubrimientos superficiales, e) inhibidores de corrosión, f) aplicación de protección eléctrica, ya sea catódica o anódica. [14]

Aparte de las medidas anteriores existen procedimientos genéricos de prevención de la corrosión aplicables a todos los casos y que forman parte del diseño de plantas y medidas de monitoreo de la corrosión. Estos son:

- Evitar áreas del metal donde se acumule sedimento o agua de mar estancada. El sedimento proviene de materia orgánica contenida en el agua de mar (e.g. microalgas) y promueve ya sea procesos de biocorrosión o cambios químicos que aceleran significativamente este fenómeno. [14]
- Evitar el uso de material absorbente en contacto con el metal. [14]
- Usar ensambles de tuberías perfectamente sellados. Uniones o juntas defectuosas crean cavidades ocluidas que favorecen la corrosión en rendijas. [14]

2.1.6 Uso de agua de mar en procesos mineros en la industria minera peruana

El uso de agua de mar en el Perú por la industria minera aún no se encuentra del todo difundido; sin embargo, la escasez de agua si es un problema al cual se enfrentan las empresas

mineras actualmente, puesto que no solo se enfrentan a la falta de agua sino también a los problemas sociales que su uso conlleva; por lo tanto se hace necesario que desde hoy se investigue el uso de otras fuentes que posibiliten el desarrollo normal de las actividades mineras.

Actualmente se cuenta con dos casos satisfactorios de uso de agua de mar en nuestro país, los cuales son:

- Minera Bayóvar de Compañía Minera Miski Mayo S.A.C. (Miski Mayo) es una unidad minera no metálica que contempla la explotación de un yacimiento de fosfatos, el procesamiento de éstos para producir concentrados y su embarque para exportación. La mayor parte del tratamiento (disgregado y deslamado) se hace con agua de mar. Solo el lavado del concentrado, para desplazar los cloruros se hace con agua desalinizada. Posee una planta desalinizadora para obtención de agua para sus procesos.
- Unidad Minera Cerro Lindo de Compañía Minera Millpo S.A.A. Las actividades en la U.M. Cerro Lindo se iniciaron en el año 2007, explotando un yacimiento de plomo, cobre, zinc y plata de tipo volcánico sulfuro

masivo por el método subterráneo, y su procesamiento en una planta concentradora. Cerro Lindo utiliza agua de mar desalinizada como agua de proceso en sus operaciones.

- Southern Peru Copper Corporation en su refinera de cobre en Ilo, utiliza agua desalinizada.

2.1.7 Experiencias de uso de agua de mar en procesos mineros en otros países

Si hay disponibilidad, las operaciones mineras prefieren una fuente de agua de buena calidad por sobre el agua salina para sus procesos de producción. Sin embargo, la industria minera se enfrenta a los problemas de abastecimiento de agua a nivel mundial. En países como Chile, Perú, Australia y África del Sur, varios proyectos están sufriendo la escasez de agua dulce, requiriendo nuevos suministros para sus operaciones de procesamiento de minerales. El aumento de la demanda y la disminución de las leyes del mineral obligan a los mineros a buscar fuentes hídricas alternativas. [11]

El norte de Chile, una de las zonas más secas del mundo y, por lo tanto, con menos disponibilidad de agua, concentra la mayor

parte de la producción cuprífera del mundo. Según un estudio elaborado por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), las extracciones de agua fresca –de origen superficial y subterráneo- en el año 2012 alcanzaron los 12,4 m³/s en el sector de la minería del cobre (COCHILCO, 2013). [11]

El mismo estudio menciona, respecto del país: <<La gran apuesta para poder desarrollar la minería de manera sustentable en un futuro cercano, parece ser el agua de mar>>. A nivel nacional, las aguas oceánicas constituyen el 8% del total que utiliza la industria minera, valor que se espera vaya en aumento durante los próximos años. De hecho, el consumo total de agua de mar en la minería del cobre se incrementó 37% entre 2011 y 2012, tras pasar desde 713 a 978 L/s. [11]

El punto crítico del uso del agua de mar en las operaciones mineras es la energía necesaria para la impulsión del agua desde el nivel del mar a grandes alturas, donde están ubicadas la mayoría de las operaciones mineras. El agua debe ser transportada hacia las unidades mineras, que suelen estar alejadas del punto de captación, lo que implica alta demanda de energía, empleo de equipos de bombeo y redes de tuberías,

aparte de considerar la corrosión que produce si se utiliza sin desalar. Y aun cuando el costo de emplear agua de mar es entre tres y cuatro veces más caro que el uso de agua dulce, debido a la escasez del recurso es la única posibilidad factible técnica y económicamente para muchas iniciativas mineras en la actualidad. [14]

Cuenta de ello se observa en la Tabla 2.2 que lista algunos casos alrededor del mundo en donde se utiliza el agua de mar.

Tabla 2.2 Experiencias de uso de agua de mar en otros países

Unidad minera/Proyecto	País	Puesta en marcha	Uso de agua de mar desalinizada	Uso directo de agua de mar
Proyecto Cobre - Molibdeno Sierra Gorda	Chile	2014	Procesamiento de óxidos, lavado de camiones y maquinarias, y sistemas sanitarios	Procesamiento de sulfuros, alimentación de la planta de osmosis y la red de incendio
Mina Black Angel de Plomo - Cinc	Groenlandia	1973 - 1990	Proceso de flotación convencional selectiva de galena y esfalerita	-
Proyecto El Boleo - cobre, cobalto, cinc y manganeso	Baja California, México	En proyecto	-	Trituración y molienda
Batu Hijau, Mina de cobre-oro	Indonesia	2002	-	Flotación rougher cobre/oro y beneficiación del mineral
Mina de níquel Mount Keith	Australia	2002	-	Flotación
Mina de uranio Beverly	Australia	2008	-	Lixiviación
Mina de arenas minerales Jacinth-Ambrosia	Australia	2009	Consumo humano	Agua de proceso

Fuente: Cisternas & Moreno, 2014. [14]

2.2 Marco conceptual

- Agua de mar salada: o llamada también “agua de mar sin desalinizar”, son los términos con los que se llama al agua de mar propiamente dicha que no ha pasado por ningún procedimiento que

altere su composición natural.

- Agua de mar desalada: o llamada también “agua de mar desalinizada”, se refiere al agua de mar que ha pasado por un proceso de desalinización.
- Planta de desalinización: es una instalación industrial destinada a la desalinización del agua. Como su propio nombre indica, la desalación consiste en separar la sal del agua, obteniendo así un agua de la calidad necesaria para el uso que se le vaya a dar. Este uso es normalmente para consumo humano (agua potable) o para utilización en otras actividades de tipo industrial, agrícola, etc. La desalación se puede realizar mediante diferentes técnicas como la destilación, la congelación, la evaporación instantánea o la formación de hidratos, pero, en la actualidad el método de ósmosis inversa es el más utilizado y extendido.
- Criterios clave: es un conjunto de factores de importancia relevante que caracterizan que pueden servir a una organización para analizar en profundidad un tema antes de tomar una decisión sobre su elección final.
- Valorización de criterios clave: consiste en darle valor cuantitativo y cualitativo a cada uno de los criterios seleccionados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicativo, debido a que se basa en la búsqueda de información de carácter teórico y a la vez en la exploración de experiencias de empresas mineras nacionales e internacionales que actualmente utilizan el agua de mar desalinizada y sin desalinizar en sus procesos, con el objetivo de crear una metodología que pueda ser aplicada de manera preliminar por los dueños de las empresas mineras que buscan tomar decisiones sobre el uso de agua de mar en sus operaciones. La presente investigación confía principalmente en las experiencias exitosas de las compañías mineras que se encuentran en el mercado actual y que demuestran la factibilidad del uso de agua de mar sin desalinizar en los procesos mineros.

3.2 Nivel de investigación

Conforme a los propósitos y naturaleza del estudio, esta reunió las condiciones para ser considerada como una investigación Correlacional, debido a que el estudio permite medir el grado de relación que existe entre dos o más variables, que llamaremos “criterios clave”, en la toma de decisiones sobre el uso de agua de mar sin desalinizar en los proyectos mineros.

3.3 Metodología de la investigación

3.3.1 Recopilación y revisión de información

Se realizó una búsqueda de información de todo lo concerniente a la utilización de agua de mar en operaciones mineras, utilizando medios físicos y digitales. Durante la búsqueda se encontraron dos grandes plataformas de información en Perú y Chile, en donde se tiene acceso a los estudios de impacto ambiental (EIA) de todas las empresas mineras que laboran en ambos países, para el Perú se llama SEAL (Sistema de evaluación ambiental en línea) y para Chile SEA (Servicio de evaluación ambiental). Luego, se buscaron cuales son las empresas mineras que utilizan o proyectan utilizar agua de mar en sus operaciones, encontrándose que son las siguientes:

**Tabla 3.1 Listados de empresas que usan agua de mar salada
y/o desalada**

Nº	Nombre de la empresa minera	País	Mineral procesado	Estado	Uso de agua de mar	
					Salada	Desalada
1	Minera Esperanza	Chile	Cobre	Operando	X	X
2	Minera Sierra Gorda	Chile	Cobre	Operando	X	X
3	Minera Candelaria	Chile	Cobre	Operando		X
4	Minera Escondida Fase I	Chile	Cobre	Operando		X
5	Minera Antucoya	Chile	Cobre	Operando	X	X
6	Minera CAP Cerro Negro Norte	Chile	Hierro	Operando		X
7	Minera Manto Verde	Chile	Cobre	Operando		X
8	Minera Cerro Lindo	Perú	Polimetálico (Pb, Cu, Zn y Ag)	Operando		X
9	Minera Bayovar Miski Mayo - Vale	Perú	Fosfatos	Operando		X
10	Minera Escondida Fase II EWS	Chile	Cobre	Proyecto		X
11	Minera Cerro Blanco	Chile	Rutilo (Titanio)	Proyecto		X
12	Minera Dominga	Chile	Cobre y hierro	Proyecto		X
13	Minera Spence	Chile	Cobre	Proyecto		X
14	Minera El Morro	Chile	Cobre - oro	Proyecto		X
15	Minera Radomiro Tomic	Chile	Cobre	Proyecto		X
16	Minera Tía María	Perú	Cobre	Proyecto	X	X

Elaboración propia.

Una vez identificadas las empresas mineras que utilizan o utilizarán agua de mar en sus operaciones, se procedió a bajar los estudios de impacto ambiental completos de cada plataforma informativa, para luego almacenarla en forma digital.

Una vez, que se contó con todos los estudios, se procedió a la revisión de cada uno de ellos y a la vez se fue preparando resúmenes con la información más relevante.

3.3.2 Elaboración de ficha de recopilación de datos

Una vez que se terminó la revisión de la información, se vio la necesidad de generar una ficha resumen de cada estudio, que reuniera la información más relevante acerca del uso de agua de mar en sus instalaciones.

El modelo de ficha que se elaboró para resumir la información de los estudios de impacto ambiental se presenta en el Anexo A y consideró los siguientes aspectos:

- Datos generales de la unidad minera o del proyecto.
- Datos del sistema de captación de agua de mar.
- Sistema de bombeo de agua de mar salada o desalada.

- Gestión del agua potable para el uso del personal en la zona Mina - Planta de procesos.
- Gestión del agua industrial para el proceso minero metalúrgico.
- Impactos ambientales identificados.

Debido a que se cuentan con empresas que usan agua desalinizada y otras que usan también agua de mar directa, se hicieron unas modificaciones en el modelo de fichas, dependiendo del caso; de igual manera los modelos de ficha se presentan en el Anexo B.

3.3.3 Llenado de fichas

Una vez elaborados los modelos de fichas resumen, se procedió a llenar una ficha por estudio, de tal manera que se cuenta con dieciséis (16) fichas en total y estas se presentan en el Anexo C.

3.3.4 Comparación de fichas

Para lograr hacer una comparación entre los datos encontrados en cada estudio, se formaron dos grandes grupos, uno conformado por los estudios correspondientes a empresas que

se encuentran operando actualmente y el otro conformado por lo estudios correspondientes a proyectos mineros.

Seguidamente se generaron dos grandes matrices comparativas que se presentan en el Anexo D.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación y valorización de criterios clave

Al comparar las fichas entre sí, se pudo observar varias coincidencias y ciertos factores constantes entre cada empresa minera que optó por usar agua de mar salada o desalada. Además, considerando la revisión bibliográfica previamente realizada se pudo cotejar que mucha de esta información teórica se veía reflejada en los diferentes criterios analizados en cada uno de estos estudios.

De tal manera, se escogieron los siguientes criterios para luego ser valorizados:

- Distancia del proyecto hacia la costa.
- Salinidad del agua de mar.
- Mineral de beneficio.

- Vida útil del proyecto.
- Altitud del embalse de almacenamiento de agua de mar.
- Consumo de electricidad de sistema de bombeo.
- Procesos que utilizarán agua de mar.
- Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales.
- CAPEX.
- OPEX Anual.
- Impactos ambientales.

El siguiente paso fue establecer valores de calificación para cada uno de estos criterios, tomando como referencia la Guía Metodológica de Conesa [39], se describen a continuación la valoración para cada criterio.

- Dm - Distancia del proyecto hacia la costa: Se refiere a la distancia a la que se encuentra el proyecto con respecto al mar.
 - Lejana (1): Distancia > a 200 km de la costa.
 - Moderada (2): Entre 200 y 100 km de la costa.
 - Cercana (4): < a 100 km de la costa.
- Sm - Salinidad del agua de mar: es la cantidad total en gramos

de las sales disueltas contenidas en un kilogramo de agua del mar.

- Alta (1): > 37 g.kg-1.
- Estándar (2): Entre 34 y 37 g.kg-1.
- Baja (4): < 34 g.kg-1.

▪ Mb - Mineral de beneficio: Se refiere al mineral a extraer del yacimiento minero.

- Trabajable (2): Otros minerales: níquel, uranio, zinc, plomo, cobalto, manganeso, oro.
- Ideal (4): Cobre.

▪ Vu - Vida útil del proyecto: Son los años en que se tiene proyectada la duración de la mina.

- Corta (1): De 1 a 10 años.
- Media (2): De 11 a 25 años.
- Larga (4): > 26 años.

▪ Ae - Altitud del embalse de almacenamiento de agua de mar: Se refiere a la altura con respecto al nivel del mar donde se encontrará ubicado el embalse de almacenamiento de agua de mar.

- Alta (1): > 2800 msnm.
- Moderada (2): De 2800 a 1500 msnm.
- Considerable (4): De 1500 a 500 msnm.
- Baja (8): De 500 a 0 msnm.

- Ce - Consumo de electricidad del sistema de bombeo: Se refiere al consumo de electricidad que implica el funcionamiento del sistema de bombeo de agua de mar.
 - Alto (1): > 100 MW/día.
 - Moderado (2): De 100 a 50 MW/día.
 - Bajo (4): < 50 MW/día.

- Pa - Procesos que utilizarán agua de mar: Se refiere a los procesos mineros en los que se utilizará el agua de mar.
 - Pocos (1): Uso de agua de mar salada en supresión de polvo en caminos y en operación de chancadoras.
 - Algunos (2): Uso de agua de mar salada en supresión de polvo en caminos, operación de chancadoras y molienda.
 - Varios (4): Uso de agua de mar salada en: supresión de polvo en caminos, operación de chancadoras, molienda y flotación.
 - Todos (8): Uso de agua de mar salada en: supresión de polvo en caminos, operación de chancadoras, molienda, flotación, transporte hidráulico de concentrados y relaves.

- Mc - Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales: Se refiere a la aplicación de medidas de control y prevención de la corrosividad de los materiales en contacto con agua de mar.
 - Mínimo (2): Aplicación de medidas para el control y prevención de la corrosión tales como: monitoreo de

- la corrosión, selección de material y manejo de las condiciones del agua.
- Considerable (4): Aplicación de medidas para el control y prevención de la corrosión, tales como: monitoreo de la corrosión, selección de material, manejo de las condiciones del agua, uso de recubrimientos superficiales, inhibidores de corrosión y aplicación de protección eléctrica.
 - Completo (8): Aplicación de medidas para el control y prevención de la corrosión tales como: monitoreo de la corrosión, selección de material, manejo de las condiciones del agua, uso de recubrimientos superficiales, inhibidores de corrosión y aplicación de protección eléctrica y aplicación de medidas complementarias de diseño.
- Ca – CAPEX: Se refiere a la inversión que se realizaría en la implementación del “sistema de bombeo de agua de mar” (SBAM) para operación de la mina.
 - Alto (1): > 1000 MUSD\$/SBAM.
 - Moderado (2): Entre 1000 y 500 MUSD\$/SBAM.
 - Bajo (4): < 500 MUSD\$/SBAM.
 - Op - OPEX Anual: Se refiere al costo permanente para el funcionamiento del sistema de bombeo.
 - Alto (1): > 1000 MUSD\$/SBAM/año.
 - Moderado (2): Entre 1000 y 500 MUSD\$/SBAM/año.
 - Bajo (4): < 500 MUSD\$/SBAM/año.

- la - Impactos ambientales: Se refiere a la generación de impactos ambientales producidos por la captación, bombeo y uso del agua de mar en la operación minera.
 - Alta (1): Impactos con significancia alta para los componentes ambientales: agua de mar, ruido, suelos, flora y/o fauna.
 - Media (2): Impactos con significancia moderada para los componentes ambientales: agua de mar, ruido, suelos, flora y/o fauna.
 - Baja (4): Impactos con significancia baja para los componentes ambientales: agua de mar, ruido, suelos, flora y/o fauna.

La valoración numérica de cada criterio identificado se presenta en el Anexo E. La conveniencia o no del uso de agua de mar (CUAM) en un proyecto minero, se calcula usando la siguiente expresión derivada de Conesa [39]:

$$\text{CUAM} = \text{Dm} + \text{Sm} + \text{Mb} + \text{Vu} + \text{Ae} + \text{Ce} + \text{Pa} + 3\text{Mc} + \text{Ca} + 2\text{Op} + 2.5\text{Ia}$$

Se considera que las Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales (Mc), el OPEX Anual (Op) y los Impactos ambientales (Ia) son los criterios con mayor influencia en la conveniencia del uso de agua de mar sin desalinizar. Es por esta razón que reciben una ponderación adicional dentro del cálculo.

A continuación se indican los rangos de significancia de los efectos:

Tabla 4.1 Escala considerada para la calificación de la “conveniencia del uso de agua de mar” (CUAM) en las operaciones mineras

Valor CUAM	Significado de la valoración CUAM
22 – 32	Condiciones muy bajas para uso de agua de mar sin desalinizar
33 – 43	Condiciones bajas para uso de agua de mar sin desalinizar
44 – 54	Condiciones moderadas para uso de agua de mar sin desalinizar
55 – 73	Condiciones altas para uso de agua de mar sin desalinizar
74 – 92	Condiciones ideales para uso de agua de mar sin desalinizar

Elaboración propia.

4.2 Metodología propuesta

La metodología propuesta para evaluar preliminarmente la viabilidad del uso de agua de mar en operaciones mineras considera los siguientes pasos:

- Paso 1: Utilizar la Tabla 1 del Anexo E para asignar un valor cualitativo a cada uno de los criterios considerados como clave en la determinación de la conveniencia del uso de agua

de mar en los proyectos mineros.

- Paso 2: Ingresar el valor de cada criterio en la siguiente fórmula: **CUAM = Dm + Sm + Mb + Vu + Ae + Ce + Pa + 3Mc + Ca + 2Op + 2.5Ia.**
- Paso 3: Ubicar el valor obtenido CUAM (Conveniencia del uso de agua de mar) dentro de la escala de calificación de la conveniencia del uso de agua de mar en las operaciones mineras, presentado en la Tabla 4.1.

4.3 Validación de la metodología propuesta

1. Mina en operación: Antucoya – Grupo Antofagasta Minerals

- Paso 1: Utilizando la Tabla N° 1 del Anexo E del presente trabajo, se le asigna un valor numérico cualitativo a cada uno de los criterios clave de la primera columna de la siguiente Tabla.

Tabla 4.2 Valoración de criterios clave de la Mina Antucoya

Criterio Clave	Símbolo	Valor numérico	Valor textual
Distancia del proyecto hacia la costa	Dm	2	Moderado
Salinidad del agua de mar*	Sm	2	Estándar
Mineral de beneficio	Mb	4	Ideal
Vida útil del proyecto	Vu	2	Medio
Altitud del embalse de almacenamiento de agua de mar	Ae	2	Moderada
Consumo de electricidad de sistema de bombeo	Ce	4	Bajo
Procesos que utilizarán agua de mar	Pa	1	Pocos
Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales*	Mc	2	Mínimo
CAPEX	Ca	4	Bajo
OPEX Anual	Op	4	Bajo
Impactos ambientales*	Ia	8	Bajos

*Valores asumidos de acuerdo a experiencia propia.
Elaboración propia.

- Paso 2: Se ingresan los valores de la columna verde de la Tabla 4.2 en la siguiente fórmula:

$$\text{CUAM} = \text{Dm} + \text{Sm} + \text{Mb} + \text{Vu} + \text{Ae} + \text{Ce} + \text{Pa} + 3\text{Mc} + \text{Ca} + 2\text{Op} + 2.5\text{Ia}$$

$$\text{CUAM} = 2 + 2 + 4 + 2 + 2 + 4 + 1 + 3(2) + 4 + 2(4) + 2.5(8)$$

$$\text{CUAM} = 55$$
- Paso 3: Utilizando la Tabla 4.1, ubicamos el valor obtenido para CUAM en el intervalo que va de **55 – 73 Condiciones altas para**

uso de agua de mar sin desalinizar.

2. Mina en proyecto: Escondida Fase II – BHP Billiton

- Paso 1: Utilizando la Tabla 1 del Anexo E del presente trabajo, se le asigna un valor numérico cualitativo a cada uno de los criterios clave de la primera columna de la siguiente Tabla.

Tabla 4.3 Valoración de criterios clave de la Mina Escondida Fase II

Criterio Clave	Símbolo	Valor numérico	Valor textual
Distancia del proyecto hacia la costa	Dm	2	Moderada
Salinidad del agua de mar*	Sm	2	Estándar
Mineral de beneficio	Mb	4	Ideal
Vida útil del proyecto	Vu	4	Larga
Altitud del embalse de almacenamiento de agua de mar	Ae	1	Alta
Consumo de electricidad de sistema de bombeo	Ce	1	Alto
Procesos que utilizarán agua de mar	Pa	4	Varios
Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales*	Mc	8	Completo
CAPEX	Ca	1	Alto
OPEX Anual	Op	2	Moderado
Impactos ambientales*	Ia	4	Medios

*Valores asumidos de acuerdo a experiencia propia.
Elaboración propia.

- Paso 2: Se ingresan los valores de la columna verde de la Tabla

4.3 en la siguiente fórmula:

$$\text{CUAM} = \text{Dm} + \text{Sm} + \text{Mb} + \text{Vu} + \text{Ae} + \text{Ce} + \text{Pa} + 3\text{Mc} + \text{Ca} + 2\text{Op} + 2.5\text{Ia}$$

$$\text{CUAM} = 2 + 2 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4 + 3(8) + 1 + 2(4) + 2.5(4)$$

$$\text{CUAM} = 57$$

- Paso 3: Utilizando la Tabla 4.1, ubicamos el valor obtenido para CUAM en el intervalo que va de **55 – 73 Condiciones altas para uso de agua de mar sin desalinizar.**

4.4 Discusión

1. Actualmente, frente al calentamiento global y los problemas sociales que conllevan el uso de agua dulce (ríos, lagos, entre otros) para las empresas mineras, y a esto hay que sumarle el hecho de que cada vez va disminuyendo este tipo de agua y que muchas veces su uso genera conflictos sociales y también con el resto de industrias que requieren de esta para sus operaciones; lo que finalmente se traduce en pérdidas económicas. Es por este motivo que, hoy en día se buscan otras alternativas de suministro de agua, como lo es el uso de agua de mar tanto salada como desalada.
2. En el presente trabajo, se ha reunido la información disponible respecto del uso de agua de mar en operaciones mineras, tanto información teórica como la proveniente de casos reales de aplicación. La mayor cantidad de información se encontró en la plataforma virtual del

gobierno de Chile, donde se pudo tener acceso a los estudios ambientales realizados por varias empresas mineras chilenas tanto en operación como en proyecto, de los cuales se pudo obtener la información necesaria para elaborar la presente tesis.

3. De la información recopilada de los estudios ambientales de las empresas tanto chilenas como peruanas, se pudo observar que la gran mayoría usa agua desalinizada y cuenta con plantas desalinizadoras como parte de su operación, esto se debe a que el agua desalinizada se acerca bastante a la calidad con la que cuenta el agua proveniente de ríos y su uso no requiere inversión en medidas de control y prevención de la corrosión de materiales; sin embargo, las investigaciones han ido aumentando con el pasar de los años y existen unidades mineras que laboran con éxito utilizando agua de mar directamente en sus operaciones, por tal motivo y económicamente sería de mayor beneficio el utilizar el agua de mar directa, evitando la inversión en plantas desalinizadoras de gran capacidad y todos los gastos que conllevan su mantenimiento y operación.
4. Cabe indicar que al revisar la información de los estudios de las empresas mineras que usan agua de mar sin desalinizar en sus operaciones, se encontró que también cuentan con plantas de desalinización de capacidades pequeñas, con las que obtienen agua para suministrar a los campamentos y oficinas.

5. Si bien los criterios clave identificados y la aplicación de la valoración de cada uno de ellos se ha formulado para contribuir de una manera práctica y rápida en la toma de decisiones sobre la conveniencia o no del uso de agua de mar en un proyecto minero, cabe indicar que cualquiera sea el resultado obtenido siempre tendrá que ser seguido por el respectivo estudio de prefactibilidad para contar con la certeza de la viabilidad del uso de este tipo de agua.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la presente investigación, se concluye que son once los criterios clave que pueden ayudar a una empresa minera a realizar un análisis preliminar sobre la conveniencia o no del uso de agua de mar en sus operaciones, sea que se encuentre en funcionamiento o en proyecto. Estos once criterios son los siguientes:
 - Distancia del proyecto hacia la costa,
 - Altitud del embalse de almacenamiento de agua de mar,
 - Salinidad del agua de mar,
 - Mineral de beneficio,
 - Vida útil del proyecto,
 - Consumo de electricidad de sistema de bombeo,
 - Procesos que utilizarán agua de mar,
 - Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales,
 - CAPEX,
 - OPEX Anual e
 - Impactos ambientales.
2. En el presente trabajo se desarrolló una metodología a seguir para evaluar de forma preliminar la conveniencia del uso de agua de mar sin desalinizar. De tal manera que, primero se valora de forma cualitativa

y cuantitativa a cada uno de los once criterios clave identificados (usando el Anexo E), luego a través de la aplicación de la fórmula CUAM, obtendremos un resultado numérico que nos permitirá saber si la empresa minera presenta condiciones altas o bajas para utilizar agua de mar en sus operaciones.

3. La aplicación de la fórmula CUAM (Conveniencia del uso de agua de mar), nos da como resultado un valor numérico que permite conocer preliminarmente la conveniencia o no del uso de agua de mar en las operaciones mineras; de tal manera que los valores obtenidos entre 22 – 32 serán considerados como “*Condiciones muy bajas para uso de agua de mar sin desalinizar*”, entre 33 – 43 serán “*Condiciones bajas para uso de agua de mar sin desalinizar*”, 44 – 54 “*Condiciones moderadas para uso de agua de mar sin desalinizar*”, 55 – 73 “*Condiciones altas para uso de agua de mar sin desalinizar*” y los valores entre 74 – 92 representarán “*Condiciones ideales para uso de agua de mar si desalinizar*”.
4. Al aplicar la fórmula CUAM para la mina en operación Antucoya del Grupo Antofagasta Minerals, se obtuvo un resultado de 55, valor que corresponde a “*Condiciones altas para uso de agua de mar sin desalinizar*”. Igualmente, en el caso de la mina en proyecto Escondida Fase II de BHP Billiton, el resultado fue de 57, valor que también corresponde a “*Condiciones altas para uso de agua de mar*”.

5. El agua es uno de los principales insumos que requiere la industria minera para su operación y durante años proviene de ríos y lagos, así como de fuentes subterráneas; sin embargo su escasez nos demanda la búsqueda de alternativas tales como el uso de agua de mar de forma directa o procesada; por lo tanto la metodología propuesta en el presente trabajo podría convertirse en una herramienta que facilite la toma de decisiones sobre el uso de agua de mar en las operaciones mineras, de forma preliminar.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda un siguiente estudio para validar la Tabla 1 del Anexo E y la aplicación de la fórmula CUAM elaborada para determinar la conveniencia o no del uso de agua mar sin desalinizar en las operaciones mineras; usando la información de una mayor cantidad de unidades mineras en operación y/o en proyecto.
2. Cuando al aplicar la fórmula CUAM el resultado nos dé un valor no deseable se recomienda revisar la valoración asignada a cada uno de los criterios clave a fin de ajustar la calificación de cada uno de ellos; o por otra parte si se desea de todas maneras utilizar agua de mar en las operaciones podría revisarse cada uno de los criterios clave a nivel técnico con el fin de hacer los cambios o las mejoras pertinentes que nos permitan cambiar la valoración de cada uno de ellos con el objetivo

de contar con las condiciones altas para el uso de agua en las operaciones.

3. La metodología propuesta en el presente trabajo está elaborada específicamente para operaciones mineras, sin embargo considerando la escasez de agua a nivel mundial, es decir que la falta de agua no solo se presenta para las unidades mineras, sino que también dificulta la operatividad de otro tipo de actividades productivas como la agricultura; se recomienda evaluar como alternativa el uso de agua de mar y para esto podría elaborarse una metodología similar a la presentada en esta investigación pero direccionada a la actividad que se desea evaluar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Talavera, Y. (2019). Estudio de investigación de flotación con el uso de agua de mar para Compañía Minera Marcobre [en línea]. Tesis para título profesional. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. [Fecha de acceso 18 de junio del 2020]. URL disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13212>
- [2] Aparicio, W. (2018). Estudio de la flotación bulk de minerales pódidos de cobre con la utilización de agua de mar [en línea]. Tesis para título profesional. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. [Fecha de acceso 18 de junio del 2020]. URL disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8394>
- [3] Morales, F. (2017). Estudio del efecto de las interacciones del sistema de agua de mar – cal en procesamiento de minerales [en línea]. Tesis de Maestría. Universidad de Chile. [Fecha de acceso 15 de diciembre del 2018]. URL disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/144411>
- [4] RCA Dominga (Resolución de Calificación Ambiental), (2017). “Proyecto Dominga” Resolución Exenta N° 025, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [5] RCA RT Sulfuros (Resolución de Calificación Ambiental), (2016). “Proyecto RT Sulfuros”, Resolución Exenta N° 022, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [6] Mutsios, M. (2016). ¿En qué estamos? Breve análisis sobre la situación del sector minero en el Perú. Página Web: Enfoque Derecho. [Fecha de acceso 22 de enero del 2016]. URL disponible en: http://enfoquederecho.com/publico/ambiental/en-que-estamos-breve-analisis-sobre-la-situacion-del-sector-minero-en-el-peru/#_ftnref4

- [7] Grupo EDITEC, (2015). Plantas desalinizadoras y sistemas de impulsión de agua de mar, revista minería Chile, Capitulo Caso Escondida capacidad de tratamiento 525 l/s fase I.
- [8] Ppt Acciona Agua, (2015). Desalación: una solución global a la escasez de agua. Presentación parte del encuentro ambiental 2015.
- [9] Veolia, (2015). Nota de prensa: Veolia gana un contrato para la operación y mantenimiento de una planta desaladora en la Mina Cerro Lindo, Perú.
- [10] ANA, (2015). Renovación de Autorización de Vertimientos de Aguas Residuales Industriales (Salmuera) al Mar desde Planta Desaladora, Unidad Minera Cerro Lindo. Resolución Directoral N° 002- 2015 - ANA – DGCRH.
- [11] Comisión Chilena del Cobre. (2015). Consumo de agua en la minería del cobre al 2015. [Fecha de acceso 25 de enero del 2017]. URL disponible en: http://www.revistagua.cl/wp-content/uploads/sites/7/2016/06/Informe_Consumo-de-agua-en-la-mineria-del-cobre-al-2015.pdf
- [12] EIA Spence, (2015). Proyecto “Planta desalinizadora y suministro de agua industrial”, presentado por BHP Billiton en Septiembre de 2015.
- [13] Lorca, J. (2014). Evaluación técnico – económico del uso de agua de mar en una planta concentradora [en línea]. Tesis para título profesional. Universidad de Chile. [Fecha de acceso 22 de setiembre del 2017]. URL disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116814>
- [14] Cisternas, L., & Moreno, L. (2014). El agua de mar en la minería: fundamentos y aplicaciones. 1ra. Edición. Chile. RIL Editores. PP 234.
- [15] Valderrama, J., & Pizarro, R. (2014). Propiedades Fisicoquímicas del Agua de Mar para Procesos Mineros mediante Aproximantes de Padé [Fecha de acceso 11 de agosto de 2015]. URL disponible en:

<http://fce.unse.edu.ar/sites/default/files/pdf/resoluciones/Capitulo7.pdf>

- [16] Comisión Chilena del Cobre. (2014). Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2014 - 2025. [Fecha de acceso 23 de enero del 2017]. URL disponible en: <http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2015/01/Informe-Proyeccion-consumo-de-agua.pdf>
- [17] Morel, J.T. (2013). Mineras apuestan fuerte por el agua de mar. Diario La Segunda. [Fecha de acceso 24 de agosto del 2015]. URL disponible en: http://www.lasegunda.com/especiales/sustentabilidad/28_agosto_2013.pdf
- [18] Tía María. (2013). “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Tía María”, presentado el 13 de Noviembre de 2013. EIA Aprobado con fecha del 01/08/2014.
- [19] EIA RT Sulfuros (Estudio de Impacto Ambiental), (2013). “Proyecto RT Sulfuros”, presentado el 31 de Mayo de 2013.
- [20] RCA El Morro (Resolución de Calificación Ambiental), (2013). “Proyecto El Morro” Resolución Exenta N° 232, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [21] EIA Cerro Blanco (Declaración de Impacto Ambiental), (2013). “Proyecto Cerro Blanco”, presentada el 02 de Enero de 2013.
- [22] EIA Dominga (Estudio de Impacto Ambiental), (2013). “Proyecto Dominga”, presentado el 13 de Septiembre de 2013.
- [23] Ppt CAP Minería, (2013). Proyecto Cerro Negro Norte, presentada en II Simposio de Minería ATACAMAMIN.
- [24] ANA, (2013). Renovación de Autorización de Vertimientos de Aguas Residuales Industriales (Salmuera) al Mar desde Planta Desaladora,

Unidad Minera Cerro Lindo. Resolución Directoral N° 028- 2013 - ANA – DGCRH emitida por la Autoridad Nacional del Agua, Perú.

- [25] Andrade, & Gutiérrez (2013). Desalinización de Agua de Mar. Una Solución Oportuna para el Desafío Hídrico en la Costa Peruana. Presentación realizada en el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP).
- [26] Latinomería (2013). Ficha técnica proyecto de expansión de la planta de beneficio de fertilizantes Bayóvar. Visto en Marzo de 2017 en webpage: http://www.latinomineria.com/wp-content/uploads/sites/2/2013/09/Latino-73_WEB.pdf
- [27] Ppt White Mountain, (2012). White mountain titanium corporation-proyecto cerro blanco.
- [28] EIA El Morro (Estudio de Impacto Ambiental), (2012). “Proyecto El Morro”, presentado el 10 de Abril de 2012.
- [29] Miski Mayo, (2012). Agencia de Promoción de la Inversión Privada. Presentación de la Compañía Minera Miski Mayo en la Región Piura. Visto en Marzo de 2017 en webpage: http://www.proyectosapp.pe/RepositorioAPS/0/0/EVE/FORO_INVERSIONPRIVADA/15_RLanna.pdf
- [30] SVS Ingenieros, (2012). Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cerro Lindo, Perú. Resumen ejecutivo.
- [31] RCA Sierra Gorda (Resolución de Calificación Ambiental), (2011). “Proyecto Sierra Gorda”, Resolución Exenta N° 0126, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [32] RCA Candelaria (Resolución de Calificación Ambiental), (2011). “Proyecto Planta Desalinizadora Minera Candelaria”, Resolución Exenta N° 0129, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).

- [33] RCA Antucoya (Resolución de Calificación Ambiental), (2011). “Proyecto Antucoya” Resolución Exenta N° 0128, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [34] RCA CNN (Resolución de Calificación Ambiental), (2011). Proyecto “LTE Suministro Cerro Negro Norte y Desalinizadora Pta. Totoralillo” Resolución Exenta N° 042, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [35] RCA Manto Verde (Resolución de Calificación Ambiental), (2011). Proyecto “Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde”, Resolución Exenta N° 088, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [36] Compañía Minera Vale, (2011). Presentación de la Compañía Minera Vale en la Región Piura. Visto en Marzo de 2017 en webpage: http://www.ucvpiura.edu.pe/portal/publicidad/diapositivas_responsabilidadsocial/vale.pdf
- [37] Comisión Chilena del Cobre. (2011). Consumo del agua en la minería del cobre 2010. [Fecha de acceso 03 de noviembre del 2016]. URL disponible en: [http://aih-cl.org/articulos/Consumo-de-agua-en-la-mineria-del-cobre-COCHILCO-\(2010\).pdf](http://aih-cl.org/articulos/Consumo-de-agua-en-la-mineria-del-cobre-COCHILCO-(2010).pdf)
- [38] Sharqawy, M.H., Lienhard V, J.H., & Zubair, S.M. (2010). Thermophysical properties of seawater: a review of existing correlations and data. *Desalination and Water Treatment*, vol. 16 (2010) 354-380.
- [39] Conesa, V. (2010). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4ta Edición. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. PP 864.
- [40] Especialistas Ambientales S.A.C., (2010). Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación de Producción a 10,000 TMD y Suministro de Agua Energía y Planta Desaladora– Unidad Minera Cerro Lindo”

- [41] DIA Manto Verde (Declaración de Impacto Ambiental), (2010). Proyecto “Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde”, presentado por AngloAmerican División Manto Verde, presentada el 20 de Mayo de 2010.
- [42] DIA CNN (Declaración de Impacto Ambiental), (2010). Proyecto “Línea de Transmisión Eléctrica Suministro Mina Cerro Negro Norte y Planta Desalinizadora Punta Totoralillo”, presentada el 10 de Julio de 2010.
- [43] EIA Antucoya (Estudio de Impacto Ambiental), (2010). “Proyecto Antucoya”, presentado el 30 de Noviembre de 2010.
- [44] EIA Candelaria (Estudio de Impacto Ambiental), (2010). “Proyecto Planta Desalinizadora Minera Candelaria”, presentado el 16 de Abril de 2010.
- [45] EIA Sierra Gorda (Estudio de Impacto Ambiental), (2010). “Proyecto Sierra Gorda”, presentado el 31 de Mayo de 2010.
- [46] RCA EWS Escondida (Resolución de Calificación Ambiental), (2009). Proyecto “Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida”, Resolución Exenta N° 205, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [47] EIA Tía María (Estudio de Impacto Ambiental), (2009). “Proyecto Tía María”, presentado el 07 de Julio de 2009. EIA Rechazado con fecha del 08/04/2011.
- [48] RCA Centinela (Resolución de Calificación Ambiental), (2008). “Proyecto Esperanza”, Resolución Exenta N° 212, emitida por el SEA (Servicio de Evaluación Ambiental).
- [49] Especialistas Ambientales S.A.C., (2008). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación de Planta Concentradora – Cerro Lindo”.

- [50] EIA EWS Escondida (Estudio de Impacto Ambiental), (2008). Proyecto “Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida”, presentado por BHP Billiton, presentado el 20 de Mayo de 2008.
- [51] EIA Centinela (Estudio de Impacto Ambiental), (2007). “Proyecto Esperanza”, presentado el 02 de Marzo de 2007.
- [52] Golder y Asociados Perú S.A. (2007). Estudio de impacto ambiental del proyecto de fosfatos Bayóvar Piura, Perú. Resumen.
- [53] Herrera, J. (2006). Introducción a los Fundamentos de la Tecnología Minera [Fecha de acceso 11 de agosto de 2015]. URL disponible en: http://oa.upm.es/10433/1/Introd-Fundamentos-Tecn-Minera_20110927.pdf
- [54] Cesel Ingenieros, (2006). Estudio de Impacto Ambiental para el Suministro de Agua, Energía y Planta Desaladora, del Proyecto “Cerro Lindo”.
- [55] Prawda, J. (2004). Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones I. 1ra. Edición. México. LIMUSA. PP 936.
- [56] Contreras, E., & Fernández, V. (2003). Una nueva metodología para la evaluación de proyectos de inversión: las opciones reales. Revista Ingeniería de Sistemas. [Fecha de acceso 8 de octubre del 2015]. URL disponible en: <http://www.dii.uchile.cl/wp-content/uploads/2011/06/RIS-EVALUACION-DE-PROYECTOS-Opciones-Reales-EC-VF.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA VIABILIDAD DEL USO DE AGUA DE MAR EN OPERACIONES MINERAS

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>Problema General</p> <p>¿Existe una metodología para la evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en operaciones mineras?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Elaborar una metodología para evaluar preliminarmente la viabilidad del uso de agua de mar en operaciones mineras.</p>	<p>Hipótesis General.</p> <p>La identificación de las actividades de la operación minera que utilizan agua y la evaluación de los criterios clave para el uso de agua de mar pueden permitir realizar una evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en las operaciones mineras.</p>	<p>Variable Dependiente : Y</p> <p>Y1: Uso de agua de mar en operaciones mineras.</p>	<p>Indicadores</p> <p>Y1: Condiciones muy bajas para uso de agua de mar Y2: Condiciones bajas para uso de agua de mar Y3: Condiciones moderadas para uso de agua de mar Y4: Condiciones altas para uso de agua de mar Y5: Condiciones ideales para uso de agua de mar sin desalinizar</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Aplicativo y Correlacional.</p> <p>Método: Análisis y síntesis de la información recopilada, para luego plantear una metodología aplicativa.</p> <p>Población</p> <p>Nº de unidas mineras que se encuentran con información completa en las plataformas SEAL y SEA y que usan agua de mar o proyectan usarla en sus operaciones.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES INDEPENDIENTES	TÉCNICAS EN RECOLECCIÓN
<p>Problemas específicos</p> <p>1.- ¿Cuáles son las actividades de la operación minera que requieren agua y cuáles son sus requerimientos específicos?</p> <p>2.- ¿Cuáles son los criterios clave que hay que tomar en cuenta para el uso de agua de mar en operaciones mineras?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>1.- Identificar las actividades de la operación minera que utilizan agua y sus requerimientos específicos.</p> <p>2.- Identificar y evaluar los criterios clave para el uso de agua de mar en operaciones mineras.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>1.- La identificación de las actividades de la operación minera que utilizan agua constituye un primer paso para evaluar los criterios clave para el uso de agua de mar en operaciones mineras.</p> <p>2.- La evaluación de los criterios clave para el uso de agua de mar permitirán realizar una evaluación preliminar de la viabilidad del uso de agua de mar en las operaciones mineras.</p>	<p>Variable Independiente: X</p> <p>X1: Actividades de la operación minera que utilizan agua.</p> <p>X2: Criterios clave para uso de agua de mar.</p>	<p>Indicadores</p> <p>X1: # de actividades de la operación minera que utilizan agua.</p> <p>X2: # de criterios clave para uso de agua de mar.</p>	<p>Muestra 16 unidades mineras (en operación y en proyecto)</p> <p>Técnicas en recolección.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Recopilación y revisión de información 2- Elaboración de ficha de recopilación de datos 3- Llenado de fichas 4- Comparación de fichas <p>Instrumento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Plataforma de información digital SEAL (Perú) 2. Plataforma de información digital SEA (Chile)

Elaboración propia.

ANEXO B: Formato de fichas

Sistema bombeo de agua de mar sin desalar (SBAM_SD) - Nombre de Mina		
Datos del proyecto		
Item	Valor	Unidad
Propietario		
Mineral de Beneficio		
Tipo de mineralización		
Principales Procesos Óxidos		
Principales residuos Óxidos		
Principales Procesos Sulfuros		
Principales residuos Sulfuros		
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso		
Etapa actual		
Fecha presentación EIA		
Fecha aprobación EIA		
Año puesta en marcha		
Vida útil		
Inversión Proyecto SBAM_SD		
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Sin Planta Desaladora		
Material Emisario (cañería captación)		
Emisario submarino (cañería captación)		
Emisario submarino (cañería captación)		
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (No desalada)		
Caudal Máximo Acueducto		
Caudal Nominal Acueducto		
Material Tubería Acueducto		
Diámetro Tubería Acueducto		
Diámetro Tubería Acueducto		
Longitud Tubería Acueducto		
Elevación captación del agua		
Elevación embalse almacenamiento		
Altura de impulsión o bombeo		
N° de estaciones de bombeo		
Potencia eléctrica de consumo Total		
Potencia eléctrica de consumo Total		
Embalse almacenamiento del agua		
Sistema de revestimiento		
Gestión del Agua Potable para el uso del personal en la zona Mina - Planta de Procesos		
Item	Valor	Unidad
Ubicación de la planta		
Método de desalación		
Procesos de desalación		
Caudal de Diseño de Tratamiento		
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio		
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)		
Caudal Agua Desalada y Potable		
Requerimiento energía eléctrica		
Línea de energía eléctrica		
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico		
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)		
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)		
Impactos Ambientales		
Sector Captación de agua de mar		
Sector Sistema de bombeo de agua		
Sector Mina - Planta de Procesos		

Elaboración Propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada(SBAM_D) - Nombre de Mina		
Datos del proyecto		
Item	Valor	Unidad
Propietario		
Mineral de Beneficio		
Tipo de mineralización		
Principales Procesos Sulfuros		
Principales residuos Sulfuros		
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso		
Etapas actual		
Fecha presentación EIA		
Fecha aprobación EIA		
Año puesta en marcha		
Vida útil		
Inversión Proyecto SBAM_D		
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora		
Material Tuberías		
cañería captación		
cañería captación		
Emisario submarino		
Emisario submarino		
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora		
Item	Valor	Unidad
Ubicación de la planta		
Método de desalación		
Procesos de desalación		
Caudal de Diseño de Tratamiento		
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio		
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)		
Caudal Agua Desalada		
Requerimiento energía eléctrica		
Línea de energía eléctrica		
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)		
Caudal Máximo Acueducto		
Caudal Nominal Acueducto		
Material Tubería Acueducto		
Diámetro Tubería Acueducto		
Diámetro Tubería Acueducto		
Longitud Tubería Acueducto		
Elevación captación del agua		
Elevación embalse almacenamiento		
Altura de impulsión o bombeo		
N° de estaciones de bombeo		
Potencia eléctrica de consumo Total		
Potencia eléctrica de consumo Total		
Piscina almacenamiento del agua		
Sistema de revestimiento		
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico		
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)		
Impactos Ambientales		
Sector Captación de agua de mar		
Sector Sistema de bombeo de agua		
Sector Mina - Planta de Procesos		

Elaboración Propia.

**ANEXO C: Fichas con información
de las unidades mineras y
proyectos mineros que utilizan
agua de mar desalinizada y sin
desalinizar**

ANEXO C.1: Fichas de casos en Chile y Perú de unidades mineras en operación

Sistema bombeo de agua de mar sin desalar (SBAM_SD) - Minera Esperanza			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Grupo Antofagasta Minerals	-	(EIA Esperanza, 2007)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA Esperanza, 2007)
Tipo de mineralización	Óxidos y Sulfuros	-	(EIA Esperanza, 2007)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-	-	(EIA Esperanza, 2007)
Principales residuos Óxidos	Ripios Lixiviados	-	(EIA Esperanza, 2007)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA Esperanza, 2007)
Principales residuos Sulfuros	Desmante y relaves	-	(EIA Esperanza, 2007)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	125.000	tpd	(EIA Esperanza, 2007)
Etapas actual	En operación	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	21/08/2007	-	(RCA Esperanza, 2008)
Fecha aprobación EIA	08/07/2008	-	(RCA Esperanza, 2008)
Año puesta en marcha	2014	-	(Estimado)
Vida útil	30	años	(RCA Esperanza, 2008)
Inversión Proyecto SBAM_SD	655	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Sin Planta Desaladora			
Material Emisario (cañería captación)	HDPE	-	(RCA Esperanza, 2008)
Diámetro de emisario submarino (cañería captación)	60	pulgadas	(RCA Esperanza, 2008)
Diámetro de emisario submarino (cañería captación)	1524	mm	(RCA Esperanza, 2008)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (No desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	1500	l/s	(EIA Esperanza, 2007)
Caudal Nominal Acueducto	780	l/s	(EIA Esperanza, 2007)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Esperanza, 2007)
Diámetro Tubería Acueducto	48	pulgadas	(EIA Esperanza, 2007)
Diámetro Tubería Acueducto	122	mm	(EIA Esperanza, 2007)
Longitud Tubería Acueducto	144	Km	(EIA Esperanza, 2007)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Esperanza, 2007)
Altitud embalse almacenamiento	2230	msnm	(EIA Esperanza, 2007)
Altura de impulsión o bombeo	2230	m	(EIA Esperanza, 2007)
N° de estaciones de bombeo	4	-	(EIA Esperanza, 2007)
Potencia eléctrica de consumo Total	47.710	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	36	MW	(Estimado)
Embalse almacenamiento del agua	60000	m3	(EIA Esperanza, 2007)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Esperanza, 2007)
Gestión del Agua Potable para el uso del personal en la zona Mina - Planta de Procesos			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Mina y Planta procesos, Esperanza, II región, Chile	-	(EIA Esperanza, 2007)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Esperanza, 2007)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Esperanza, 2007)
Caudal de Diseño de Tratamiento	150	l/s	(EIA Esperanza, 2007)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	108	l/s	(EIA Esperanza, 2007)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	76	l/s	(EIA Esperanza, 2007)
Caudal Agua Desalada y Potable	32	l/s	(EIA Esperanza, 2007)
Requerimiento energía eléctrica	12,5	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(EIA Esperanza, 2007)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua salada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua salada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua salada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua salada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(RCA Esperanza, 2008)
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	(RCA Esperanza, 2008)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Esperanza, 2008)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Contaminación de suelos	-	(EIA Esperanza, 2007)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Esperanza, 2007)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Esperanza, 2007)
Sector Mina - Planta de Procesos	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	-	(EIA Esperanza, 2007)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar sin desalar (SBAM_SD) - Minera Sierra Gorda			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Minera Cuadra	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Tipo de mineralización	Óxidos y Sulfuros	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Principales residuos Sulfuros	Desmante y relaves	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	90.000	tpd	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Etapa actual	En operación	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	31/05/2010	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
Fecha aprobación EIA	08/07/2011	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
Año puesta en marcha	2014	-	(Estimado)
Vida útil	23	años	(RCA Sierra Gorda, 2011)
Inversión Proyecto SBAM_SD	873	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Sin Planta Desaladora			
Emisario de Captación	No posee, pues el agua de mar es suministrada desde la estación de enfriamiento de la central termoeléctrica Mejillones	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (No desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	2000	l/s	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Caudal Nominal Acueducto	1315	l/s	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Diámetro Tubería Acueducto	24	pulgadas	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Diámetro Tubería Acueducto	1067	mm	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Longitud Tubería Acueducto	142	Km	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Altitud embalse almacenamiento	1650	msnm	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Altura de impulsión o bombeo	1650	m	(EIA Sierra Gorda, 2010)
N° de estaciones de bombeo	2	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Potencia eléctrica de consumo Total	67284	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	50	MW	(Estimado)
Embalse almacenamiento del agua	2,5	Mm3	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Gestión del Agua Potable para el uso del personal en la zona Mina - Planta de Procesos			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Mina y Planta procesos, Sierra Gorda, II región, Chile	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Caudal de Diseño Tratamiento	90	l/s	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	63	l/s	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	27	l/s	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Caudal Agua Desalada y Potable	36	l/s	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Requerimiento energía eléctrica	7,5	MW	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua salada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua salada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua salada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua salada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Sierra Gorda, 2011)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Generación de emisión de gases desde central termoeléctrica Mejillones (uso de petcoke)	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Contaminación de suelos	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)
Sector Mina - Planta de Procesos	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	-	(EIA Sierra Gorda, 2010)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada(SBAM_D) - Minera Candelaria			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Freeport McMoran	-	(EIA Candelaria, 2010)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA Candelaria, 2010)
Tipo de mineralización	Sulfuros	-	(EIA Candelaria, 2010)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA Candelaria, 2010)
Principales residuos Sulfuros	Desmante y relaves	-	(EIA Candelaria, 2010)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	85.000	tpd	(EIA Candelaria, 2010)
Etapas actual	En operación	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	29/07/2010	-	(RCA Candelaria, 2011)
Fecha aprobación EIA	17/06/2011	-	(RCA Candelaria, 2011)
Año puesta en marcha	2013	-	(RCA Candelaria, 2011)
Vida útil	15	años	(RCA Candelaria, 2011)
Inversión Proyecto SBAM_D	270	MUSD\$	(RCA Candelaria, 2011)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(EIA Candelaria, 2010)
Diámetro de cañería captación	36	pulgadas	(EIA Candelaria, 2010)
Diámetro de cañería captación	914,4	mm	(EIA Candelaria, 2010)
Diámetro de emisario submarino	28	pulgadas	(EIA Candelaria, 2010)
Diámetro de emisario submarino	711,2	mm	(EIA Candelaria, 2010)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Puerto Punta Padrones, Caldera, III región, Chile	-	(EIA Candelaria, 2010)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Candelaria, 2010)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Candelaria, 2010)
Caudal de Diseño de Tratamiento	300	l/s	(EIA Candelaria, 2010)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	693	l/s	(EIA Candelaria, 2010)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	393	l/s	(EIA Candelaria, 2010)
Caudal Agua Desalada	300	l/s	(EIA Candelaria, 2010)
Requerimiento energía eléctrica	25	MW	(EIA Candelaria, 2010)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(EIA Candelaria, 2010)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	500	l/s	(EIA Candelaria, 2010)
Caudal Nominal Acueducto	300	l/s	(EIA Candelaria, 2010)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Candelaria, 2010)
Diámetro Tubería Acueducto	24	pulgadas	(EIA Candelaria, 2010)
Diámetro Tubería Acueducto	610	mm	(EIA Candelaria, 2010)
Longitud Tubería Acueducto	80	Km	(EIA Candelaria, 2010)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Candelaria, 2010)
Elevación embalse almacenamiento	380	msnm	(EIA Candelaria, 2010)
Altura de impulsión o bombeo	380	m	(EIA Candelaria, 2010)
N° de estaciones de bombeo	1	-	(EIA Candelaria, 2010)
Potencia eléctrica de consumo Total	5900	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	4,4	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	40000	m3	(EIA Candelaria, 2010)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Candelaria, 2010)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Candelaria, 2011)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(RCA Candelaria, 2011)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA Candelaria, 2010)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Candelaria, 2010)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Candelaria, 2010)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA Candelaria, 2010)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Escondida Fase I			
Datos del proyecto			
Item	Valor	Unidad	Referencia Bibliográfica
Propietario	BHP Billiton	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Tipo de mineralización	Óxidos y Sulfuros	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Principales residuos Sulfuros	Desmonte y relaves	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	400.000	tpd	(Grupo EDITEC, 2015)
Etapa actual	En operación	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Fecha presentación EIA	No tiene EIA (antes de la ley ambiental 19.300)	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Fecha aprobación EIA	No tiene EIA (antes de la ley ambiental 19.300)	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Año puesta en marcha	2006	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Vida útil	10	años	(Estimado)
Inversión Proyecto SBAM_D	550	MUSD\$	(Grupo EDITEC, 2015)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Número de tuberías de captación	1	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Diámetro de cañería captación	63	pulgadas	(Grupo EDITEC, 2015)
Diámetro de cañería captación	1600	mm	(Grupo EDITEC, 2015)
Número de tuberías de emisario	1	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Diámetro de emisario submarino	63	pulgadas	(Grupo EDITEC, 2015)
Diámetro de emisario submarino	1600	mm	(Grupo EDITEC, 2015)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Puerto Coloso, Antofagasta, II región, Chile	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Procesos de desalación	Pretratamiento (FAD flotación por aire disuelto y filtración)	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Caudal de Diseño de Tratamiento	525	l/s	(Grupo EDITEC, 2015)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	1260	l/s	(Grupo EDITEC, 2015)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	735	l/s	(Grupo EDITEC, 2015)
Caudal Agua Desalada	525	l/s	(Grupo EDITEC, 2015)
Requerimiento energía eléctrica	44	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(Grupo EDITEC, 2015)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	525	l/s	(Grupo EDITEC, 2015)
Caudal Nominal Acueducto	485	l/s	(Grupo EDITEC, 2015)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Diámetro Tubería Acueducto	24	pulgadas	(Grupo EDITEC, 2015)
Diámetro Tubería Acueducto	61	mm	(Grupo EDITEC, 2015)
Longitud Tubería Acueducto	170	Km	(Grupo EDITEC, 2015)
Altitud captación del agua	0	msnm	(Grupo EDITEC, 2015)
Elevación embalse almacenamiento	3200	msnm	(Grupo EDITEC, 2015)
Altura de impulsión o bombeo	3200	m	(Grupo EDITEC, 2015)
Nº de estaciones de bombeo	3	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Potencia eléctrica de consumo Total	39.608	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	30	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	2.000.000	m3	(Grupo EDITEC, 2015)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Flotación (Beneficio de los minerales) - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Elevados niveles de ruido	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(Grupo EDITEC, 2015)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(Grupo EDITEC, 2015)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(Grupo EDITEC, 2015)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar sin desalar (SBAM_SD) - Minera Antucoya			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Grupo Antofagasta Minerals	-	(EIA Antucoya, 2010)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA Antucoya, 2010)
Tipo de mineralización	Óxidos	-	(EIA Antucoya, 2010)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-EW	-	(EIA Antucoya, 2010)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(EIA Antucoya, 2010)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	25.000	tpd	(EIA Antucoya, 2010)
Etapas actual	Operando	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	30/11/2010	-	(RCA Antucoya, 2011)
Fecha aprobación EIA	11/07/2011	-	(RCA Antucoya, 2011)
Año puesta en marcha	2013	-	(Estimado)
Vida útil	23	años	(RCA Antucoya, 2011)
Inversión Proyecto SBAM_SD	74	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Sin Planta Desaladora			
Material Emisario (cañería captación)	HDPE	-	(RCA Antucoya, 2011)
Diámetro de emisario submarino (cañería captación)	60	pulgadas	(RCA Antucoya, 2011)
Diámetro de emisario submarino (cañería captación)	1524	mm	(RCA Antucoya, 2011)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (No desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	280	l/s	(RCA Antucoya, 2011)
Caudal Nominal Acueducto	160	l/s	(RCA Antucoya, 2011)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(RCA Antucoya, 2011)
Diámetro Tubería Acueducto	16	pulgadas	(RCA Antucoya, 2011)
Diámetro Tubería Acueducto	400	mm	(RCA Antucoya, 2011)
Longitud Tubería Acueducto	154	Km	(RCA Antucoya, 2011)
Altitud captación del agua	0	msnm	(RCA Antucoya, 2011)
Altitud embalse almacenamiento	1700	msnm	(RCA Antucoya, 2011)
Altura de impulsión o bombeo	1700	m	(RCA Antucoya, 2011)
N° de estaciones de bombeo	2	-	(RCA Antucoya, 2011)
Potencia eléctrica de consumo Total	8.640	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	6	MW	(Estimado)
Embalse almacenamiento del agua	625000	m3	(RCA Antucoya, 2011)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(RCA Antucoya, 2011)
Gestión del Agua Potable para el uso del personal en la zona Mina - Planta de Procesos			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Mina y Planta procesos, Antucoya, II región, Chile	-	(RCA Antucoya, 2011)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(RCA Antucoya, 2011)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(RCA Antucoya, 2011)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(RCA Antucoya, 2011)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(RCA Antucoya, 2011)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(RCA Antucoya, 2011)
Caudal de Diseño de Tratamiento	50	l/s	(RCA Antucoya, 2011)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	170	l/s	(RCA Antucoya, 2011)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	130	l/s	(RCA Antucoya, 2011)
Caudal Agua Desalada y Potable	40	l/s	(RCA Antucoya, 2011)
Requerimiento energía eléctrica	4	MW	(RCA Antucoya, 2011)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(RCA Antucoya, 2011)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	(RCA Antucoya, 2011)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	(RCA Antucoya, 2011)
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	(RCA Antucoya, 2011)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Antucoya, 2011)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Antucoya, 2010)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Antucoya, 2010)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Antucoya, 2010)
	Contaminación de suelos	-	(EIA Antucoya, 2010)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Antucoya, 2010)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Antucoya, 2010)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Antucoya, 2010)
Sector Mina - Planta de Procesos	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	-	(EIA Antucoya, 2010)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera CAP Cerro Negro Norte			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Compañía de Acero del Pacífico CAP	-	(DIA CNN, 2010)
Mineral de Beneficio	Hierro	-	(DIA CNN, 2010)
Principales Procesos Sulfuros	Óxidos (Magnetita y Hematita)	-	(DIA CNN, 2010)
Principales residuos Sulfuros	Chancado-Molienda - Concentración Magnética - Concentrado	-	(DIA CNN, 2010)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	50.000	tpd	(RCA CNN, 2011)
Etapa actual	Operando	-	(PPT Acciona Agua, 2015)
Fecha presentación EIA	26/06/2010	-	(RCA CNN, 2011)
Fecha aprobación EIA	24/02/2011	-	(RCA CNN, 2011)
Año puesta en marcha	2014	-	(PPT Acciona Agua, 2015)
Vida útil	20	años	(RCA CNN, 2011)
Inversión Proyecto SBAM_D	303	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Diámetro de cañería captación	63	pulgadas	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Diámetro de cañería captación	1600	mm	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Diámetro de emisario submarino	32	pulgadas	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Diámetro de emisario submarino	800	mm	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Puerto Punta Totoralillo, III región, Chile	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Caudal de Diseño de Tratamiento	300	l/s	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	693	l/s	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	493	l/s	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Caudal Agua Desalada	200	l/s	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Requerimiento energía eléctrica	25	MW	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	600	l/s	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Caudal Nominal Acueducto	200	l/s	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Diámetro Tubería Acueducto	18	pulgadas	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Diámetro Tubería Acueducto	46	mm	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Longitud Tubería Acueducto	80	Km	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Altitud captación del agua	0	msnm	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Altitud embalse almacenamiento	1222	msnm	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Altura de impulsión o bombeo	1222	m	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
N° de estaciones de bombeo	3	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Potencia eléctrica de consumo Total	6740	HP	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Potencia eléctrica de consumo Total	5	MW	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Tanque almacenamiento del agua	25000	m3	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Sistema de revestimiento	Acero	-	(PPT Acciona Agua, 2015; DIA CNN, 2010)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Concentración magnética (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(PPT CAP Minería, 2013; RCA CNN, 2010)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(DIA CNN, 2010)
	Elevados niveles de ruido	-	(DIA CNN, 2010)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(DIA CNN, 2010)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(DIA CNN, 2010)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(DIA CNN, 2010)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(DIA CNN, 2010)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(DIA CNN, 2010)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(DIA CNN, 2010)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Manto Verde			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	AngloAmerican	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Tipo de mineralización	Óxidos	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	25.000	tpd	(DIA Manto Verde, 2010)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-EW	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Etapa actual	En operación - Inicio explotación de Sulfuros	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Fecha presentación EIA	20/05/2010	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Fecha aprobación EIA	11/05/2011	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Año puesta en marcha	2013	-	(Estimado)
Vida útil	20	años	(RCA Manto Verde, 2011)
Inversión Proyecto SBAM_D	163	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Diámetro de cañería captación	87	pulgadas	(DIA Manto Verde, 2010)
Diámetro de cañería captación	2200	mm	(DIA Manto Verde, 2010)
Diámetro de emisario submarino	39	pulgadas	(DIA Manto Verde, 2010)
Diámetro de emisario submarino	1000	mm	(DIA Manto Verde, 2010)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Sector bahía Flamenco, III región, Chile	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(DIA Manto Verde, 2010)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(DIA Manto Verde, 2010)
	Postratamiento (anti-incrustantes, coagulantes, floculantes)	-	(DIA Manto Verde, 2010)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Caudal de Diseño de Tratamiento	150	l/s	(RCA Manto Verde, 2011)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	373	l/s	(RCA Manto Verde, 2011)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	253	l/s	(RCA Manto Verde, 2011)
Caudal Agua Desalada	120	l/s	(RCA Manto Verde, 2011)
Requerimiento energía eléctrica	13	MW	(RCA Manto Verde, 2011)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(RCA Manto Verde, 2011)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	332	l/s	(RCA Manto Verde, 2011)
Caudal Nominal Acueducto	120	l/s	(RCA Manto Verde, 2011)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Diámetro Tubería Acueducto	16	pulgadas	(RCA Manto Verde, 2011)
Diámetro Tubería Acueducto	41	mm	(RCA Manto Verde, 2011)
Longitud Tubería Acueducto	40	Km	(RCA Manto Verde, 2011)
Elevación captación del agua	0	msnm	(RCA Manto Verde, 2011)
Elevación embalse almacenamiento	840	msnm	(RCA Manto Verde, 2011)
Altura de impulsión o bombeo	840	m	(RCA Manto Verde, 2011)
N° de estaciones de bombeo	1	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Potencia eléctrica de consumo Total	2480	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	2	MW	(Estimado)
Tanque almacenamiento del agua	23000	m3	(RCA Manto Verde, 2011)
Sistema de revestimiento	Acero	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	(DIA Manto Verde, 2010)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	(DIA Manto Verde, 2010)
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	(DIA Manto Verde, 2010)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(DIA Manto Verde, 2010)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(RCA Manto Verde, 2011)
	Elevados niveles de ruido	-	(RCA Manto Verde, 2011)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(RCA Manto Verde, 2011)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(RCA Manto Verde, 2011)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(RCA Manto Verde, 2011)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(RCA Manto Verde, 2011)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(RCA Manto Verde, 2011)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada(SBAM_D) - Minera Cerro Lindo			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Cía Minera Milpo (Votorantim)	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Mineral de Beneficio	Polimetalico (Pb, Cu, Zn y Ag)	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Tipo de mineralización	Sulfuros	-	
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	21.000	tpd	(Informe Cerro Lindo, 2016)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2016)
Principales residuos Sulfuros	Desmonte y relaves	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Etapa actual	En operación	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Fecha presentación EIA	12/03/2010	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Fecha aprobación EIA	08/08/2011	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Año puesta en marcha	2013	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Vida útil	15	años	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Inversión Proyecto SBAM_D	52	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; Veolia; 2015)
Diámetro de cañería captación	12	pulgadas	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; Veolia; 2015)
Diámetro de cañería captación	304,8	mm	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; Veolia; 2015)
Diámetro de emisario submarino	8	pulgadas	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; Veolia; 2015)
Diámetro de emisario submarino	203,2	mm	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; Veolia; 2015)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Playa Jahuay, Chinchá Departamento de Ica, Perú	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
	Posttratamiento (inyección de aditivos)	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Caudal de Diseño de Tratamiento	60	l/s	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	120	l/s	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	72	l/s	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Caudal Agua Desalada	48	l/s	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Requerimiento energía eléctrica	5	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(Estimado)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	60	l/s	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Caudal Nominal Acueducto	48	l/s	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Material Tubería Acueducto	Aceros	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Diámetro Tubería Acueducto	6	pulgadas	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Diámetro Tubería Acueducto	152	mm	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Longitud Tubería Acueducto	40	Km	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Elevación captación del agua	0	msnm	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Elevación embalse almacenamiento	1800	msnm	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Altura de impulsión o bombeo	1800	m	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
N° de estaciones de bombeo	1	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012; ANA; 2013; ANA, 2015)
Potencia eléctrica de consumo Total	1760	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	1,3	MW	(Estimado)
Tanque almacenamiento del agua	3000	m3	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Sistema de revestimiento	Aceros	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Transporte concentrados por camion (filtrado del concentrado) - NO usan agua	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(Plan de cierre Cerro Lindo, 2012)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
	Elevados niveles de ruido	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(Especialistas Ambientales SAC, 2008; Especialistas Ambientales SAC, 2010); (Cesel Ingenieros, 2012)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada(SBAM_D) - Minera Bayovar Miski Mayo - Vale			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Miski Mayo SRL - Vale		(EIA Miski Mayo, 2007)
Mineral de Beneficio	Fosfatos	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Tipo de mineralización	Fosfatos (P2O5)	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	20.000	tpd	(Estimado)
Principales Procesos Fosfatos	Disgregado, tamizado, cicloneo	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Principales residuos Fosfatos	Desmonte y relaves	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Etapa actual	En operación	-	(Andrade y Gutierrez, 2013)
Fecha presentación EIA	15/11/2007	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Fecha aprobación EIA	14/12/2008	-	(Latinomería, 2013)
Año puesta en marcha	2010	-	(Latinomería, 2013)
Vida útil	27	años	(EIA Miski Mayo, 2007)
Inversión Proyecto SBAM_D	62	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Diámetro de cañería captación	36	pulgadas	(EIA Miski Mayo, 2007)
Diámetro de cañería captación	914	mm	(EIA Miski Mayo, 2007)
Diámetro de emisario submarino	No posee, la salmuera se utiliza en el manejo de relaves	pulgadas	(EIA Miski Mayo, 2007)
Diámetro de emisario submarino	No posee, la salmuera se utiliza en el manejo de relaves	mm	(EIA Miski Mayo, 2007)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Desierto de Sechura, sector planta proceso, Departamento de Piura, Perú	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Miski Mayo, 2007; Andrade y Gutierrez, 2013)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Miski Mayo, 2007; Andrade y Gutierrez, 2013)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Miski Mayo, 2007; Andrade y Gutierrez, 2013)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Miski Mayo, 2007; Andrade y Gutierrez, 2013)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Miski Mayo, 2007; Andrade y Gutierrez, 2013)
	Caudal de Diseño de Tratamiento	65	l/s
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	141	l/s	(EIA Miski Mayo, 2007)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	85	l/s	(EIA Miski Mayo, 2007)
Caudal Agua Desalada	56	l/s	(EIA Miski Mayo, 2007)
Requerimiento energía eléctrica	5	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(Estimado)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada) (Se bombea 853 l/s pero solo 141 l/s se desalinizan para proceso), el resto se usa sin desala			
Caudal Máximo Acueducto	900	l/s	(EIA Miski Mayo, 2007)
Caudal Nominal Acueducto	853	l/s	(EIA Miski Mayo, 2007)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Diámetro Tubería Acueducto	36	pulgadas	(EIA Miski Mayo, 2007)
Diámetro Tubería Acueducto	914	mm	(EIA Miski Mayo, 2007)
Longitud Tubería Acueducto	40	Km	(EIA Miski Mayo, 2007)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Miski Mayo, 2007)
Altitud embalse almacenamiento	24	msnm	(EIA Miski Mayo, 2007)
Altura de impulsión o bombeo	24	m	(EIA Miski Mayo, 2007)
N° de estaciones de bombeo	1	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Potencia eléctrica de consumo Total	6028	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	4,5	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	20000	m3	(EIA Miski Mayo, 2007)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos de Fosfatos P2O5)	Supresión de polvo en caminos - Agua desalada	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Disgregado, tamizado y deslamado - Agua sin desalar y desalada	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Filtración y enjuague de concentrado - Agua desalada	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua sin desalar	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Transporte concentrados por Bi-tren (filtrado del concentrado) - NO usan agua	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Potenciales filtraciones de agua de mar en el suelo del sector	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Miski Mayo, 2007)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA Miski Mayo, 2007)

Elaboración propia.

ANEXO C.2: Fichas de casos en Chile y Perú de proyectos mineros

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Escondida Fase II EWS			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	BHP Billiton	-	(EIA EWS, 2008)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA EWS, 2008)
Tipo de mineralización	Óxidos y Sulfuros	-	(EIA EWS, 2008)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-	-	(EIA EWS, 2008)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(EIA EWS, 2008)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA EWS, 2008)
Principales residuos Sulfuros	Desmonte y relaves	-	(EIA EWS, 2008)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	400.000	tpd	(Estimado)
Etapa actual	En construcción	-	(RCA EWS, 2009)
Fecha presentación EIA	22/08/2008	-	(RCA EWS, 2009)
Fecha aprobación EIA	12/06/2009	-	(RCA EWS, 2009)
Año puesta en marcha	2017	-	(RCA EWS, 2009)
Vida útil	40	años	(RCA EWS, 2009)
Inversión Proyecto SBAM_D	3500	MUSD\$	(RCA EWS, 2009)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(RCA EWS, 2009)
Número de tuberías de captación	2	-	(RCA EWS, 2009)
Diámetro de cañería captación	63	pulgadas	(RCA EWS, 2009)
Diámetro de cañería captación	1600	mm	(RCA EWS, 2009)
Número de tuberías de emisario	2	-	(RCA EWS, 2009)
Diámetro de emisario submarino	63	pulgadas	(RCA EWS, 2009)
Diámetro de emisario submarino	1600	mm	(RCA EWS, 2009)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Puerto Puerto Coloso, Antofagasta, II región, Chile	-	(RCA EWS, 2009)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(RCA EWS, 2009)
Procesos de desalación	Pretratamiento (FAD flotación por aire disuelto y filtración)	-	(RCA EWS, 2009)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(RCA EWS, 2009)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(RCA EWS, 2009)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(RCA EWS, 2009)
Caudal de Diseño de Tratamiento	3200	l/s	(RCA EWS, 2009)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	7700	l/s	(RCA EWS, 2009)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	4500	l/s	(RCA EWS, 2009)
Caudal Agua Desalada	3200	l/s	(RCA EWS, 2009)
Requerimiento energía eléctrica	267	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(RCA EWS, 2009)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	3200	l/s	(EIA EWS, 2008)
Caudal Nominal Acueducto	2850	l/s	(EIA EWS, 2008)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA EWS, 2008)
Diámetro Tubería Acueducto	394	pulgadas	(EIA EWS, 2008)
Diámetro Tubería Acueducto	1000	mm	(EIA EWS, 2008)
Longitud Tubería Acueducto	170	Km	(EIA EWS, 2008)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA EWS, 2008)
Altitud embalse almacenamiento	3200	msnm	(EIA EWS, 2008)
Altura de impulsión o bombeo	3200	m	(EIA EWS, 2008)
Nº de estaciones de bombeo	5	-	(EIA EWS, 2008)
Potencia eléctrica de consumo Total	232.750	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	174	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	2.000.000	m3	(EIA EWS, 2008)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA EWS, 2008)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA EWS, 2009)
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(RCA EWS, 2009)
	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	(RCA EWS, 2009)
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada - Agua potable	-	(RCA EWS, 2009)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA EWS, 2009)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA EWS, 2008)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA EWS, 2008)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA EWS, 2008)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA EWS, 2008)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA EWS, 2008)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA EWS, 2008)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA EWS, 2008)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA EWS, 2008)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Cerro Blanco			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	White Mountain Titanium Corporation		(EIA Cerro Blanco, 2013)
Mineral de Beneficio	Rutilo (Titanio)	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Tipo de mineralización	Sulfuros	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Principales residuos Sulfuros	Desmorte y relaves	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Etapa actual	Proyecto - en evaluación ambiental	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Fecha presentación EIA	29/07/2010	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Fecha aprobación EIA	En evaluación	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	20.000	tpd	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Año puesta en marcha	En evaluación	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Vida útil	15	años	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Inversión Proyecto SBAM_D	188	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(Ppt White Mountain, 2012)
Diámetro de cañería captación	39	pulgadas	(Ppt White Mountain, 2012)
Diámetro de cañería captación	1000	mm	(Ppt White Mountain, 2012)
Diámetro de emisario submarino	32	pulgadas	(Ppt White Mountain, 2012)
Diámetro de emisario submarino	800	mm	(Ppt White Mountain, 2012)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Ensenada Los Lachos, Huasco, III región, Chile	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Caudal de Diseño de Tratamiento	210	l/s	(Ppt White Mountain, 2012)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	430	l/s	(Ppt White Mountain, 2012)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	220	l/s	(Ppt White Mountain, 2012)
Caudal Agua Desalada	210	l/s	(Ppt White Mountain, 2012)
Requerimiento energía eléctrica	18	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	13,8	kV	(Ppt White Mountain, 2012)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	210	l/s	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Caudal Nominal Acueducto	150	l/s	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Diámetro Tubería Acueducto	28	pulgadas	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Diámetro Tubería Acueducto	710	mm	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Longitud Tubería Acueducto	36	Km	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Altitud embalse almacenamiento	1060	msnm	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Altura de impulsión o bombeo	1060	m	(EIA Cerro Blanco, 2013)
N° de estaciones de bombeo	1	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Potencia eléctrica de consumo Total	3.550	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	3	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	6000	m3	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(Ppt White Mountain, 2012)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(Ppt White Mountain, 2012)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Alteración significativa en los sistemas de vida y costumbres en grupo humano	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)
	Alteración de monumentos nacionales (sitios arqueológicos)	-	(EIA Cerro Blanco, 2013)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada(SBAM_D) - Minera Dominga			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Andes Iron		(EIA Dominga, 2013)
Mineral de Beneficio	Cobre y Hierro	-	(EIA Dominga, 2013)
Tipo de mineralización	Sulfuros	-	(EIA Dominga, 2013)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA Dominga, 2013)
Principales residuos Sulfuros	Desmonte y relaves	-	(EIA Dominga, 2013)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	20.000	tpd	(EIA Dominga, 2013)
Etapa actual	Proyecto Rechazado	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	13/09/2013	-	(RCA Dominga, 2017)
Fecha aprobación EIA	Rechazado marzo 2017	-	(RCA Dominga, 2017)
Año puesta en marcha	Rechazado marzo 2017	-	(RCA Dominga, 2017)
Vida útil	22	años	(RCA Dominga, 2017)
Inversión Proyecto SBAM_D	481	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(EIA Dominga, 2013)
Diámetro de cañería captación	36	pulgadas	(EIA Dominga, 2013)
Diámetro de cañería captación	914,4	mm	(EIA Dominga, 2013)
Diámetro de emisario submarino	28	pulgadas	(EIA Dominga, 2013)
Diámetro de emisario submarino	711,2	mm	(EIA Dominga, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Caleta Los Hornos, IV región, Chile	-	(EIA Dominga, 2013)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Dominga, 2013)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Dominga, 2013)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Dominga, 2013)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Dominga, 2013)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Dominga, 2013)
Caudal de Diseño de Tratamiento	450	l/s	(EIA Dominga, 2013)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	1102	l/s	(EIA Dominga, 2013)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	652	l/s	(EIA Dominga, 2013)
Caudal Agua Desalada	450	l/s	(EIA Dominga, 2013)
Requerimiento energía eléctrica	38	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	13,8	kV	(EIA Dominga, 2013)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	450	l/s	(EIA Dominga, 2013)
Caudal Nominal Acueducto	300	l/s	(EIA Dominga, 2013)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Dominga, 2013)
Diámetro Tubería Acueducto	24	pulgadas	(EIA Dominga, 2013)
Diámetro Tubería Acueducto	610	mm	(EIA Dominga, 2013)
Longitud Tubería Acueducto	26	Km	(EIA Dominga, 2013)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Dominga, 2013)
Altitud embalse almacenamiento	594	msnm	(EIA Dominga, 2013)
Altura de impulsión o bombeo	594	m	(EIA Dominga, 2013)
N° de estaciones de bombeo	2	-	(EIA Dominga, 2013)
Potencia eléctrica de consumo Total	4.270	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	3	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	6000	m3	(EIA Dominga, 2013)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Dominga, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(RCA Dominga, 2017)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(RCA Dominga, 2017)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(RCA Dominga, 2017)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(RCA Dominga, 2017)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(RCA Dominga, 2017)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(RCA Dominga, 2017)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(RCA Dominga, 2017)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	(RCA Dominga, 2017)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector (Reserva Natural de Pingüinos de	-	(EIA Dominga, 2013)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Dominga, 2013)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Dominga, 2013)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA Dominga, 2013)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Dominga, 2013)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Dominga, 2013)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Dominga, 2013)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA Dominga, 2013)
	Alteración significativa en los sistemas de vida y costumbres en grupo humano	-	(EIA Dominga, 2013)
	Alteración de monumentos nacionales (sitios arqueológicos)	-	(EIA Dominga, 2013)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Spence			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	BHP Billiton	-	(EIA Spence, 2015)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA Spence, 2015)
Tipo de mineralización	Óxidos y Sulfuros	-	(EIA Spence, 2015)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-	-	(EIA Spence, 2015)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(EIA Spence, 2015)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA Spence, 2015)
Principales residuos Sulfuros	Desmonte y relaves	-	(EIA Spence, 2015)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	80.000	tpd	(EIA Spence, 2015)
Etapa actual	Operando - Inicio de explotación de Sulfuros	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	10/09/2015	-	(EIA Spence, 2015)
Fecha aprobación EIA	En evaluación	-	(EIA Spence, 2015)
Año puesta en marcha	Incierto	-	(EIA Spence, 2015)
Vida útil	20	años	(EIA Spence, 2015)
Inversión Proyecto SBAM_D	800	MUSD\$	(EIA Spence, 2015)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(EIA Spence, 2015)
Número de tuberías de captación	1	-	(EIA Spence, 2015)
Diámetro de cañería captación	55	pulgadas	(EIA Spence, 2015)
Diámetro de cañería captación	1400	mm	(EIA Spence, 2015)
Número de tuberías de emisario	1	-	(EIA Spence, 2015)
Diámetro de emisario submarino	47	pulgadas	(EIA Spence, 2015)
Diámetro de emisario submarino	1200	mm	(EIA Spence, 2015)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	cercanías puerto de Mejillones, Antofagasta, II región, Chile	-	(EIA Spence, 2015)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Spence, 2015)
Procesos de desalación	Pretratamiento (FAD flotación por aire disuelto y filtración)	-	(EIA Spence, 2015)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Spence, 2015)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Spence, 2015)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Spence, 2015)
Caudal de Diseño de Tratamiento	1600	l/s	(EIA Spence, 2015)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	3840	l/s	(EIA Spence, 2015)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	2239	l/s	(EIA Spence, 2015)
Caudal Agua Desalada	1601	l/s	(EIA Spence, 2015)
Requerimiento energía eléctrica	133	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	69	kV	(EIA Spence, 2015)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	1600	l/s	(EIA Spence, 2015)
Caudal Nominal Acueducto	800	l/s	(EIA Spence, 2015)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Spence, 2015)
Diámetro Tubería Acueducto	30	pulgadas	(EIA Spence, 2015)
Diámetro Tubería Acueducto	762	mm	(EIA Spence, 2015)
Longitud Tubería Acueducto	154	Km	(EIA Spence, 2015)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Spence, 2015)
Altitud embalse almacenamiento	1700	msnm	(EIA Spence, 2015)
Altura de impulsión o bombeo	1700	m	(EIA Spence, 2015)
N° de estaciones de bombeo	3	-	(EIA Spence, 2015)
Potencia eléctrica de consumo Total	43.200	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	32	MW	(Estimado)
Tanque almacenamiento del agua	4.000	m3	(EIA Spence, 2015)
Sistema de revestimiento	Acero	-	(EIA Spence, 2015)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Instalaciones personal campamento - Agua Potable	-	(EIA Spence, 2015)
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua Potable	-	(EIA Spence, 2015)
	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Extracción por solventes (SX) - Agua Desalada	-	(EIA Spence, 2015)
	Instalaciones personal campamento - Agua Potable	-	(EIA Spence, 2015)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Spence, 2015)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Spence, 2015)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Spence, 2015)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA Spence, 2015)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Spence, 2015)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Spence, 2015)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Spence, 2015)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA Spence, 2015)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada(SBAM_D) - Minera El Morro			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	GoldCorp	-	(EIA El Morro, 2012)
Mineral de Beneficio	Cobre - oro	-	(EIA El Morro, 2012)
Tipo de mineralización	Sulfuros	-	(EIA El Morro, 2012)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA El Morro, 2012)
Principales residuos Sulfuros	Desmonte y relaves	-	(EIA El Morro, 2012)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	90.000	tpd	(EIA El Morro, 2012)
Etapa actual	EIA aprobado pero detenido sin construcción	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	22/06/2012	-	(RCA El Morro, 2013)
Fecha aprobación EIA	22/10/2013	-	(RCA El Morro, 2013)
Año puesta en marcha	Incierto	-	(RCA El Morro, 2013)
Vida útil	14	años	(RCA El Morro, 2013)
Inversión Proyecto SBAM_D	886	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar y Descarte Salmuera - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(RCA El Morro, 2013)
Diámetro de cañería captación	36	pulgadas	(RCA El Morro, 2013)
Diámetro de cañería captación	914,4	mm	(RCA El Morro, 2013)
Diámetro de emisario submarino	28	pulgadas	(RCA El Morro, 2013)
Diámetro de emisario submarino	711,2	mm	(RCA El Morro, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector Puerto Punta Padrones, Caldera, III región, Chile	-	(RCA El Morro, 2013)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(RCA El Morro, 2013)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(RCA El Morro, 2013)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(RCA El Morro, 2013)
	Postratamiento (inyección de aditivos)	-	(RCA El Morro, 2013)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(RCA El Morro, 2013)
Caudal de Diseño de Tratamiento	740	l/s	(RCA El Morro, 2013)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	2030	l/s	(RCA El Morro, 2013)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	1389	l/s	(RCA El Morro, 2013)
Caudal Agua Desalada	641	l/s	(RCA El Morro, 2013)
Requerimiento energía eléctrica	62	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	220	kV	(RCA El Morro, 2013)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	740	l/s	(EIA El Morro, 2012)
Caudal Nominal Acueducto	640	l/s	(EIA El Morro, 2012)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA El Morro, 2012)
Diámetro Tubería Acueducto	28	pulgadas	(EIA El Morro, 2012)
Diámetro Tubería Acueducto	711	mm	(EIA El Morro, 2012)
Longitud Tubería Acueducto	198	Km	(EIA El Morro, 2012)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA El Morro, 2012)
Altitud embalse almacenamiento	3500	msnm	(EIA El Morro, 2012)
Altura de impulsión o bombeo	3500	m	(EIA El Morro, 2012)
N° de estaciones de bombeo	4	-	(EIA El Morro, 2012)
Potencia eléctrica de consumo Total	58.453	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	44	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	40000	m3	(EIA El Morro, 2012)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA El Morro, 2012)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua desalada	-	(EIA El Morro, 2012)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	-	(EIA El Morro, 2012)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	-	(EIA El Morro, 2012)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	-	(EIA El Morro, 2012)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	-	(EIA El Morro, 2012)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	(EIA El Morro, 2012)
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	(EIA El Morro, 2012)
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Potable	-	(EIA El Morro, 2012)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA El Morro, 2012)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA El Morro, 2012)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA El Morro, 2012)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA El Morro, 2012)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA El Morro, 2012)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA El Morro, 2012)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA El Morro, 2012)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA El Morro, 2012)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Radomiro Tomic			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	CODELCO		(EIA RT Sulfuros, 2013)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Tipo de mineralización	Óxidos y Sulfuros	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-EW	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Principales Procesos Sulfuros	Chancado-Molienda - Flotación - Concentrado	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Principales residuos Sulfuros	Desmante y relaves	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	250.000	tpd	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Etapas actual	En construcción	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	31/05/2013	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Fecha aprobación EIA	20/01/2016	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Año puesta en marcha	2020	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Vida útil	28	años	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Inversión Proyecto SBAM_D	2676	MUSD\$	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Planta Desaladora			
Material Tuberías	HDPE	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Número de tuberías de captación	2	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Diámetro de cañería captación	71	pulgadas	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Diámetro de cañería captación	1800	mm	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Número de tuberías de emisario	1	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Diámetro de emisario submarino	71	pulgadas	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Diámetro de emisario submarino	1800	mm	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	sector bahía de Tocopilla, Antofagasta, II región, Chile	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Procesos de desalación	Pretratamiento (FAD flotación por aire disuelto y filtración)	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Posttratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Caudal de Diseño de Tratamiento	1956	l/s	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	6130	l/s	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	4500	l/s	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Caudal Agua Desalada	1630	l/s	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Requerimiento energía eléctrica	163	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	220	kV	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	1956	l/s	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Caudal Nominal Acueducto	1630	l/s	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Diámetro Tubería Acueducto	48	pulgadas	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Diámetro Tubería Acueducto	1219	mm	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Longitud Tubería Acueducto	160	Km	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Altitud captación del agua	0	msnm	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Altitud embalse almacenamiento	2400	msnm	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Altura de impulsión o bombeo	2400	m	(RCA RT Sulfuros, 2016)
N° de estaciones de bombeo	5	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Potencia eléctrica de consumo Total	108.667	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	81	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	250.000	m3	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Sulfuros)	Supresión de polvo en caminos y chancadores - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Lavado de camiones y maquinas, sistemas sanitarios - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Transporte hidráulico de relaves - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Instalaciones personal campamento - Agua Potable	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua Potable	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Extracción por solventes (SX) - Agua Desalada	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
	Instalaciones personal campamento - Agua Potable	-	(RCA RT Sulfuros, 2016)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA RT Sulfuros, 2013)

Elaboración propia.

Sistema bombeo de agua de mar Desalada (SBAM_D) - Minera Tía María			
Datos del proyecto			Referencia Bibliográfica
Item	Valor	Unidad	
Propietario	Southern Peru Corporation		(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Mineral de Beneficio	Cobre	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Tipo de mineralización	Óxidos	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Principales Procesos Óxidos	Chancado-lixiviación-Extracción por Solventes-EW	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Principales residuos Óxidos	Ripios lixiviados	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	100.000	tpd	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Etapa actual	En tramitación ambiental y permisos de construcción	-	(Estimado)
Fecha presentación EIA	05/11/2013	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Fecha aprobación EIA	01/08/2014	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Año puesta en marcha	Incierto	-	(Estimado)
Vida útil	20	años	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Inversión Proyecto SBAM_D	278	MUSD\$	(Estimado)
Datos Sistema de Captación de Agua de Mar - Sin Planta Desaladora			
Material Inmisario (cañería captación)	HDPE	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Número de tuberías de captación	1		(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Diámetro inmisario submarino (cañería captación)	32	pulgadas	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Diámetro emisario submarino (cañería captación)	800	mm	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Número de tuberías de descarga	1		(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Diámetro emisario submarino	26	pulgadas	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Diámetro emisario submarino	660	mm	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el uso en la zona Mina - Planta Desalinizadora			
Item	Valor	Unidad	
Ubicación de la planta	Playa Sombrero , borde costero departamento Arequipa, Perú	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Método de desalación	filtración y ósmosis inversa	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Procesos de desalación	Pretratamiento (filtración y ultrafiltración)	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Ósmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Posttratamiento (inyección de aditivos)	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Sistema de reacondicionamiento y remineralización	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Caudal de Diseño de Tratamiento	300	l/s	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	637	l/s	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	380	l/s	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Caudal Agua Desalada	257	l/s	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Requerimiento energía eléctrica	25	MW	(Estimado)
Línea de energía eléctrica	110	kV	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Sistema de Bombeo de Agua de Mar (Desalada)			
Caudal Máximo Acueducto	300	l/s	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Caudal Nominal Acueducto	257	l/s	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Material Tubería Acueducto	Acero	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Diámetro Tubería Acueducto	18	pulgadas	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Diámetro Tubería Acueducto	46	mm	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Longitud Tubería Acueducto	27	Km	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Altitud captación del agua	0	msnm	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Altitud embalse almacenamiento	1080	msnm	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Altura de impulsión o bombeo	1080	m	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
N° de estaciones de bombeo	1	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Potencia eléctrica de consumo Total	5.783	HP	(Estimado)
Potencia eléctrica de consumo Total	4	MW	(Estimado)
Piscina almacenamiento del agua	27500	m3	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Sistema de revestimiento	geomembrana HDPE	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Gestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico			
Procesos que utilizan el agua (Mineralogía de Óxidos)	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación	Agua desalada	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS)	Agua desalada	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Extracción por solventes (SX)	Agua desalada	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Instalaciones personal campamento	Agua potable	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Impactos Ambientales			
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Elevados niveles de ruido	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Potenciales filtraciones de agua de mar	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
	Alteración de salinidad de los suelos	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)
Sector Mina - Planta de Procesos	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	(EIA Tía María, 2009; EIA Tía María, 2013)

Elaboración propia.

ANEXO D: Tablas comparativas de unidades mineras y proyectos mineros que utilizan agua de mar desalinizada y sin desalinizar

Tabla 1
Tabla comparativa de unidades mineras que utilizan agua de mar desalinizada y sin desalinizar

Datos del Caso		1- Esmeralda (Codelco)	2- Caspalluma (Codelco)	3- Caspalluma	4- Caspalluma Fase I	5- Caspalluma	6- Caspalluma	7- Caspalluma	8- Caspalluma	9- Caspalluma
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Proprietario	Grupo Antofagasta Minera	Minera Caspalluma	Freemport McMoran	BRP Britton	Grupo Antofagasta Minera	Compañía de Acero del Pacífico CAP	Angloamerican	Milpo Votorrentin	Milpo Votorrentin	Milpo Votorrentin
Mineral de Beneficio	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Hierro	Cobre y polimetálico	Cobre y polimetálico	Cobre y polimetálico	Cobre y polimetálico
Tipo de mineralización	Oxidado y Sulfuro	Oxidado (Magnetita y Hematita)	Oxidado	Oxidado	Oxidado	Oxidado (Folitos (P205))				
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	125.000	60.000	85.000	400.000	25.000	50.000	25.000	15.000	20.000	20.000
Espesa actual	Operando	Operando	Operando	Operando	Operando	Operando	Operando	Operando	Operando	Operando
Vista útil	30	21	21	30	23	23	23	23	23	23
Inversión Proyecto manejo agua de mar	655	873	270	550	74	303	163	62	52	62
Tipo de agua de mar	NO Desalada	NO Desalada	Desalada	Desalada	Desalada	NO Desalada	Desalada	Desalada	Desalada	Desalada
Planta Desalinizadora										
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Método de desalación	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa					
Procesos de desalación	Pre-tratamiento (filtración y ultrafiltración)	Pre-tratamiento (filtración y ultrafiltración)	Pre-tratamiento (filtración y ultrafiltración)	Pre-tratamiento (filtración y ultrafiltración)	Pre-tratamiento (filtración y ultrafiltración)					
	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Osmosis inversa (inyección agua alta presión por membranas 800 psi)
	Post-tratamiento (inyección de aditivos)	Post-tratamiento (inyección de aditivos)	Post-tratamiento (inyección de aditivos)	Post-tratamiento (inyección de aditivos)	Post-tratamiento (inyección de aditivos)					
	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización					
Caudal de Diseño de Tratamiento	108	63	693	3260	370	693	373	120	141	141
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	76	27	393	735	130	493	253	72	85	85
Caudal Agua Desalada	32	36	300	525	40	200	120	48	56	56
Requerimiento energía eléctrica	13	8	25	44	4	25	13	5	5	5
Sistema de Bombeo de Agua de Mar										
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Caudal Nominal Acueducto	780	1315	300	485	160	200	120	48	853	853
Material Tubería Acueducto	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero
Diámetro Tubería Acueducto	48	24	24	24	16	16	16	6	36	36
Longitud Tubería Acueducto	144	142	80	370	154	80	40	40	40	40
Elevación captación del agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elevación embalse almacenamiento	2230	1650	380	3200	1700	1222	840	1800	24	24
Altura de impulsión o bombeo	2230	1650	380	3200	1700	1222	840	1800	24	24
Nº de estaciones de bombeo	4	2	1	1	2	1	1	1	1	1
Potencia eléctrica de consumo Total	47.710	67.284	5.900	39.608	8.640	6.740	2.480	1.760	6.028	6.028
Potencia eléctrica de consumo Total	36	20	4	6	5	2	1	1	4	4
Cuestión del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico										
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Procesos que utilizan el agua	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua salada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua salada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua salada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua salada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua salada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua desalada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua desalada	Supresión de polvo en camiones y chancadores - Agua desalada
	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua salada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua salada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua salada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua salada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua salada	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y máquinas, sistemas sanitarios - Agua desalada
	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua salada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (manejo en pulpa de los minerales) - Agua desalada
	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua salada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua salada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua salada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua salada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua salada	Concentración magnética (Beneficio de los minerales) - Agua desalada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua desalada	Concentración magnética (Beneficio de los minerales) - Agua desalada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua desalada	Filtración (Beneficio de los minerales) - Agua desalada
	Transporte hidráulico de relaves - Agua salada	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada				
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua salada	-	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	-	Transporte concentrado por camión (filtrado del concentrado) - NO usan agua	Transporte concentrado por Bt tren filtrado del concentrado) - NO usan agua				
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable				
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	-	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable
	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	-	-
	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	Piscinas almacenamiento soluciones (PLS) - Agua desalada	-	-	-				
Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	-	-	
Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	-	-	
Impactos Ambientales										
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Sector Captación de agua de mar	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector	Diminución de la flora y fauna marina del sector
	Elevación niveles de ruido	Elevación niveles de ruido	Elevación niveles de ruido	Elevación niveles de ruido	Elevación niveles de ruido					
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector
	Contaminación de suelos	Contaminación de suelos	Contaminación de suelos	Contaminación de suelos	Contaminación de suelos					
Sector Sistema de bombeo de agua	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica					
	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar					
	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos					
	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)	Descarte de salmuera (residuos de la desalación)					
Sector Mina - Planta de Proceso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo Energía Planta Desaladora										
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Día	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Año	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Disponibilidad de la planta	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Días al año consumo energía	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339
Consumo Anual de Energía	101.835.000	61.101.000	203.670.000	356.422.500	33.945.000	203.670.000	101.835.000	40.734.000	44.128.500	44.128.500
Tarifa Costo Unitario Energía	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,12	0,12	0,12
Costo Anual Energía por Desalinización	18,3	11,0	36,7	64,2	6,1	36,7	18,3	4,9	5,3	5,3
Costo de Mantenimiento Equipos Desaladora	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Costo Anual Mantenimiento de equipos	6,4	3,8	12,8	22,5	2,1	12,8	6,4	1,7	1,9	1,9
Costo Energía Estaciones de Bombeo										
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Día	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Año	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Disponibilidad de la planta	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Días al año consumo energía	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339
Consumo Anual de Energía	289.846.255	408.762.602	35.843.490	240.627.271	52.489.450	40.946.631	15.066.416	10.692.295	36.620.301	36.620.301
Tarifa Costo Unitario Energía	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,12	0,12	0,12	0,12
Costo Anual Energía por Bombeo	52,2	73,6	6,5	43,3	9,4	7,4	2,7	1,3	4,4	4,4
Costo de Mantenimiento Equipos de Bombeo	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Costo Anual Mantenimiento de equipos	13,04	18,39	1,61	10,83	2,36	1,84	0,68	0,32	1,10	1,10
Resumen Estimación de Costos										
CAPEX (Planta desaladora + equipos de bombeo)	655	873	270	550	74	303	163	52	62	62
OPEX Anual (consumo energía y mantenimiento equipos)	90	107	58	141	20	99	28	8	13	13
Nº de años del proyecto	30	23	15	10	20	20	20	15	27	27
Tasa de retorno (Interés)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
OPEX (energía y mantenimiento) VPN	725	824	392	795	155	438	210	56	100	100
COSTO TOTAL VPN	1.379	1.697	662	1.345	229	741	373	108	162	162

Elaboración propia.

Tabla 2
Tabla comparativa de proyectos mineros que planean utilizar agua de mar desalinizada y sin desalinizar

		1.-Cerro Escudado Fase II	2.-Cerro Canto Blanco	3.-Cerro Dominga	4.-Cerro Siquena	5.-Cerro El Morro	6.-Cerro RT Sulfuros	7.-Cerro Tía María	
Datos del Caso									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Proprietario	BHP Billiton	White Mountain Titanium Corporation	Andco Iron	BHP Billiton	GoldCorp	CODELCO	Southern Peru Corporation		
Mineral de Beneficio	Cobre	Cobre	Cobre y Hierro	Cobre	Cobre - oro	Cobre	Cobre		
Tipo de mineralización	Óxidos y sulfuros	Sulfuros	Sulfuros	Sulfuros	Sulfuros	Óxidos y sulfuros	Óxidos y sulfuros		
Capacidad Tratamiento Planta de Proceso	400.000	20.000	20.000	40.000	90.000	200.000	200.000		
Etapas actual	En construcción	En evaluación	Proyecto Rechazado	Operando - Inicio de explotación de Sulfuro	En construcción	En construcción	En construcción	En tramitación ambiental y permisos de construcción	
Vida útil	40	15	22	30	14	28	20		(años)
Inversión Proyecto manejo agua de mar	1.500	188	481	800	886	2.676	278		(MUSD\$)
Tipo de agua de mar	Desalada	Desalada	Desalada	Desalada	Desalada	Desalada	Desalada		
Planta Desaladora									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Método de desalación	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	Filtración y ósmosis inversa	
Procesos de desalación	Pre-tratamiento (FAD Rotación por aire diseñado y filtración)	Pre-tratamiento (Filtración y ultrafiltración)	Pre-tratamiento (FAD Rotación por aire diseñado y filtración)	Pre-tratamiento (FAD Rotación por aire diseñado y filtración)	Pre-tratamiento (FAD Rotación por aire diseñado y filtración)	Pre-tratamiento (FAD Rotación por aire diseñado y filtración)	Pre-tratamiento (FAD Rotación por aire diseñado y filtración)	Pre-tratamiento (Filtración y ultrafiltración)	
	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	Ósmosis inversa (Inyección agua alta presión por membranas 800 psi)	
	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	Post-tratamiento (Inyección de sulfuro)	
	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	Sistema de acondicionamiento y remineralización	
Caudal de Diseño de Tratamiento	3200	210	450	1600	740	1930	300		I/s
Caudal de Agua de Mar Tratado Medio	1700	430	1102	3840	2030	6130	637		I/s
Caudal Descarga Salmuera (Descarte)	4500	220	652	2339	1389	4500	380		I/s
Caudal Agua Desalada	3200	210	450	1600	740	1930	300		I/s
Requerimiento energía eléctrica	267	18	39	133	62	163	25		MW
Sistema de Bombeo de Agua de Mar									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Caudal Nominal Acueducto	2850	150	300	800	640	1630	257		I/s
Material Tubería Acueducto	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero	Acero		
Dímetro Tubería Acueducto	394	28	24	30	28	48	18		pulgadas
Longitud Tubería Acueducto	170	36	26	154	198	160	27		Km
Elevación captación del agua	0	0	0	0	0	0	0		m
Elevación embalse almacenamiento	3200	1060	594	1700	3500	2400	1080		m
Altura de impulsión o bombeo	3200	1060	594	1700	3500	2400	1080		m
N° de estaciones de bombeo	5	1	3	4	4	5	1		
Potencia eléctrica de consumo Total	232.750	3550	4270	43.200	58.453	108.667	5.783		HP
Potencia eléctrica de consumo Total	174	3	3	32	44	81	4		MW
Definición del Agua Industrial para el Proceso Minero - Metalúrgico									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Procesos que utilizan el agua	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Supresión de polvo en caminos y characabros - Agua desalada	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	
	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Lavado de camiones y maquinarias, sistemas sanitarios - Agua desalada	Piscinas almacenamiento soluciones (P.L.) - Agua desalada	
	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Molienda (trazo en pulpa de los minerales) - Agua desalada	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	
	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Flotación (Beneficio de los metales) - Agua desalada	Instalaciones personal campamento - Agua potable	
	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Transporte hidráulico de relaves - Agua desalada	Instalaciones personal campamento - Agua potable	
	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Transporte hidráulico de concentrados - Agua desalada	Instalaciones personal campamento - Agua potable	
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	Instalaciones personal campamento - Agua potable	
	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	Planta de tratamiento de aguas servidas - Agua potable	
	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	-	-	-	-	-	-	Riego de ácido sulfúrico en Pilas de lixiviación - Agua desalada	
	Piscinas almacenamiento soluciones (P.L.) - Agua desalada	-	-	-	-	-	-	Piscinas almacenamiento soluciones (P.L.) - Agua desalada	
	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	-	-	-	-	-	-	Extracción por solventes (SX) - Agua desalada	
	Instalaciones personal campamento - Agua potable	-	-	-	-	-	-	Instalaciones personal campamento - Agua potable	
Impactos Ambientales									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Sector Captación de agua de mar	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	Disminución de la flora y fauna marina del sector	
	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	Elevados niveles de ruido	
	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	Alteración de la flora y fauna terrestre del sector	
	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	Mortandad de fauna y flora marina por descarga de salmuera	
	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	Elevado requerimiento de energía eléctrica	
	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	Potenciales filtraciones de agua de mar	
	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	Alteración de salinidad de los suelos	
	-	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	-	-	-	-	Alteración de salinidad de los suelos	
	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	Alteración significativa en los sistemas de vida y costumbres en grupo humano	Alteración significativa en los sistemas de vida y costumbres en grupo humano	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	Pérdidas de agua por evaporación, retención y filtraciones	
	-	Alteración de monumentos nacionales (sitios arqueológicos)	Alteración de monumentos nacionales (sitios arqueológicos)	-	-	-	-	-	
Costo Energía Planta Desaladora									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Día	24	24	24	24	24	24	24	24	hr
Año	365	365	365	365	365	365	365	365	días
Disponibilidad de la planta	93	93	93	93	93	93	93	93	dimensional
Días al año consumo energía	339	339	339	339	339	339	339	339	días
Consumo Anual de Energía	2.172.480.000	142.569.000	305.505.000	1.086.240.000	502.386.000	1.327.928.400	203.670.000		kWhr
Tarifa Costo Unitario Energía	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18		US\$/kWhr
Costo Anual Energía por Desalación	391	26	55	196	90	239	37		(MUSD\$)
Costo de Mantenimiento Equipos Desaladora	35	35	35	35	35	35	35		%
Costo Anual Mantenimiento de equipos	137	9	19	68	32	84	13		(MUSD\$)
Costo Energía Estaciones de Bombeo									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
Día	24	24	24	24	24	24	24	24	hr
Año	365	365	365	365	365	365	365	365	días
Disponibilidad de la planta	93	93	93	93	93	93	93	93	dimensional
Días al año consumo energía	339	339	339	339	339	339	339	339	días
Consumo Anual de Energía	1.413.995.302	21.566.846	25.940.966	262.447.248	355.113.808	660.168.233	35.129.658		kWhr
Tarifa Costo Unitario Energía	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,12	0,12		US\$/kWhr
Costo Anual Energía por Bombeo	254,5	3,9	4,7	47,2	63,9	118,8	4,2		(MUSD\$)
Costo de Mantenimiento Equipos de Bombeo	25	25	25	25	25	25	25		%
Costo Anual Mantenimiento de equipos	64	1	1	12	16	30	1		(MUSD\$)
Resumen Estimación de Costos									
Item	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Unidad
CAPEX (Planta desaladora + equipos de bombeo)	3.500	188	481	800	886	2.676	278		(MUSD\$)
OPEX Anual (consumo energía y mantenimiento equipos)	846	39	80	323	202	471	55		(MUSD\$)
N° de años del proyecto	40	15	22	20	14	28	20		años
Tasa de retorno (Interés)	12	13	14	15	16	17	18		%
OPEX VPN	6.975	255	540	2.022	1.104	2.738	293		(MUSD\$)
COSTO TOTAL VPN	10.475	443	1.021	2.822	1.990	5.414	571		(MUSD\$)

Elaboración propia.

**ANEXO E: Valorización de los
criterios clave considerados en la
determinación de la conveniencia
del uso de agua de mar en las
operaciones mineras**

Tabla 1
Valorización de los criterios clave considerados en la determinación de la conveniencia del uso de agua de mar en las operaciones mineras

Criterio Clave	Símbolo	Descripción de valores											
		Valor numérico	Valor textual	Descripción	Valor numérico	Valor textual	Descripción	Valor numérico	Valor textual	Descripción	Valor numérico	Valor textual	Descripción
Distancia del proyecto hacia la costa	Dm	1	Lejana	> a 200 km de la costa	2	Moderada	Entre 200 y 100 km de la costa	4	Cercana	< a 100 km de la costa			
Salinidad del agua de mar	Sm	1	Alta	> 37 g.kg-1	2	Estándar	Entre 34 y 37 g.kg-1	4	Baja	< 34 g.kg-1			
Mineral de beneficio	Mb	2	Trabajable	Otros minerales: níquel, uranio, zinc, cobalto, manganeso, oro	4	Ideal	Cobre						
Vida útil del proyecto	Vu	1	Corta	De 1 a 10 años	2	Media	De 11 a 25 años	4	Larga	> 26 años			
Altitud del embalse de almacenamiento de agua de mar	Ae	1	Alta	> 2800 msnm	2	Moderada	De 2800 a 1500 msnm	4	Considerable	De 1500 a 500 msnm	8	Baja	De 500 a 0 msnm
Consumo de electricidad de sistema de bombeo	Ce	1	Alto	> a 100 MW/día	2	Moderado	De 100 a 50 MW/día	4	Bajo	< a 50 MW/día			
Procesos que utilizarán agua de mar	Pa	1	Pocos	Uso de agua de mar salada en: supresión de polvo en caminos y operación de chancadoras	2	Algunos	Uso de agua de mar salada en: supresión de polvos en caminos, operación de chancadoras y molienda	4	Varios	Uso de agua de mar salada en: supresión de polvos en caminos, operación de chancadoras, molienda y flotación	8	Todos	Uso de agua de mar salada en: supresión de polvos en caminos, operación de chancadoras, molienda, flotación, transporte hidráulico de concentrados y relaves
Medidas de control y prevención de la corrosión de materiales	Mc	2	Mínimo	Aplicación de medidas para el control y prevención de la corrosión tales como: monitoreo de la corrosión, selección de material y manejo de las condiciones del agua	4	Considerable	Aplicación de medidas para el control y prevención de la corrosión tales como: monitoreo de la corrosión, selección de material, manejo de las condiciones del agua, uso de recubrimientos superficiales, inhibidores de corrosión y aplicación de protección eléctrica	8	Completo	Aplicación de medidas para el control y prevención de la corrosión tales como: monitoreo de la corrosión, selección de material, manejo de las condiciones del agua, uso de recubrimientos superficiales, inhibidores de corrosión y aplicación de protección eléctrica y aplicación de medidas complementarias de diseño			
CAPEX	Ca	1	Alto	> 1000 MUSDS/SBAM	2	Moderado	Entre 1000 y 500 MUSDS/SBAM	4	Bajo	< 500 MUSDS/SBAM			
OPEX Anual	Op	1	Alto	> 1000 MUSDS/SBAM/año	2	Moderado	Entre 1000 y 500 MUSDS/SBAM/año	4	Bajo	< 500 MUSDS/SBAM/año			
Impactos ambientales	Ia	2	Altos	Impactos con significancia alta para los componentes ambientales: agua de mar, ruido, suelos, flora y/o fauna	4	Medios	Impactos con significancia moderada para los componentes ambientales: agua de mar, ruido, suelos, flora y/o fauna	8	Bajos	Impactos con significancia baja para los componentes ambientales: agua de mar, ruido, suelos, flora y/o fauna			

Elaboración propia.

Fuente: Conesa (2010) y Fichas del Anexo C y D.

ANEXO F



Ley N° 30035
Respositorio Nacional Digital



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERIA**

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA EN EL PORTAL DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL
DE LA UNI**

4. DATOS PERSONALES

Apellidos y nombres: ROMERO PADILLA, CAROLINA

D.N.I: 41454181

Teléfono casa: celular: 987721820

Correos electrónicos: carolina.environment@gmail.com

5. DATOS ACADÉMICOS

Grado académico: Bachiller

Mención: Ingeniería Ambiental

6. DATOS DE LA TESIS

Título:

“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA VIABILIDAD DEL
USO DE AGUA DE MAR EN OPERACIONES MINERAS”

Año de publicación: 2021

A través del presente, autorizo a la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería, la publicación electrónica a texto completo en el Repositorio Institucional, el citado título.

Firma:

Fecha de recepción: 16/12/2021

ANEXO G : CURRICULUM VITAE

DICIEMBRE - 2021

CAROLINA ROMERO

INGENIERO AMBIENTAL

Ingeniero Ambiental con CIP N° 96975, cuenta con estudios de Maestría en Ciencias, mención en Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería; especializada en la gestión ambiental de la operación minera; así como en la administración de sistemas integrados de gestión de medio ambiente, salud –seguridad ocupacional y calidad en el subsector industria y en consultoría ambiental para el sector energía y minas. Con más de 15 años de experiencia profesional, cuenta con amplios conocimientos de la operación y legislación ambiental minera, así como en el manejo de programas afines a la carrera. Orientada a trabajar en equipos multidisciplinarios, con facilidad para el trabajo bajo presión y una clara formación de valores éticos y morales.



EDUCACIÓN

- Diplomado Especializado en Regulación y Fiscalización Ambiental, Escuela de Posgrado de la UPC, Lima, Perú 2021.
- Diplomado Especializado en Derecho Ambiental, INAGEP, Lima, Perú 2020.
- Egresado de la Maestría en Ciencias con mención en Minería y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Ingeniería - Sección de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Lima, Perú, 2018.
- Diplomado en Derecho Minero, Gestión y Responsabilidad Social Ambiental, Universidad del Pacífico - Centro de Educación Ejecutiva, Lima, Perú, 2011.
- Diplomado en Gestión de la Seguridad y Salud Laboral, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, Perú, 2008.
- Especialización en Monitoreo y Evaluación de la Calidad Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2007.
- Especialización en Gestión de la Calidad y Auditoría Ambiental (PEGA), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2005.
- Titulado de la Facultad de Ciencias - Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2003.

REGISTROS Y CERTIFICACIONES

- Registro de Colegio de Ingenieros del Perú N° 96975.

CAPACITACIONES

- Curso: Entrenamiento lúdico full-day en Gestión de Proyectos, BIVRA, 2019.
- Seminario: Uso de Agua de Mar y Soluciones Cloruradas en la Metalurgia del Cobre, Árbol Minero, Chile-2018.
- Curso: Principales cambios de la norma ISO 9001:2015 e ISO14001:2015, María Munayco Consulting, 2018.
- Curso: Elaboración de informes técnicos y gerenciales, MS Consulting, 2017.
- Curso: Taller de comunicación efectiva, Coaching Talento, 2016.
- Curso: Minería para no mineros, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2014.
- Curso: Minería y Derecho, SNMPE, 2014.
- Curso: Capacitación para la obtención de permisos para Proyectos Mineros, Ada Alegre Consultores, 2013.
- Curso: Curso básico de geología para no geólogos, Sociedad Geológica del Perú, 2012.
- Curso: Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional basada en las Normas Nacionales, ISEM, 2011.
- Curso: Entrenamiento de Auditores Internos del Sistema Integrado de Gestión, Bureau Veritas, 2007.
- Curso: Mejora Continua del Sistema Integrado de Gestión, Bureau Veritas, 2007.
- Curso: Interpretación de las normas ISO 14001 y OHSAS 18001, Bureau Veritas, 2006.
- Seminario: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, ARQUICUST Arquitectura y Consultoría Acústica SRL, 2004.
- Conferencia: Contaminación de Suelos, Colegio de Ingenieros del Perú, 2004.
- Curso: Biotecnología Aplicada a la Minería, Pontificia universidad católica del Perú, 2004.
- Curso: Contaminación del aire urbano: alternativa de solución, Universidad de Lima, 2003.

- Seminario: Problemática y Manejo de los recursos Hídricos en el Perú”, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2003.
- Seminario: Día Mundial de los Humedales 2003 ¡Sin Humedales, no hay agua!, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2003.
- Curso: Prevención de Desastres relacionados al Fenómeno del niño 2002, Universidad Nacional Agraria, 2002.
- Curso: Curso Internacional de “Nuevas Tendencias en el Manejo Sustentable de Residuos Urbanos, Agropecuarios y Agroindustriales”, Universidad de BOKU, Austria, 2002.
- Seminario: Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en la Planificación Ambiental y el Ordenamiento Territorial, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2002.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- **Knight Piesold Consultores S.A., Lima, Perú. 2020:**

Elaboración de estudios ambientales en diferentes sectores, tales como minería, transportes, hidrocarburos y vivienda:

Minería

- **Shahuindo S.A., Unidad Minera Shahuindo, Cajamarca, Perú:** Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Shahuindo. 2020.
- **Shahuindo S.A., Unidad Minera Shahuindo, Cajamarca, Perú:** Sexto Informe Técnico Sustentatorio de la MEIA del Proyecto Shahuindo. 2019.
- **Minera Hampton Perú S.A.C., Proyecto Los Calatos, Moquegua, Perú:** Tercera Modificación del Estudio de impacto ambiental semidetallado. 2019.
- **Minera Barrick Misquichilca S.A., Proyecto Pierina, Ancash, Perú:** Estudio de Pre-factibilidad para el cierre de infraestructuras auxiliares de Pierina. Elaboración del Plan de Manejo de Residuos Sólidos. 2017
- **Minera Chinalco Perú S.A., Proyecto Toromocho, Junín, Perú:** Informe Técnico Sustentatorio de cambios menores en componentes de la Unidad Minera Toromocho. 2017
- **Minera Chinalco Perú S.A., Proyecto Toromocho, Junín, Perú:** Primera Actualización del Estudio de Impacto Ambiental de Toromocho. 2017
- **Pueblo Viejo Dominicana Corporation, Proyecto Pueblo Viejo, Cotuí, República Dominicana:** Análisis de Impactos – Nueva Configuración en la Instalación de Almacenamiento de Colas Llagal Inferior (IAC LL). 2016.
- **Compañía Minera Zafranal S.A.C., Proyecto Zafranal, Arequipa, Perú:** Memorándum técnicos para el Proyecto Minero Zafranal. 2016.
- **Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Unidad Minera Cerro Verde, Arequipa, Perú:** Modificación del Estudio de Impacto Ambiental y Social de la Expansión de la Unidad de Producción Cerro Verde. 2016.
- **MINSUR S.A., Proyecto Unidad Minera San Rafael, Puno, Perú:** Estudio de factibilidad del depósito de relaves B2-4510 Fase 1 y Fase 2. 2016.
- **Anglo American Quellaveco S.A., Proyecto Quellaveco, Moquegua, Perú:** Monitoreos Ambientales y Biológicos. 2013 - 2016.
- **Minera Chinalco Perú S.A., Proyecto Toromocho, Junín, Perú:** Informe Técnico Sustentatorio – Optimización para Ampliación de la Planta Concentradora Toromocho. 2015.
- **Anglo American Quellaveco S.A., Proyecto Quellaveco, Moquegua, Perú:** Línea Base Ambiental de las instalaciones portuarias de almacenamiento y embarque de concentrados del Proyecto Quellaveco, Ilo – Moquegua. 2015.
- **Compañía Minera Zafranal S.A.C., Proyecto Zafranal, Arequipa, Perú:** Estudio de línea base ambiental. 2015.
- **Anglo American Quellaveco S.A., Proyecto Quellaveco, Moquegua, Perú:** Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental. 2014.
- **Hudbay Perú S.A.C., Plan de Cierre del Proyecto Constancia, Cuzco, Perú:** Permisos de agua para construcción y operación. 2013.
- **Anglo American Quellaveco S.A., Proyecto Quellaveco, Moquegua, Perú:** Actualización de la Línea base ambiental y social. 2013.
- **Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Arequipa, Perú:** Levantamiento de observaciones del Estudio de Impacto Ambiental y Social del Proyecto de Expansión de la Unidad de Producción de Cerro Verde. 2013.
- **Consorcio Transportadora Salaverry, Proyecto de Almacenamiento de Concentrados de Minerales en el Puerto Salaverry, La Libertad, Perú:** Monitoreo ambiental de calidad de agua marina en el puerto de Salaverry. Gerente de Proyecto. 2013.

- **Canteras del Hallazgo S.A.C., Proyecto de Exploración Chucapaca, Moquegua, Perú:** Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado. 2013.
- **Anglo American Michiquillay S.A., Proyecto Michiquillay, Cajamarca, Perú:** Estudio de Impacto Ambiental Conceptual. 2012.
- **Consortio Transportadora Salaverry, Proyecto de Almacenamiento de Concentrados de Minerales en el Puerto Salaverry, La Libertad, Perú:** Línea base del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Terminal de Embarque de Concentrados de Minerales. Consortio Transportadora Salaverry. 2012.
- **Impala Perú S.A., Proyecto de Almacenamiento de Concentrados de Minerales en el Puerto Salaverry, La Libertad, Perú:** Línea base del Estudio de Impacto Ambiental. 2012.
- **Impala Perú S.A., Proyecto de Ampliación y Modernización del Almacén de Concentrados del Callao, Callao, Perú:** Levantamiento de observaciones del Estudio de Impacto Ambiental. 2011.
- **Minera Yanacocha S.R.L, Proyecto Conga, Cajamarca, Perú:** Levantamiento de observaciones del Estudio de Impacto Ambiental. 2011.

Transportes

- **Lima Airport Partners (LAP), Lima, Perú:** Quinto Informe Técnico Sustentatorio de la MEIA del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJC). 2021.
- **Ferrocarril Transandino S.A. (FTSA), Lima, Perú:** Programa de adecuación y manejo ambiental de las concesiones sur y suroriente. 2019.
- **Transportadora del Callao S.A., Lima, Perú:** Monitoreo de ambiental de la zona de dragado y depósito de material de dragado en el Puerto del Callao. 2019.
- **CONCAR S.A., Metro de Lima – Línea 1, Lima, Perú:** Informe de calidad de agua para consumo de las estaciones del Metro de Lima. 2019.
- **Ferrocarril Transandino S.A. (FTSA), Lima, Perú:** Informe para Opinión de Compatibilidad y expediente para SERFOR. Concesión de la Administración de los Ferrocarriles del Sur y Sur Oriente. 2018.

Hidrocarburos/ Electricidad

- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Proyecto Camisea, Lima, Perú:** Evaluación del Desempeño Energético del Sistema de Transporte por Ductos (STD). 2018.
- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Proyecto Camisea, Lima, Perú:** Marco Decisional para el posible Reasentamiento de Caseríos del Área de Influencia del Sistema de Transporte por Ductos del Gas Natural y Líquidos de Gas Natural de Camisea. 2018.
- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Proyecto Camisea, Lima, Perú:** Diseño e implementación del plan de monitoreo biológico, sectores Costa y Sierra del sistema de transporte por ductos de GN y LGN. 2016.
- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Proyecto Camisea, Lima, Perú:** Diseño e implementación del plan de monitoreo biológico, sectores Costa y Sierra del Sistema de Transporte por Ductos de GN y LGN (4to Monitoreo). 2013.

Vivienda

- **Menorca Inversiones S.A.C., Lima, Perú:** Estudio Preliminar de Impacto Ambiental de las Operaciones de la Empresa Portland sobre la Habilitación Urbana San Antonio de Pachacamac. 2016.
- **NYRSTAR – Compañía Minera San Juan (Perú) S.A., Lima, Perú. 2011:**
 Coordinación, supervisión y dirección de las actividades del área de Asuntos Ambientales.
 Planificación, supervisión y ejecución del programa de monitoreo ambiental de la unidad.
 Registro y actualización de la base de datos de monitoreo en físico y en digital (calidad de agua, aire y efluentes).
 Análisis de los resultados de monitoreo de parámetros ambientales.
 Supervisión y coordinación del personal asignado en labores operativas de mantenimiento del sistema de manejo de residuos sólidos y agua para consumo humano e industrial.
 Seguimiento al cumplimiento de los compromisos asumidos en el EIA y Plan de Cierre de la unidad minera.
 Responsable de las capacitaciones en temas ambientales a personal interno y externo.
 Coordinación y supervisión de empresas contratistas de remediación ambiental, manejo de residuos y tratamiento de aguas residuales.
 Planificación y realización de inspecciones ambientales en las áreas operativas.
 Elaboración, revisión y actualización de los registros de reportes de incidentes ambientales y apoyo en la evaluación de las mismas.

Revisión y/o preparación de la documentación necesaria para la obtención o renovación de permisos y levantamiento de observaciones provenientes de la supervisión de la OEFA.

- **CENCOSUD Perú, Lima, Perú. 2010:**
 Coordinación y supervisión de las actividades del área de Asuntos Ambientales.
 Implementación y mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007).
 Gestión de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.
 Planificación, supervisión y ejecución del programa de monitoreo de efluentes.
 Responsable de la capacitación continua al personal en temas concernientes al sistema.
 Realización de inspecciones periódicas de las áreas operativas.
- **Doe Run Perú S.R.L., Junín, Perú. 2006:**
 Responsable del mantenimiento del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2004.
 Revisión de los documentos, elaboración de registros.
 Realización de charlas de difusión del Sistema de Gestión ISO14001.
 Evaluación del cumplimiento legal y otros acuerdos.
 Preparación para la auditoría de certificación del sistema.
- **Ambiental Consultores S.A.C., Lima, Perú. 2005:**
 Evaluación de los sistemas de generación, segregación, tratamiento, transporte y disposición final de los residuos.
 Elaboración del “Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en la Mina BHP BILLITON TINTAYA 2006”.
- **Consultoría & Capacitación en Sistemas de Gestión (PROIKOS) – Doe Run Perú S.R.L., Lima, Perú. 2005:**
 Elaboración de procedimientos, instructivos y formatos propios del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001.
 Responsable de las charlas de capacitación al personal de operaciones en los temas de sensibilización y concientización ambiental, además de divulgación de la política de la empresa.
 Participación en la auditoría interna del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001.

HISTORIA PROFESIONAL

- Knight Piésold Consultores S.A., Lima, Perú, Ingeniero II, 2011 - 2020.
- NYRSTAR - Compañía Minera San Juan (Perú) S.A., Lima, Perú, Coordinador de Medio Ambiente, 2010 – 2011.
- CENCOSUD Perú, Lima, Perú, Supervisor de Medio Ambiente, 2006 – 2010.
- Doe Run Perú S.R.L., Junín, Perú, Supervisor SGA, 2006.
- Ambiental Consultores S.A.C., Lima, Perú, Consultor Ambiental, 2005 – 2006.
- Consultoría & Capacitación en Sistemas de Gestión (PROIKOS), Lima, Perú, Consultor Ambiental, 2005.

PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES

- Trabajo de tesis para optar por el título de Ingeniero: “Propuesta de un Plan de Gestión de Residuos Sólidos para la Clínica San Bernardo”. Aprobado el 28 de Abril del 2006, este plan tiene como objetivo el implementar las acciones necesarias para el manejo adecuado de los residuos sólidos que genera la clínica San Bernardo, medidas tales que puedan ser aplicables en cada una de las etapas de este manejo, como lo son el acondicionamiento, la segregación, el almacenamiento, la recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición final de los mismos, orientado especialmente a la reducción de los residuos sólidos biocontaminados desde su punto de origen; también se elaboraron las medidas de bioseguridad pertinentes para minimizar y controlar los riesgos derivados del manejo de estos residuos, protegiendo así a la población hospitalaria.

CAROLINA ROMERO

ENVIRONMENTAL ENGINEER

Environmental Engineer with CIP N° 96975, has studies of Master of Science, mention in Mining and Environment from the National University of Engineering; specialized in environmental management of the mining operation; as well as in the administration of integrated management systems for the environment, health - occupational safety and quality in the industrial subsector and in environmental consulting for the energy and mining sectors. With more than 15 years of professional experience, he has extensive knowledge of mining operation and environmental legislation, as well as in the management of programs related to his career. Oriented to work in multidisciplinary teams, with ease for work under pressure and a clear formation of ethical and moral values.



EDUCATION

- Specialized Diploma in Environmental Regulation and Enforcement, Graduate School of the UPC, Lima, Peru 2021.
- Specialized Diploma in Environmental Law, INAGEP, Lima, Peru 2020.
- Master's Studies in Mining and Environment, National University of Engineering - Postgraduate Section of the Faculty of Geological, Mining and Metallurgical Engineering, Lima, Peru, 2018.
- Diploma in Mining Law, Management and Environmental Social Responsibility, Pacific university - Executive Education Center, Lima, Peru, 2011.
- Diploma in Occupational Health and Safety Management, Peruvian College of Engineers, Lima, Peru, 2008.
- Specialization in Monitoring and Evaluation of Environmental Quality, National Agrarian University of La Molina, 2007.
- Specialization in Quality Management and Environmental Auditing (PEGA), National Agrarian University of La Molina, Peru, 2005.
- Graduated from the Faculty of Sciences - Environmental Engineering, National Agrarian University of La Molina, Peru, 2003.

REGISTRATIONS AND CERTIFICATIONS

- Registry of the College of Engineers of Peru N° 96975.

TRAININGS

- Course: Full-day recreational training in Project Management, BIVRA, 2019.
- Seminar: Use of Sea Water and Chlorinated Solutions in Copper Metallurgy, Mining Tree, Chile-2018.
- Course: Main changes to ISO 9001: 2015 and ISO14001: 2015, María Munayco Consulting, 2018.
- Course: Preparation of technical and managerial reports, MS Consulting, 2017.
- Course: Effective Communication Workshop, Talent Coaching, 2016.
- Course: Mining for non-miners, Institute of Mining Engineers of Peru, 2014.
- Course: Mining and Law, SNMPE, 2014.
- Course: Training for obtaining permits for Mining Projects, Ada Alegre Consultores, 2013.
- Course: Basic geology course for non-geologists, Geological Society of Peru, 2012.
- Course: Occupational Health and Safety Management based on National Standards, ISEM, 2011.
- Course: Training of Internal Auditors of the Integrated Management System, Bureau Veritas, 2007.
- Course: Continuous Improvement of the Integrated Management System, Bureau Veritas, 2007.
- Course: Interpretation of the ISO 14001 and OHSAS 18001 standards, Bureau Veritas, 2006.
- Seminar: Regulation of National Standards of Environmental Quality for Noise, ARQUICUST, 2004.
- Conference: Soil Contamination, College of Engineers of Peru, 2004.
- Course: Biotechnology Applied to Mining, Pontifical Catholic University of Peru, 2004.
- Course: Urban air pollution: alternative solution, Lima University, 2003.
- Seminar: Problems and Management of Water Resources in Peru", National Agrarian University of La Molina, 2003.
- Seminar: World Wetlands Day 2003 ¡Without Wetlands, there is no water!, National University of San Marcos, 2003.

- Course: Prevention of Disasters related to the Phenomenon of the Child 2002, National Agrarian University of La Molina, 2002.
- Course: International Course on "New Trends in the Sustainable Management of Urban, Agricultural and Agroindustrial Waste", University of BOKU, Austria, 2002.
- Seminar: Application of Geographic Information Systems in Environmental Planning and Land Use, National Agrarian University of La Molina, 2002.

PROFESSIONAL EXPERIENCE

- **Knight Piesold Consultores S.A., Lima, Perú. 2020:**
Preparation of environmental studies in different sectors, such as mining, transport, hydrocarbons and housing:
 - Mining*
 - **Shahuindo S.A., Shahuindo Mining Unit, Cajamarca, Peru:** Modification of the Environmental Impact Study of the Shahuindo Project. 2020.
 - **Shahuindo S.A., Shahuindo Mining Unit, Cajamarca, Peru:** Sixth Technical Supporting Report of the MEIA of the Shahuindo Project. 2019.
 - **Minera Hampton Perú S.A.C., Los Calatos Project, Moquegua, Peru:** Third Modification of the semi-detailed environmental impact study. 2019.
 - **Minera Barrick Misquichilca S.A., Pierina Project, Ancash, Peru:** Pre-feasibility study for the closure of Pierina's auxiliary infrastructures. Preparation of the Solid Waste Management Plan. 2017
 - **Minera Chinalco Perú S.A., Toromocho Project, Junín, Peru:** Supporting Technical Report of minor changes in components of the Toromocho Minera Unit. 2017
 - **Minera Chinalco Perú S.A., Toromocho Project, Junín, Peru:** First Update of the Toromocho Environmental Impact Study. 2017
 - **Pueblo Viejo Dominicana Corporation, Pueblo Viejo Project, Cotuí, Dominican Republic: Impact Analysis - New Configuration at the Llagal Inferior Tailings Storage Facility (IAC LL). 2016.**Compañía Minera Zafranal S.A.C., Proyecto Zafranal, Arequipa, Perú: Memorandum técnico para el Proyecto Minero Zafranal. 2016.
 - **Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Cerro Verde Mining Unit, Arequipa, Peru:** Modification of the Environmental and Social Impact Study of the Expansion of the Cerro Verde Production Unit. 2016.
 - **MINSUR S.A., San Rafael Mining Unit Project, Puno, Peru:** Feasibility study of the tailings deposit B2-4510 Phase 1 and Phase 2. 2016.
 - **Anglo American Quellaveco S.A., Quellaveco Project, Moquegua, Peru:** Environmental and Biological Monitoring. 2013 - 2016.
 - **Minera Chinalco Perú S.A., Toromocho Project, Junín, Peru:** Supporting Technical Report - Optimization for Expansion of the Toromocho Concentrator Plant. 2015.
 - **Anglo American Quellaveco S.A., Quellaveco Project, Moquegua, Peru:** Environmental Baseline of the port facilities for storage and shipment of concentrates of the Quellaveco Project, Ilo - Moquegua. 2015.
 - **Compañía Minera Zafranal S.A.C., Zafranal Project, Arequipa, Peru:** Environmental baseline study. 2015.
 - **Anglo American Quellaveco S.A., Quellaveco Project, Moquegua, Peru:** Fourth Modification of the Environmental Impact Study. 2014.
 - **Hudbay Perú S.A.C., Constancia Project Closure Plan, Cuzco, Peru:** Water permits for construction and operation. 2013.
 - **Anglo American Quellaveco S.A., Quellaveco Project, Moquegua, Peru:** Update of the environmental and social baseline. 2013.
 - **Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Arequipa, Peru:** Survey of observations of the Environmental and Social Impact Study of the Cerro Verde Production Unit Expansion Project. 2013.
 - **Consorcio Transportadora Salaverry, Mineral Concentrate Storage Project in the Salaverry Port, La Libertad, Peru:** Environmental monitoring of seawater quality in the Salaverry port. Project manager. 2013.
 - **Canteras del Hallazgo S.A.C., Chucapaca Exploration Project, Moquegua, Peru:** Second Modification of the Semi-Detailed Environmental Impact Study. 2013.
 - **Anglo American Michiquillay S.A., Michiquillay Project, Cajamarca, Peru:** Conceptual Environmental Impact Study. 2012.

- **Consortio Transportadora Salaverry, Mineral Concentrate Storage Project in the Salaverry Port, La Libertad, Peru:** Baseline of the Environmental Impact Study of the Mineral Concentrate Shipment Terminal Project. Salaverry Transport Consortium. 2012.
- **Impala Perú S.A., Mineral Concentrate Storage Project in Puerto Salaverry, La Libertad, Peru:** Baseline of the Environmental Impact Study. 2012.
- **Impala Perú S.A., Project for the Expansion and Modernization of the Callao Concentrate Warehouse, Callao, Peru:** Survey of Environmental Impact Observations. 2011.
- **Minera Yanacocha S.R.L, Conga Project, Cajamarca, Peru:** Collection of observations of the Environmental Impact Study. 2011.

Transportation

- **Lima Airport Partners (LAP), Lima, Peru:** Fifth Technical Sustaining Report of the MEIA of the Jorge Chávez International Airport (AIJC). 2021.
- **Ferrocarril Transandino S.A. (FTSA), Lima, Peru:** Program for the adaptation and environmental management of the south and south-east concessions. 2019.
- **Transportadora del Callao S.A., Lima, Peru:** Environmental monitoring of the dredging area and dredging material deposit in the Port of Callao. 2019.
- **CONCAR S.A., Lima Metro - Line 1, Lima, Peru:** Report on the quality of water for consumption at the Lima Metro stations. 2019.
- **Ferrocarril Transandino S.A. (FTSA), Lima, Peru:** Report for Compatibility Opinion and file for SERFOR. Concession of the Administration of the Railways of the South and South East. 2018.

Hydrocarbons / Electricity

- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Camisea Project, Lima, Peru:** Evaluation of the Energy Performance of the Pipeline Transportation System (STD). 2018.
- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Camisea Project, Lima, Peru:** Decisional Framework for the possible Resettlement of Villages in the Area of Influence of the Camisea Natural Gas and Natural Gas Liquid Pipeline Transportation System. 2018.
- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Camisea Project, Lima, Peru:** Design and implementation of the biological monitoring plan, Costa and Sierra sectors of the transportation system through NG and NGL pipelines. 2016.
- **Transportadora de Gas del Perú (TgP), Camisea Project, Lima, Peru:** Design and implementation of the biological monitoring plan, Costa and Sierra sectors of the NG and NGL Pipeline Transportation System (4th Monitoring). 2013.

Housing

- **Menorca Inversiones S.A.C., Lima, Peru:** Preliminary Study of the Environmental Impact of the Portland Company's Operations on the San Antonio de Pachacamac Urban Development. 2016.

- **NYRSTAR – Compañía Minera San Juan (Perú) S.A., Lima, Perú. 2011:**

Coordination, supervision and direction of the activities of the Environmental Affairs area.

Planning, supervision and execution of the unit's environmental monitoring program.

Registration and updating of the physical and digital monitoring database (water, air and effluent quality).

Analysis of the monitoring results of environmental parameters.

Supervision and coordination of the personnel assigned in operational maintenance tasks of the solid waste and water management system for human and industrial consumption.

Monitoring compliance with the commitments assumed in the EIA and Closure Plan of the mining unit.

Responsible for training on environmental issues for internal and external personnel.

Coordination and supervision of contractor companies for environmental remediation, waste management and wastewater treatment.

Planning and conducting environmental inspections in operational areas.

Preparation, review and updating of the records of environmental incidents reports and support in their evaluation.

Review and/or preparation of the necessary documentation to obtain or renew permits and raise observations from OEFA supervision.

- **CENCOSUD Perú, Lima, Perú. 2010:**

Coordination and supervision of the activities of the Environmental Affairs area.

Implementation and maintenance of the Integrated Management System (ISO 14001: 2004 and OHSAS 18001: 2007).

Management of hazardous and non-hazardous solid waste.

Planning, supervision and execution of the effluent monitoring program.

Responsible for the continuous training of personnel on issues concerning the system.

Carrying out periodic inspections of the operational areas.

- **Doe Run Perú S.R.L., Junín, Perú. 2006:**
Responsible for the maintenance of the Environmental Management System ISO 14001: 2004.
Review of documents, preparation of records.
Conducting talks to disseminate the ISO14001 Management System.
Evaluation of legal compliance and other agreements.
Preparing for the system certification audit.
- **Ambiental Consultores S.A.C., Lima, Perú. 2005:**
Evaluation of the systems of generation, segregation, treatment, transport and final disposal of waste.
Preparation of the "Diagnosis of Solid Waste Management in the BHP BILLITON TINTAYA 2006 Mine".
- **Consultoría & Capacitación en Sistemas de Gestión (PROIKOS) – Doe Run Perú S.R.L., Lima, Perú. 2005:**
Preparation of procedures, instructions and formats of the ISO 14001 Environmental Management System.
Responsible for training talks for operations personnel on environmental awareness and awareness issues, as well as dissemination of company policy.
Participation in the internal audit of the ISO 14001 Environmental Management System.

PROFESSIONAL HISTORY

- Knight Piésold Consultores S.A., Lima, Peru, Engineer II, 2011 - 2020.
- NYRSTAR - Compañía Minera San Juan (Peru) S.A., Lima, Peru, Environment Coordinator, 2010 - 2011.
- CENCOSUD Peru, Lima, Peru, Environment Supervisor, 2006 - 2010.
- Doe Run Perú S.R.L., Junín, Peru, Supervisor SGA, 2006.
- Ambiental Consultores S.A.C., Lima, Peru, Environmental Consultant, 2005 - 2006.
- Consulting & Training in Management Systems (PROIKOS), Lima, Peru, Environmental Consultant, 2005.

PUBLICATIONS AND PRESENTATIONS

- Thesis work to choose the title of Engineer: "Proposal for a Solid Waste Management Plan for the San Bernardo Clinic". Approved on April 28, 2006, this plan aims to implement the necessary actions for the proper management of solid waste generated by the San Bernardo clinic, measures such that they can be applicable in each of the stages of this management, such as They are the conditioning, segregation, storage, collection, transportation, treatment and final disposal of the same, especially oriented to the reduction of biocontaminated solid waste from its point of origin; The pertinent biosafety measures were also developed to minimize and control the risks derived from the handling of these wastes, thus protecting the hospital population.