

Universidad Técnica Federico Santa María

MEC385 - INGENIERÍA AMBIENTAL
PROFESOR ANDRÉS ARRIAGADA R.

INFORME DE PROYECTO *"Planta Desalinizadora en la Región de Valparaíso"*

Autores:

Rodrigo Araya Gracia ¹
Javiera Espinoza Morales ²
Benjamín Flores Carrillo ³
Matías Sáez Barraza ⁴
Joaquín Véliz Jofré ⁵

Noviembre 2021

¹Correo: rodrigo.arayag@usm.cl - Rol: 201941005-9

²Correo: javiera.espinozam@usm.cl - Rol: 201941036-9

³Correo: benjamin.floresc@usm.cl - Rol: 201941015-6

⁴Correo: matias.saezb@usm.cl - Rol: 201941001-6

⁵Correo: joaquin.veliz@usm.cl - Rol: 201941037-7

1 Resumen Ejecutivo

En Chile se ha hecho presente una megasequía desde el año 2010. Considerando que el 99% del agua en el país proviene de fuentes subterráneas, ríos y lagos, la existencia de un déficit hídrico afecta directa pero en distinta escala a cada uno de los habitantes del país.

En la región de Valparaíso se encuentran 37 de sus 38 comunas bajo declaración de escasez hídrica, la cual comunas como Olmué viven duramente, pues sólo poseen entre 4 a 6 horas de agua diarias. El déficit hídrico de la región se ve acrecentado por la significativa disminución del caudal del Río Aconcagua, cuya cuenca está a punto de entrar en la calidad de “extremo estrés hídrico”. Es por esto que nace la idea de una planta desalinizadora en la región de Valparaíso, específicamente en la ciudad de Ventanas, comuna de Puchuncaví. La planta, con una inversión inicial de \$162.000.000 (USD) a cargo de Aguas Pacífico SPA, se ubicará en el Fundo El Carrizo y entregará 1000 [L/s] de agua mediante un proceso de osmosis inversa, el cual consiste en la separación de las sales disueltas fluyendo a través de una membrana permeable al agua.

A pesar de la contribución a la comunidad que será tener una planta desalinizadora dado el contexto medioambiental que están atravesando, también se acarrean consecuencias medioambientales. La construcción de esta planta afectará a la calidad del aire, junto con provocar ruidos y vibraciones, causadas por la utilización de maquinaria pesada. Además, se generarán importantes consecuencias a la flora y fauna de los sectores aledaños debido a las obras de despeje y excavación. Por otro lado, la fase de operación entregará el residuo más problemático, la salmuera, la cual se descargará directamente al mar con un caudal nominal de 1.36 [m^3/s] y una concentración salina de 72.3 [psu], además de un perfil con altas concentraciones químicas. Bajo estos últimos puntos es que se realiza una exhaustiva investigación por parte de la empresa y se concluye que las únicas consecuencias fuera de la norma chilena se identifican en la flora y la fauna. Es por ello que la empresa propone el rescate y relocalización de los ejemplares que se verán afectados en las obras de construcción.

El proceso de desalinización conlleva un gran número de procesos. A rasgos principales se identifican la captación, impulsión, pre-tratamiento, osmosis inversa, post-tratamiento y neutralización. Cada uno de estos altamente detallados junto con sus sub-procesos, el tratamientos de residuos y los equipos utilizados. Junto con esto y para desarrollar de forma efectiva los procesos mencionados, es que la operación de la planta se divide en cuatro sectores: Sector Obras Marítimas, Sector Emisario e Inmisario Terrestre y Línea Eléctrica, Sector Planta, Sector Línea Eléctrica Alimentación Planta y Sector Acueducto. Se detalla la ubicación, objetivos y funcionamiento de cada uno de ellos. Para resumir y entender el funcionamiento de la planta se muestra su diagrama de flujos con sus respectivas tablas de caudales, presiones y concentraciones de químicos.

La operación de la Planta desalinizadora conlleva a diferentes desafíos ambientales, los cuales hoy en día tienen una gran relevancia dado el contexto mundial, nacional y regional del cambio climático. Estos desafíos, como por ejemplo, el requerimiento energético de la planta, el tratamiento de la salmuera y la optimización se analizan en el presente documento, con el fin de buscar alternativas que generen procesos más eficaces y alineados con los objetivos medioambientales actuales.

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1 Resumen Ejecutivo | 1 |
| Índice de Figuras | 4 |
| Índice de Tablas | 5 |
| 2 Introducción | 7 |
| 2.1 Contexto Mundial | 7 |
| 2.2 Contexto Nacional | 9 |
| 2.3 Contexto Regional | 11 |
| 2.4 Presentación del Proyecto | 12 |
| 2.5 Resolución de la Problemática | 12 |
| 2.6 Objetivos | 13 |
| 3 Antecedentes | 14 |
| 3.1 Fundamentos del Proyecto | 14 |
| 3.2 Aguas Pacífico SpA | 14 |
| 3.2.1 Ubicación de la planta | 14 |
| 3.2.2 Objetivos | 15 |
| 3.2.3 Duración | 16 |
| 3.2.4 Costo | 16 |
| 3.2.5 El proceso de desalinización | 17 |
| 3.2.6 Alcance | 19 |
| 3.3 Problemas Ambientales Asociados | 19 |
| 3.3.1 Salmuera: | 19 |
| 3.3.2 Calidad del aire: | 19 |
| 3.3.3 Ruido y vibraciones: | 20 |
| 3.3.4 Suelo: | 20 |
| 3.3.5 Flora, fauna y calidad del agua: | 20 |
| 3.4 Relevancia del Proyecto | 21 |
| 4 Legislación | 22 |
| 4.1 Determinación y Justificación del Área de Influencia (Cap. 2) | 22 |
| 4.2 Predicción y Evaluación del Impacto (Cap. 4) | 24 |
| 4.3 Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación (Cap. 7) | 26 |
| 4.4 Plan de Prevención de Contingencias y Plan de Emergencias (Cap. 8) | 28 |
| 4.5 Plan de Seguimiento (Cap. 9) | 34 |
| 4.5.1 Impactos significativos | 34 |
| 4.5.2 Impactos No Significativos | 35 |
| 4.6 Plan de Cumplimiento de la Legislación Ambiental Aplicable (Cap. 10): Normativa de carácter general aplicable al Proyecto | 36 |
| 4.7 Plan de Cumplimiento de la Legislación Ambiental Aplicable (Cap. 10): Normativa ambiental de carácter especial aplicable al Proyecto | 37 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.7.1 | Emisiones a la atmósfera y calidad del aire | 37 |
| 4.7.2 | Ruido | 39 |
| 4.7.3 | Aqua Potable | 39 |
| 4.7.4 | Obras Hidráulicas | 40 |
| 4.7.5 | Residuos Líquidos | 40 |
| 4.7.6 | Residuos Sólidos | 42 |
| 4.8 | Sustancias Peligrosas | 42 |
| 4.8.1 | Fauna | 43 |
| 4.8.2 | Flora | 44 |
| 4.8.3 | Patrimonio Cultural | 44 |
| 4.8.4 | Vialidad y Transporte | 45 |
| 4.8.5 | Electricidad, Combustibles y Gas | 46 |
| 4.8.6 | Ordenamiento Territorial | 46 |
| 5 | Operación de la Planta | 48 |
| 5.1 | Sector Obras Marítimas (OM) | 48 |
| 5.1.1 | Sistema de Captación | 48 |
| 5.1.2 | Sistema de Descarga de salmuera | 49 |
| 5.2 | Sector Emisario e Inmisario Terrestre y Línea Eléctrica (EITL) | 49 |
| 5.2.1 | Impulsión de Agua | 49 |
| 5.2.2 | Efluente a cámara de carga | 50 |
| 5.2.3 | Alimentación energía eléctrica efluente a cámara de carga | 50 |
| 5.3 | Sector Planta | 50 |
| 5.3.1 | Pre-tratamiento | 50 |
| 5.3.2 | Osmosis Inversa | 51 |
| 5.3.3 | Post-tratamiento | 52 |
| 5.3.4 | Neutralización | 52 |
| 5.4 | Impulsión del agua producto | 53 |
| 5.5 | Sector Línea Eléctrica Alimentación Planta | 53 |
| 5.6 | Sector Acueducto | 54 |
| 5.7 | La Totalidad del Proceso | 54 |
| 5.8 | Balances | 59 |
| 5.8.1 | Membranas | 59 |
| 5.8.2 | Global | 59 |
| 6 | Discusiones | 60 |
| 6.1 | Sistema energético | 60 |
| 6.1.1 | Consumo energético de la empresa | 60 |
| 6.1.2 | Condiciones climáticas de la zona | 60 |
| 6.1.3 | Energía mediante paneles solares | 61 |
| 6.1.4 | Energía mediante concentración solar | 62 |
| 6.1.5 | Energía mediante turbinas eólicas | 64 |
| 6.1.6 | Energía mediante central mareomotriz | 64 |
| 6.2 | Tratamiento de Salmuera | 64 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.3 | Optimización | 67 |
| 6.3.1 | Otros métodos de desalinización | 67 |
| 6.3.2 | Mejoras de los Dispositivos | 68 |
| 7 | Conclusiones | 70 |
| | Referencias | 72 |
| 8 | Anexos | 76 |
| 8.1 | Cálculos y Ecuaciones | 76 |
| 8.2 | Figuras anexas | 78 |
| 8.3 | Tablas anexas | 79 |

Índice de Figuras

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Estrés de Desarrollo de las Aguas Subterráneas (2010). | 8 |
| 2 | Estrés Ambiental debido a Alteraciones del Régimen de Caudal (1981-2010). | 8 |
| 3 | Déficit de Lluvia Acumulada Anual al 14/09/2020. | 9 |
| 4 | Infografía “¿Como se obtiene el agua en Chile?” | 10 |
| 5 | Causas de la Brecha y Riesgo Hídrico. | 10 |
| 6 | Cuenca Hidrográfica del Río Aconcagua. | 11 |
| 7 | Logo Aguas Pacífico SpA. | 14 |
| 8 | Ubicación de la Planta Desalinizadora. | 15 |
| 9 | Diagrama Global del Proceso de Desalinización. | 18 |
| 10 | Localización del Proyecto. | 22 |
| 11 | Sitio Propuesto para Relocalización de Ejemplares de Flora en categoría de Conservación. | 27 |
| 12 | Mapa de riesgo de inundación por tsunami y emplazamiento de tuberías | 29 |
| 13 | Carta de Pendientes Topográficas | 30 |
| 14 | Mapa de actividad sismica superior a 7 Ms (Magnitud de Ondas Superficiales) en la zona central de Chile. | 31 |
| 15 | Representación Jerárquica del equipo de emergencia. | 34 |
| 16 | Torres de captación. | 48 |
| 17 | Disposición Inmisario. | 49 |
| 18 | Ubicación de los edificios del Sector Planta | 50 |
| 19 | Siluetas de estructuras de suspensión y anclaje. | 54 |
| 20 | Leyenda del diagrama de flujo de operación. | 54 |
| 21 | Diagrama de flujo de operación de la planta desalinizadora. | 55 |
| 22 | Cielo nublado, sol y días de precipitación en Ventanas. | 60 |
| 23 | Disposición de los elementos de una central fotovoltaica. | 61 |
| 24 | Generación de energía mediante Paneles Fotovoltaicos en distintas regiones del país. | 62 |
| 25 | Tipos de infraestructuras para la obtención de energías mediante concentración solar. | 63 |
| 26 | Rechazo de Salmuera desde una planta Desalinizadora. | 65 |
| 27 | Membranas de filtración de agua salada. | 66 |
| 28 | Espectro de temperatura en Ventanas. | 78 |

| | | |
|----|--|----|
| 29 | Espectro de velocidad de viento en Ventanas. | 78 |
| 30 | Evolución del consumo energético y la capacidad de producción de las plantas desalinizadoras. Período 1970-2010. | 79 |

Índice de Tablas

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Superficie Aproximada de Intervención del Proyecto | 22 |
| 2 | Impactos Ambientales en Fase de Construcción. | 25 |
| 3 | Principales Productos Químicos y Aceites Requeridos. | 33 |
| 4 | Características del agua producto. | 52 |
| 5 | Características línea de transmisión. | 53 |
| 6 | Componentes y detalles del proceso de captación. | 56 |
| 7 | Componentes y detalles del proceso de pretratamiento. | 56 |
| 8 | Componentes y detalles de la osmosis inversa. (***) Las corrientes 18, 27 y 28 incluyen un factor de seguridad para TDS y cloruros para cumplir con las garantías del fabricante | 57 |
| 9 | Componentes y detalles de los efluentes y salmuera. | 57 |
| 10 | Componentes y detalles del A.prod. | 58 |
| 11 | Componentes y detalles de los reactivos. | 58 |
| 12 | Error porcentual de los balances de flujos básicos. | 59 |
| 13 | Consumo energético de la planta desalinizadora | 60 |
| 14 | Asignación de Valores de la Cualidad por Atributos de la Probabilidad. | 79 |
| 15 | Asignación de Valores de la Cualidad por Atributos de la Consecuencia. | 80 |
| 16 | Resumen Impactos Ambientales Identificados (1). | 81 |
| 17 | Resumen Impactos Ambientales Identificados (2). | 82 |
| 18 | Impactos Ambientales en Fase de Operación. | 83 |
| 19 | Impactos Ambientales en Fase de Cierre. | 83 |
| 20 | Localización de Estaciones de Rescate para la Fauna Íctica. | 84 |
| 21 | Seguimiento de pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación. | 84 |
| 22 | Seguimiento de pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces. | 85 |
| 23 | Riesgos asociados a la Fase de Operación del Proyecto. | 85 |
| 24 | Medidas de Prevención (1). | 86 |
| 25 | Medidas de Prevención (2). | 86 |
| 26 | Medidas de Prevención (3). | 87 |
| 27 | Medidas de Prevención (4). | 87 |
| 28 | Seguimiento del Aumento del nivel de presión sonora (1). | 88 |
| 29 | Seguimiento del Aumento del nivel de presión sonora (2). | 88 |
| 30 | Seguimiento de la Alteración de la Calidad de aguas de canales de riego y el río Aconcagua (1). | 89 |
| 31 | Seguimiento de la Alteración de la Calidad de aguas de canales de riego y el río Aconcagua (2). | 89 |
| 32 | Seguimiento de la Alteración de la Calidad de aguas de canales de riego y el río Aconcagua (3). | 90 |
| 33 | Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (1). | 90 |

| | | |
|----|---|----|
| 34 | Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (2). | 91 |
| 35 | Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (Fase Operación)(1). | 91 |
| 36 | Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (Fase Operación)(2). | 92 |

2 Introducción

2.1 Contexto Mundial

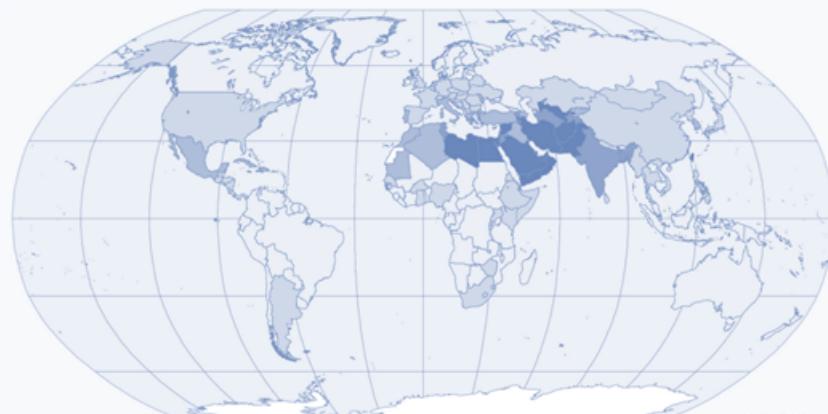
Si bien en el año 1800 en la tierra había apenas 1000 millones de personas, en el 2011 ya se contabilizaban 7000 millones, lo cual se espera que siga incrementando. Para en el año 2050 se espera que se alcancen 9700 millones, y un máximo sin precedentes de 11 millones de personas el año 2100. Se sabe que un ecosistema posee una capacidad de carga máxima en la cual puede brindar sus recursos a todos los miembros de este, pero ¿Qué pasaría si se supera esta capacidad de carga?, la respuesta es clara, no se podrían garantizar los recursos para todos.

El agua es un recurso indispensable en la vida, pues todo proceso en la actualidad requiere de ella para su funcionamiento. Desde la agricultura, la ganadería, hasta incluso la fabricación de piezas y la producción de textiles. El aumento del consumo en los últimos años ha llevado a una expansión de las industrias, las cuales utilizan una cantidad importante de agua en sus procesos. Según el informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos del año 2019, si la humanidad no cambia sus hábitos con el fin de detener el cambio climático, se espera que para el año 2030 exista un déficit mundial del 40% del agua dulce.

Pero, ¿es el déficit de recurso hídrico mundial lo único que podría dejar a comunidades sin agua?, la respuesta es no, pues además de el déficit de agua, existe mala administración de ella. Imaginemos que nos encontramos en una ciudad que produce determinado producto que requiere de muchísima agua. Si el recurso no es bien administrado, es decir, si no se limita la producción a la carga que puede sobrellevar el ecosistema sin descuidar el consumo humano, nos enfrentaremos a la falta de agua para las personas, lo cual es lamentablemente recurrente en la actualidad. Si no ahondamos en políticas públicas encargadas de la administración de este recurso, la necesidad de producir va a sobrepasar la importancia de las necesidades básicas del ser humano.

Las **Figuras 1 y 2** denotan la situación mundial respecto al estrés hídrico, el cual se presenta cuando la demanda de agua es mayor a la disponible en la zona, y el estrés medioambiental, que representa cómo el medioambiente se está viendo afectado por el déficit de este recurso.

FIGURA 1

Estrés de desarrollo de las aguas subterráneas (2010)

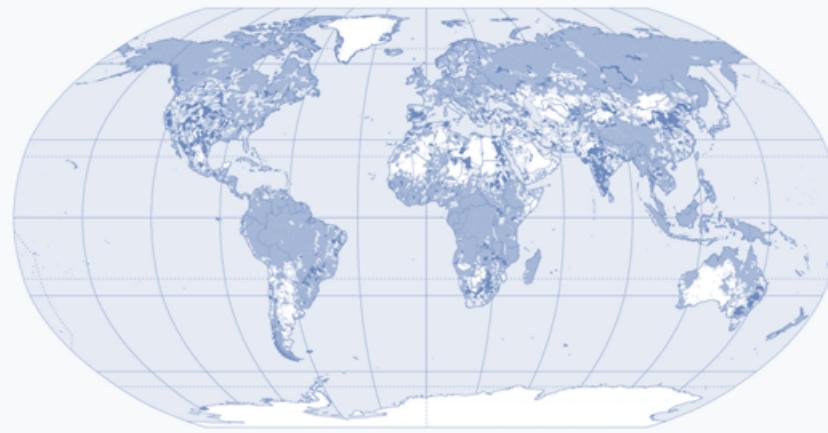
© IGRAC 2014

Extracción como porcentaje de reposición anual

| | | | | | |
|----|------|-------|--------|------|--------------|
| <2 | 2-20 | 20-50 | 50-100 | >100 | No hay datos |
|----|------|-------|--------|------|--------------|

Figura 1: Estrés de Desarrollo de las Aguas Subterráneas (2010).

FIGURA 2

Estrés ambiental debido a alteraciones del régimen de caudal (1981-2010)**Desvío del régimen natural de caudal**

| | | | | |
|------|-------|---------|-------|--------------|
| Bajo | Medio | Elevado | Grave | No hay datos |
|------|-------|---------|-------|--------------|

Figura 2: Estrés Ambiental debido a Alteraciones del Régimen de Caudal (1981-2010).

2.2 Contexto Nacional

Es común escuchar que los adultos mayores recalcan que en estos últimos inviernos no ha llovido como antes. A muchos les puede parecer agradable que llueva menos, pues no llegamos empapados a casa, no se generan grandes atochamientos producto de la disminución de velocidad en las avenidas por el asfalto mojado, o simplemente porque les parecen más agradables los días soleados. Sin embargo, ¿le tomamos realmente el peso al trasfondo de esto?, la respuesta pareciera ser un rotundo no. Aún cuando muchos de los jóvenes de hoy son conscientes del cambio climático y la situación hídrica, no podemos hablar de que exista una conciencia a nivel país.

En Chile se ha hecho presente una **megasequía** desde el año 2010, que significa que se encuentra con un severo déficit de precipitaciones desde ese año, lo cual se puede ver reflejado en la siguiente imagen.

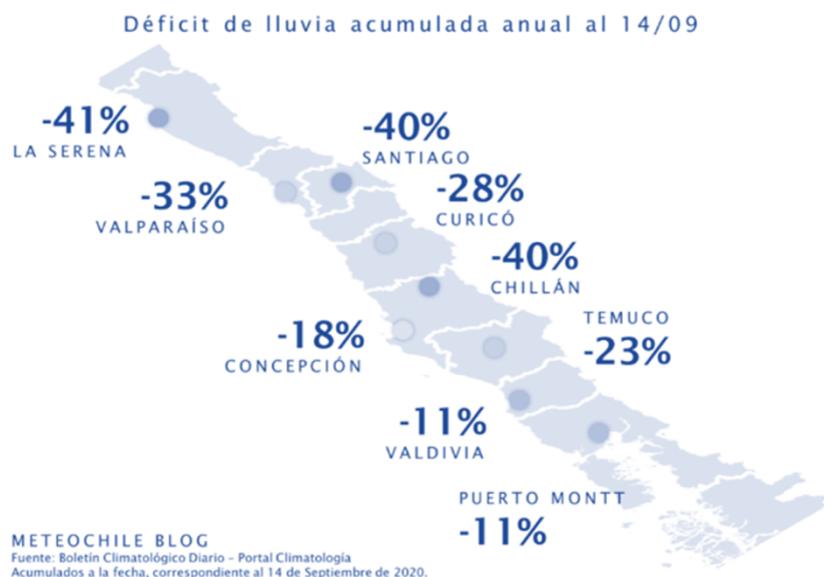


Figura 3: Déficit de Lluvia Acumulada Anual al 14/09/2020.

¿Por qué son tan importantes las precipitaciones en Chile?. En el país, sólo el 1% de la captación de agua proviene del mar, lo que implica que el 99% del agua proviene de fuentes subterráneas, ríos y lagos. Por ello, cuando existe un déficit de precipitaciones, se afectan todas las aristas de nuestra vida sin que nos demos cuenta. Un claro ejemplo de esto ocurre cuando no llueve lo suficiente en las regiones encargadas de la mayor parte de la producción de la agricultura, ocasionando que los precios de las frutas y verduras aumenten su valor, repercutiendo directamente en el bolsillo de los chilenos. En la **Figura 4** se detalla una infografía referente a la materia en cuestión.

¿CÓMO SE OBTIENE EL AGUA EN CHILE?

Más de cinco millones de hogares en el país, es decir, cerca de 17 millones de personas, tienen acceso a agua potable. La mitad se obtiene de fuentes superficiales y la otra mitad de fuentes subterráneas, las que luego son potabilizadas en algunas de las 238 plantas productoras que existen en Chile.

POR: Diego Istúriz / INFOGRAFÍA: Francisco Solorio

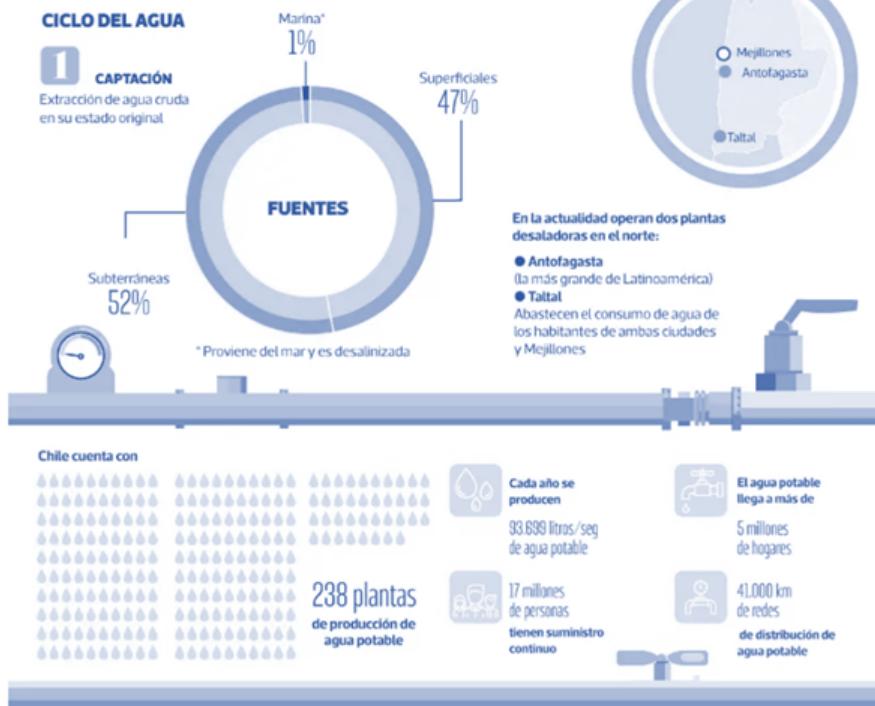


Figura 4: Infografía “¿Como se obtiene el agua en Chile?”

¿La sequía que se ha hecho presente en Chile se debe solamente a la disminución de precipitaciones? Según la fundación Chile y su iniciativa multisectorial llamada “Escenarios Hídricos 2030” que busca avanzar hacia una transición hídrica acorde al cambio climático y nuestro actual escenario productivo, las causas de las brechas y el riesgo hídrico dependen un 44% de causas relacionadas con una deficiente gestión del recurso en nuestro país y sólo un 12% de la disminución de la oferta de agua. Es por ello que Chile necesita poner urgentemente este tema en la mesa y prepararse política y económicamente para la administración de este tan preciado y limitado recurso. Los porcentajes mencionados se detallan en la siguiente Figura (5).

CAUSAS DE LA BRECHA Y RIESGO HÍDRICO

A partir del análisis de 6 cuencas, seleccionadas por ser representativas de diversas realidades y problemáticas hídricas en Chile (Copiapó, Aconcagua, Maipo, Maule, Lebu y Baker), Escenarios Hídricos 2030 identificó las causas de la brecha y riesgo hídrico que se dan en los territorios en Chile:



Figura 5: Causas de la Brecha y Riesgo Hídrico.

2.3 Contexto Regional

Como ya ha sido mencionado, la situación actual respecto al recurso hídrico es un tema importante y significativo tanto en Chile como en todo el mundo. Particularmente, la Región de Valparaíso no es la excepción a la generalidad de la situación en cuestión. Clara evidencia de esto es el hecho de que para 2020, Valparaíso ya presentaba un déficit de precipitaciones de un 30,8% , e incluso en algunos sectores el déficit anual alcanza el 70%, según menciona la Seremi de Ciencia Macrozona Centro María José Escobar. Dichos porcentajes de déficit pluvial se ven notoriamente reflejados en el Boletín Hidrológico mensual de agosto de 2020, desarrollado por la Dirección General de Aguas, en el cual se especifica que 37 de las 38 comunas de la quinta región se encuentran bajo declaración de escasez hídrica, mientras que en junio de 2021, los principales embalses de la región, Los Aromos y Peñuelas, presentaron una acumulación de 4,4 y 0,5 millones de metros cúbicos (respectivamente), volúmenes incomprensiblemente bajos comparados con sus capacidades de 35 y 25 millones de metros cúbicos. Esta falta del preciado recurso se ha traducido en la lamentable situación que viven comunas como la de Olmué, donde la interrupción de servicios reportada define tan solo entre 4 a 6 horas de agua al día , lo que ha obligado a los vecinos a llenar estanques de agua para sobrevivir hasta el día siguiente.

La escasez hídrica por la cual pasa cada una de las comunas de la Región de Valparaíso se vería acrecentada por la significativa disminución en el caudal del Río Aconcagua, el cual es la principal fuente de abastecimiento del embalse Los Aromos y otros 14 embalses. El Río Aconcagua, el cual nace en el Río Juncal y desemboca en el Océano Pacífico (Ver **Figura 6**), tiene una extensión entre 140 y 170 kilómetros (dependiendo desde donde se considere), cuenta con una cuenca de 7200 kilómetros cuadrados y un caudal medio de 39 [m³/s].

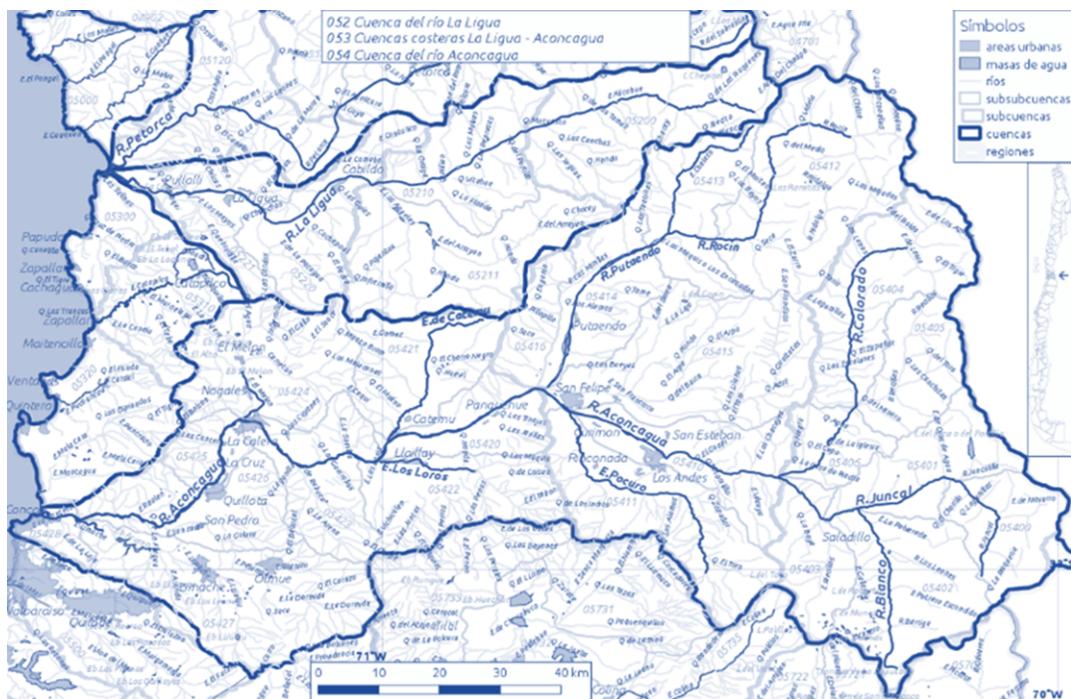


Figura 6: Cuenca Hidrográfica del Río Aconcagua.

Actualmente, debido al excesivo déficit de lluvias, la Dirección General de Aguas (DGA) se vió

obligada a intervenir en la cuenca del Río Aconcagua. Dadas las declaraciones vigentes de escasez hídrica, al reporte del 1 de octubre del presente año “Hidrometría Embalse Los Aromos”, de la Dirección de Obras Hidráulicas de la Región de Valparaíso, y a la imposibilidad de acuerdo con la Junta de Vigilancias de Aguas, la DGA procedió a la redistribución de las aguas ejerciendo el derecho que le brinda el artículo 314 del Código de Aguas. Este acontecimiento es clara evidencia de la carencia a la que se enfrenta la quinta región, a lo cual se le suma el estudio realizado por la Universidad de Chile para la DGA “Actualización del Balance Hídrico Nacional”, en el cual se determina que habrá una falta del recurso de hasta el 50% para 2030 y que la cuenca del ya mencionado río se encuentra a punto de entrar en calidad de “extremo estrés hídrico”. Una vez que se ha comprendido la gran problemática que enfrenta la quinta región, así como la cuenca del Río Aconcagua, siendo ésta enfocada en gran parte a la escasez del agua potable para consumo humano, es claro que se requiere dar solución de manera urgente.

2.4 Presentación del Proyecto

El proyecto propuesto por Aguas Pacífico SpA consta de la instalación de una Planta desalinizadora de agua de mar en la Región de Valparaíso, específicamente en Ventanas, en la comuna de Puchuncaví, en el Fundo El Carrizo. Se construirá en un terreno de 4 hectáreas de superficie y captará agua desde el mar, a través de una tubería submarina (inmisario) de aproximadamente 1 kilómetro de longitud que, en su extremo, a 18 metros de profundidad, tiene una torre de captación. La calidad del agua desalinizada será del tipo potable y, por medio tanto de tuberías propias como de terceros, puede llegar a suministrar agua a prácticamente toda la Región de Valparaíso.

La desalinización de agua de mar se ha vuelto una medida bastante popular frente a la escasez hídrica en muchas zonas áridas del mundo y de nuestro país. Esta nueva fuente hídrica, da la oportunidad de abastecer de agua potable a la población, sostener la agricultura, parques municipales e industrias, aumentando por ejemplo la oferta turística en varios lugares de nuestro país. El proceso de desalinización según la RAE “se basa en quitar la sal del agua del mar o de las aguas salobre, para hacerlas potables o útiles para otros fines”. Dicho de otra forma, nos enfocaremos en reducir suficientemente el contenido de sal del agua de mar, para hacerla apta para el consumo humano. Los métodos de desalinización de agua de mar se dividen en dos categorías principales: evaporación térmica y separación basada en membrana, esta última, utiliza presión mecánica, potencial eléctrico o un gradiente de concentración como las fuerzas motrices a través de una barrera de membrana semipermeable para separar la sal del agua. Dentro de estos últimos métodos, es la denominada osmosis inversa el tratamiento escogido por el Proyecto Aconcagua. Comercialmente, corresponde a una de las tecnologías más competitivas y usadas a nivel mundial, además de ser compatible con el medio ambiente y las comunidades del entorno.

2.5 Resolución de la Problemática

Teniendo en cuenta el contexto actual de esta mega sequía que azota principalmente regiones como la de Valparaíso, fenómeno agudizado por el cambio climático y que puede ser visto cada año con mayor gravedad, la planta desalinizadora propuesta se presenta como un preciado punto de partida para afrontar este déficit hídrico. Existen varias comunas de la Región que sirven como claros ejemplos

de esta escasez hídrica ya mencionada, sin embargo, una de las principales será Ventana, ya que su localización geográfica hace que esté bajo la influencia de un clima estepárico costero nuboso, caracterizado por una abundante humedad, la presencia de neblinas matinales y la ausencia de precipitaciones. Dado este contexto árido, se hace necesario asegurar el abastecimiento hídrico, especialmente si consideramos las altas necesidades de la intensa actividad agrícola en la comuna.

Suministrando agua para diversos fines, todos fundamentales para la actividad humana, como lo son el consumo humano, riego agrícola y en primera etapa, usos industriales como la minería, se trata de un proyecto con profundos beneficios, tanto regionales, nacionales y también mundiales. Teniendo cada una de las áreas mencionadas importantes requerimientos hídricos, contar con una fuente permanente y sustentable implica un significativo avance, sobre todo en materia económica, considerando las ganancias por parte del sector industrial. A nivel local, la creación de empleos adquiere un carácter significativo, como también el reconocimiento de las inquietudes de la comunidad. Finalmente, se trata de un proyecto de alto valor en términos medioambientales, un ejemplo de innovación y avance tecnológico que sirve como referencia a nivel nacional e internacional, considerando la creciente necesidad de inversiones en este ámbito.

2.6 Objetivos

- Evidenciar y comprender la crisis hídrica que afrontan el mundo, el país y la Región de Valparaíso.
- Analizar y exponer una solución para aminorar el impacto de la sequía que se vive en la quinta región, por medio de la presentación del proyecto de instauración de una planta desalinizadora.
- Estudiar y entender los aspectos técnicos del proyecto, sus beneficios, consecuencias y limitaciones, así como también su impacto a nivel ambiental.
- Exponer la legislación que rige y se aplica para la aprobación de un proyecto de la magnitud como la instauración de una planta desalinizadora de agua.
- Comprender y analizar el proyecto desde el ámbito ingeniero-ambiental, destacando aspectos tales como su relevancia, impacto medioambiental y regulaciones.

3 Antecedentes

3.1 Fundamentos del Proyecto

3.2 Aguas Pacífico SpA

Aguas Pacífico SpA (en la **Figura 7** se puede observar su emblema) es una empresa fundada en 2016 por Patria Investimento Ltda., la cual es el fondo de inversiones más grande de Latinoamérica. La empresa se dedica a realizar todo el procedimiento que implica explotar recursos acuíferos. En Chile, según su página web, busca “Cambiar el paradigma del problema hídrico de Chile generado por el cambio climático”, para lo cual proponen desalinizar agua aprovechando el recurso marítimo del país, lo que disminuiría el estrés que estamos aplicando en este momento a nuestra cordillera, fuente principal de nuestro recurso hídrico.



Figura 7: Logo Aguas Pacífico SpA.

3.2.1 Ubicación de la planta

Chile está dentro de los 18 países más amenazados por problemas hídricos al año 2030 y, actualmente, ya hay 111 declaraciones de escasez hídrica en el país. Dentro de este registro está la Región de Valparaíso que, en agosto pasado, el gobierno declaró en emergencia agrícola justamente por este mismo problema. Dentro de esta región, se encuentra la comuna de Puchuncaví, lugar que ya ha sido declarado zona de escasez hídrica por un periodo de seis meses. Esta medida busca garantizar el abastecimiento de agua potable para la comunidad, especialmente en poblaciones rurales, además de favorecer la disponibilidad del recurso para el sector agrícola. En Puchuncaví también se consideró que los sistemas de extracción de agua potable de la empresa sanitaria presentan un rendimiento inferior al 50%. Es por esta razón que se debió buscar una solución a este problema que afecta no solo a esta comuna, sino a varias más de la Región de Valparaíso, por lo que la planta desalinizadora propuesta por el Proyecto Aconcagua se presenta como un punto de partida para combatir esta escasez hídrica, llevando agua a muchos lugares de la zona para diversos usos, tales como consumo humano, uso industrial o regadío de las plantaciones agrícolas, las cuales son fundamentales en la zona.

Puchuncaví, aparece como una de las comunas favoritas para realizarla construcción de esta planta desalinizadora, debido a la presencia de costa para utilizar el agua de mar, su escasez hídrica y su gran déficit de agua para los regadíos, lo cual es una gran fuente de alimento en la zona, además de que posee grandes termoeléctricas e industrias que utilizan agua proveniente de fuentes como ríos, lagos y

napas subterráneas. En la **Figura 8** se puede ver un detalle estimativo de la ubicación de la planta (denotada por el punto ennegrecido), la cual se encontraría en la comuna de Puchuncaví (número 31), en el límite con la comuna de Quinteros (número 32).

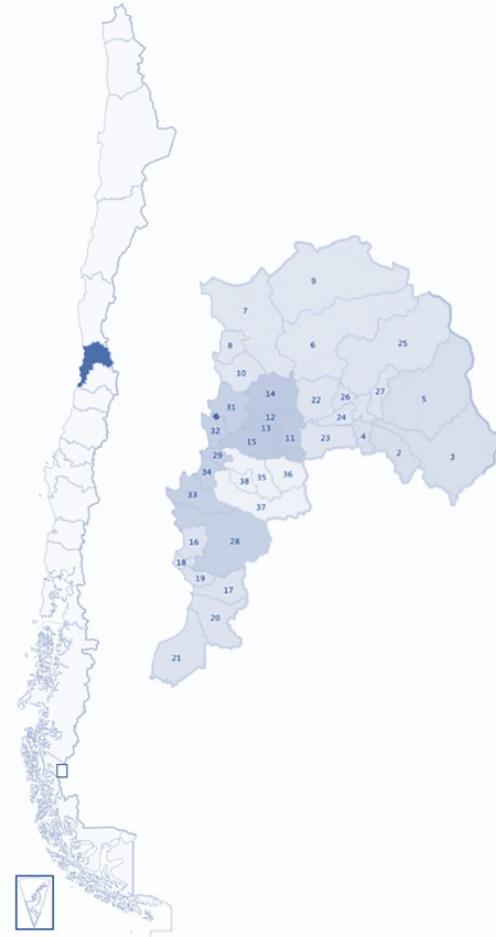


Figura 8: Ubicación de la Planta Desalinizadora.

3.2.2 Objetivos

La planta desalinizadora, se construirá en un terreno de 4 hectáreas de superficie y captará agua desde el mar, a través de una tubería submarina de aproximadamente 1 kilómetro de longitud que, en su extremo, a 18 metros de profundidad, tiene una torre de captación. La calidad del agua desalinizada será del tipo potable y, por medio de tuberías puede llegar a suministrar agua a prácticamente toda la Región de Valparaíso. Si bien el agua será captada en la costa de Puchuncaví, no será utilizada en dicha zona, sino que será almacenado en un estanque de acumulación que se ubicará en Quillota. El recurso, que será trasladado a través de una tubería, tendrá un fin industrial pero igualmente potable. Este proceso liberará una cantidad importante de agua, para consumo humano o agrícola. Y se espera que, asegure el abastecimiento y consumo de agua potable, ya que la empresa en primera instancia proveerá agua de uso industrial al cordón Quintero-Puchuncaví llegando hasta la termoeléctricas de Quillota". Considerando todo lo anterior, se aprecia que es un proyecto de gran envergadura y de alto impacto que ha generado y generará mucho empleo, sobre todo en la fase de construcción, la cual

ha demorado bastante tiempo. Además, contribuye a solucionar el problema de la escasez de agua y lo más relevante es que ha pasado la instancia rígida del proceso de Evaluación ambiental en forma satisfactoria.

3.2.3 Duración

El Proyecto Aconcagua de Aguas Pacífico SpA tenía planeado comenzar a ejecutarse a principios del año 2019, pero el último permiso lo obtuvo en octubre de 2019, de modo que la construcción y puesta en marcha se retrasó en más de un año en relación al programa original. Recién en el año 2020 ya contaban con todos los permisos, por lo que el proyecto comenzó su construcción el año 2021 y, según la planificación, se espera que entre en operaciones el primer semestre del año 2023.

3.2.4 Costo

Se consideran dos etapas en la implementación del proyecto, las cuales corresponden a la construcción de los equipos e instalaciones y la fase de operación, es decir, el periodo en el cuál se encuentra efectivamente en funcionamiento la planta abasteciendo de agua. Para la primera etapa se cuenta con una inversión de \$162.000.000 (USD) los cuales se distribuyen en:

- La mano de obra, con un promedio de 1102 trabajadores y un máximo de 1633.
- El gasto energético mensual, con un promedio de 384.334[KW] y un máximo de 492.852[KW].
- Consumo de combustible mensual, con un promedio de 354.270[L] y un máximo de 493.389[L].
- Consumo de lubricantes y aceites mensual, con un promedio de 4.273[L] y un máximo de 5.564[L].
- Consumo hídrico mensual, con un promedio de 9.089[L] y un máximo de 18.708[L].
- Materiales de construcción: Acero (2.171,02[t]), hormigón (26.667[m³]), enfierradura (1.994[m²]), moldaje (51.073[m²]) y áridos (99.793[m³]).
- Otros bienes y contratación de servicios.

Luego para la fase de operación, los costos asociados se calculan considerando:

- La mano de obra, con una dotación de 40 trabajadores.
- El gasto energético de la planta será de 26,3[MW], se calcula entonces un gasto mensual aproximado de 19,2[GWh/mes], lo que se traduce en un consumo energético por metro cúbico de agua producida de 8,25[kW/m³].
- Consumo de combustible mensual máximo estimado para generadores de emergencia de 1[m³].
- Consumo hídrico mensual de agua industrial de 85[m³] y de agua potable de 180[m³].
- Alimentación.
- Otros bienes y contratación de servicios.

3.2.5 El proceso de desalinización

La captación de agua de mar se lleva acabo en el Sector de Obras Marítimas, cada torre captará un caudal máximo de $1.44[m^3/s]$ de agua de mar, con una velocidad máxima de $0.15[m/s]$, lo que se encuentra dentro de la categoría de bajo impacto en lo que succión de organismos respecta. Luego, a través de una tecnología de vasos comunicantes, utilizando colmatación y no succión para minimizar los efectos de arrastre por este último proceso, el agua será conducida por el inmisario hacia la sentina. Se adicionará una serie de químicos para evitar la incrustación de vida marina y asegurar el alejamiento de medusas. Además, se contempla un permanente monitoreo para resguardar el bajo impacto ambiental proyectado.

En el denominado Sector Emisario e Inmisario Terrestre y Línea Eléctrica el agua de mar proveniente del inmisario es depositada en la sentina, en la cuál existe un proceso de filtración mayor, para luego ser impulsada hacia la planta desalinizadora con un caudal promedio de $2.36[m^3/s]$, haciendo uso del inmisario terrestre. El efluente o salmuera será descargado por el emisario terrestre con un caudal nominal de $1.36[m^3/s]$.

El proceso de desalinización como tal, se lleva a cabo en el Sector Planta, proceso que se logra mediante las siguientes etapas:

1. **Pre-tratamiento:** Se trata de la aclimatación química y el retiro de las partículas en suspensión del agua de mar de alimentación. Se considerará un sistema de filtración mecánica y ultrafiltración, además de la adición de la cantidad apropiada de químicos.
2. **Osmosis Inversa:** Se basa en el principio físico que ocurre en diversos ámbitos biológicos. El proceso consiste en la transmisión de un fluido o solvente (agua), desde una solución con una mayor concentración de algún soluto (sal), por medio de una membrana que no permite el paso de este último, a otra con menor concentración. Esta diferencia entre las soluciones se manifiesta en forma de la denominada presión osmótica, de modo que, si aplicamos una presión mayor a esta, el proceso se invierte. Aquí yace la base de la desalinización utilizando osmosis inversa, de manera que el agua, al pasar por un sistema de bombas que administran una alta presión, cruza a través de un filtro de membrana que impide el paso de partículas con tamaños mayores o iguales al de la sal. Para lograr esto, se utilizan numerosas capas de membranas enrolladas dentro de diversos tubos con tal de aumentar el área que capta la sal, desde los cuales el agua producto y la salmuera son emitidos hacia sus correspondientes destinos.
3. **Post-tratamiento:** El agua se trata químicamente, para ser remineralizada, estabilizada y potabilizada.
4. **Neutralización:** Las corrientes producto del proceso de ultrafiltración y los lavados son tratadas para poder ser descargadas junto con la salmuera. La salida del estanque se recirculará al mismo y otra parte se mezclará junto con la salmuera para luego enviarse a la cámara de carga. El resto de vertidos no contaminados se conducen directamente a la conducción de descarga, pasando por el estanque de decantación.
5. **Estación de Bombeo:** 5 bombas centrífugas horizontales son responsables de succionar el producto de agua desde los estanques ubicados en el edificio post-tratamiento.

Además, el sector planta cuenta con una subestación eléctrica, acceso vial e instalaciones auxiliares. Para finalizar el proceso, la salmuera proveniente de la planta desalinizadora tendrá una descarga continua a través de la tubería y el emisario submarino, con un caudal nominal de 1.36[m³/s] y una concentración salina de 72.3[psu]. La descarga gozará de una distribución dotada de un área amplia a través del uso de difusores dispuestos de manera óptima. Varias líneas de agua, como la salmuera, de limpieza de equipos y el rechazo de los filtros de seguridad conforman la corriente de rechazo, la cual será también monitoreada para asegurar las condiciones requeridas para su liberación al ecosistema marino. No se consideran tratamientos térmicos pues no existirá variación en la temperatura y no existirán descargas de cloro residual.

El resto de las obras del proyecto se encuentran agrupadas en el Sector Línea Eléctrica Alimentación Planta, la cual proveerá a la planta de energía desde la línea 1x110[kV] Marbella - Quillota, y Sector Acueducto, en donde se transportará el agua para el uso correspondiente mediante impulsión desde la estación de bombeo y conducción gravitacional hasta el estanque de acumulación de la comuna de Quillota.

El proceso puede ser apreciado de manera general en la **Figura 9**, la cual es solamente referencial y no representa verdaderamente la planta propuesta por el Proyecto Aconcagua. La ubicación de los mencionados edificios se pueden observar más adelante en la **Figura 10**.

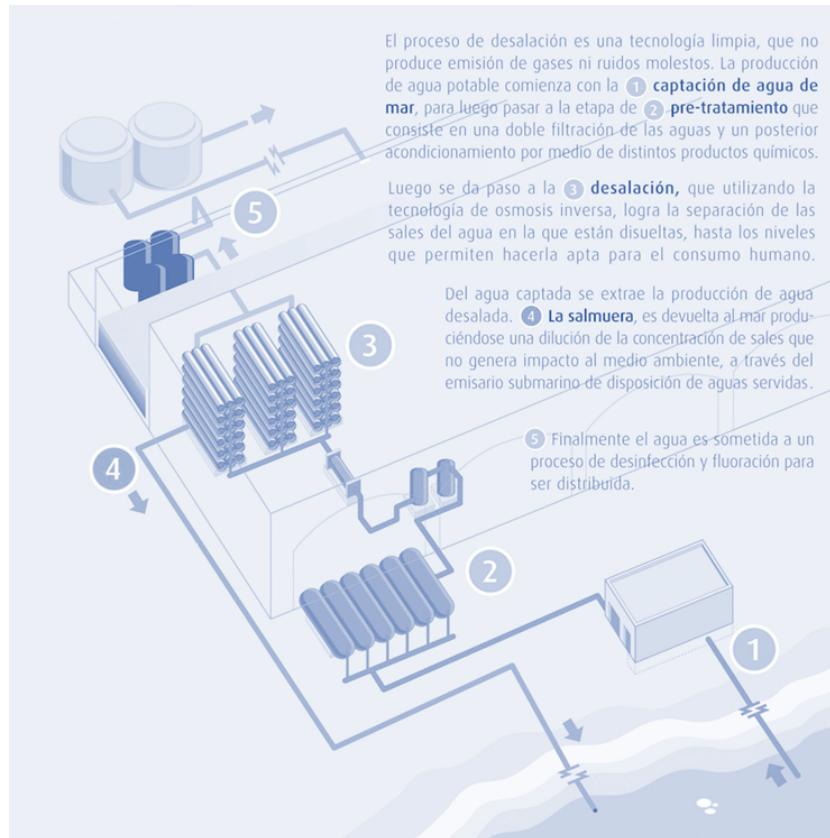


Figura 9: Diagrama Global del Proceso de Desalinización.

3.2.6 Alcance

Como resultado del proceso de desalinización de la planta se estima abastecer con una cantidad de agua dulce de 1.000[L/s] para venta a terceros, ya sea para uso industrial, minero, agrícola o para su consumo. Además, tal como se mencionó anteriormente, se presenta como una vía permanente, una fuente de agua novedosa que, colaborando con la realización de los objetivos de desarrollo sostenible, permite abastecer un amplio territorio dentro de la región de Valparaíso.

3.3 Problemas Ambientales Asociados

3.3.1 Salmuera:

Una planta desalinizadora funciona eliminando la sal del agua de mar, logrando convertirla en un símil del agua dulce que proviene de la cordillera. El procedimiento suena genial, perfecto para las condiciones climáticas que vivimos hoy y se acentuarán en un futuro, en donde el agua será un recurso demandado y limitado, pero ¿Qué hacemos con la salmuera que se genera en este proceso? Según el profesor Manzoor Qadir, vicedirector de UNU-INWEH, el impacto de la salmuera es importantísimo, puesto que aumenta la temperatura del agua del mar y reduce la cantidad de oxígeno en el agua, lo cual causa graves daños para la vida acuática. De hecho, él explica que por cada litro de agua potable producido por una planta desalinizadora, se genera en promedio 1.5 litros de salmuera. Ahora, esto no es del todo malo, pues la salmuera se puede aprovechar en algunos sectores como la acuicultura, pero aún con el aprovechamiento no se logra eliminar la totalidad esta, por lo cual sólo se logra minimizar el impacto.

En el caso de la cuenca Aconcagua, lugar donde se emplazaría la desalinizadora, existe una gran cantidad de flora y fauna, la cual vive en equilibrio osmótico con su ambiente. Al devolver una salmuera, la cual posee una concentración de iones más altas que la que posee el mar, se genera una deshidratación en ellos. Es verdad que es posible que se adapten, pero esto es un proceso independiente para cada especie, lo cual abre la posibilidad que algunas no logren ser tan fuertes como para sobrevivir y desaparezcan de la cuenca.

Pero, ¿por qué no lanzar la salmuera en tierra?. Así como en el mar, se generaría un desequilibrio para las especies habitantes del suelo, e incluso, esto podría impactar en aún mayor cantidad pues la cantidad de sal en tierra es muchísimo menor a la del mar.

Existen métodos para solucionar estos problemas, por lo cual para no caer en problema la empresa tendría que comprometerse a realizar la investigación necesaria e impactar el medio ambiente en la menor medida de lo posible innovando en esta materia.

3.3.2 Calidad del aire:

Para desarrollar la construcción de la planta desalinizadora se requerirá vehículos y maquinaria, los cuales generan emisiones dada la combustión, lo que podría aumentar el nivel de NO₂, SO₂ y CO₂ en el sector. Estas emisiones no serán constantes, pues la construcción se realizará en etapas, las que se desarrollarán en un periodo de 27 meses. El aporte de SO₂ y CO₂ no será lo suficientemente

significativo como para cambiar bruscamente la situación habitual del sector, pero el de NO₂ es algo más preocupante. Se espera que en dos se los subsectores estudiados (Estación sur y La Greda) se ubique la cúspide de acumulación de este gas.

Respecto a las concentraciones de material particulado sedimentable, se espera que este se incremente en la zona, pero no lo suficiente como para superar el límite establecido en la normativa de referencia.

3.3.3 Ruido y vibraciones:

Como en cualquier construcción, se espera que existan emisiones de ruido producidas por la maquinaria que se empleará. Estas emisiones se mantendrán en el límite permisible según la norma.

Además, relacionado con el punto anterior, se espera que existan vibraciones como resultado de la maquinaria pesada que transitará por el lugar. Estas vibraciones serán superiores a lo cotidiano en la zona, pero no se espera que generen consecuencias considerables, por lo cual no se considera necesario presentar una EIA respecto a este punto.

3.3.4 Suelo:

En la fase de construcción debido a los movimientos/vibraciones se espera impacto por pérdida y degradación del suelo con capacidad de uso agrícola, dado que estas vibraciones ocasionan degradación de estratos superiores de perfil e incorporación de materiales. El lugar de emplazamiento del proyecto sólo presenta suelo restringido a ciertos cultivos y difícil de cultivar, dadas sus condiciones naturales. El suelo restringido a ciertos cultivos representa sólo una pequeña parte, y se tomarán medidas para preservarlo.

Respecto a capacidad del suelo para sustentar biodiversidad, si bien se utilizará una gran extensión de territorio en la etapa de construcción, sólo una pequeña será utilizada permanentemente por la planta desalinizadora, por lo que no se considera que exista un impacto importante respecto a la ocupación territorial y su relación con la biodiversidad.

3.3.5 Flora, fauna y calidad del agua:

Respecto al ámbito hídrico, se requieren realizar obras de encauzamiento y desvío en el cruce del río Aconcagua junto con los esteros Rautén y Mala. Segundo estudios el agua de estos lugares es apta para riego, por lo cual cualquier mal manejo en la construcción podría impactarla críticamente. A pesar de esto, cuando cese la intervención del cauce se espera que el río y los esteros retornen a sus condiciones iniciales sin mayores complicaciones.

Para el encauzamiento y desvío del río Aconcagua se necesitará realizar obras de despeje y excavación, con el fin de instalar tuberías. Esto afectará a especies vulnerables o en categoría de conservación, por lo cual es necesario tomar medidas de mitigación, reparación o compensación. Es necesario realizar una EIA. Además, será necesario despejar zonas en las cuales existe vegetación nativa. La empresa para aminorar el daño se compromete a recolonizar con especies nativas en buena parte del

proyecto.

Respecto a la fauna terrestre, se espera que el ruido de la construcción genere una afectación leve en ella. Por otro lado, se espera que a causa de la construcción y el desvío de los cauces los peces puedan verse afectados, incluso especies en categoría de conservación, por lo cual es necesario un EIA.

3.4 Relevancia del Proyecto

Puchuncaví fue declarado en el año 2018 como zona de escasez hídrica ante la mega sequía que afecta a Chile en los últimos años. Con esta medida se busca que zonas rurales no queden desabastecidas de un recurso tan esencial como lo es el agua, pero aún con ello y la inversión que esto implica no ha sido suficiente para la zona, de hecho, los pozos y napas se han secado y se ha interrumpido el servicio.

Esval, empresa de distribución de agua potable en la zona ha realizado acuerdos con las juntas de vigilancia y los regantes del río Aconcagua, con lo cual se busca minimizar el problema. Se intenta avanzar en diversas obras para reforzar los sistemas, pues ya no se puede confiar ni depender de las precipitaciones que debiesen ocurrir cada año.

Bajo este contexto es que se genera el proyecto de una desaladora en esta zona, la cual se prevé que posea una capacidad de 1000 [L/s], con lo que se busca disminuir el déficit hídrico que afecta a la cuenca Aconcagua. En primera instancia, se espera que esta agua se utilice en zona industrial, situación a la cual muchos podrían oponerse, diciendo que lo primero es el abastecimiento a las comunidades, pero abastecer a empresas en el cordón Quintero-Puchuncaví liberará miles de litros de agua potable al día para consumo humano y agrícola, lo cual es de primera necesidad actualmente en la zona.

Además, esta planta desaladora es pionera en la región. Bajo los pronósticos hídricos que existen para el país y la región de Valparaíso, y considerando que la industria chilena de materia prima consume una cantidad importante de agua, es de vital importancia darle cabida a esta clase de proyectos con el fin de preparar al país medio ambientalmente para la crisis que enfrentamos y esperamos se acentúe en un futuro.

4 Legislación

Para la aprobación del Proyecto Aconcagua, Aguas Pacífico SpA desarrolló un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), cuyo representante legal es el Sr. Enrique Alberto Cruzat Torres. A continuación se detallan los aspectos mas relevantes del EIA:

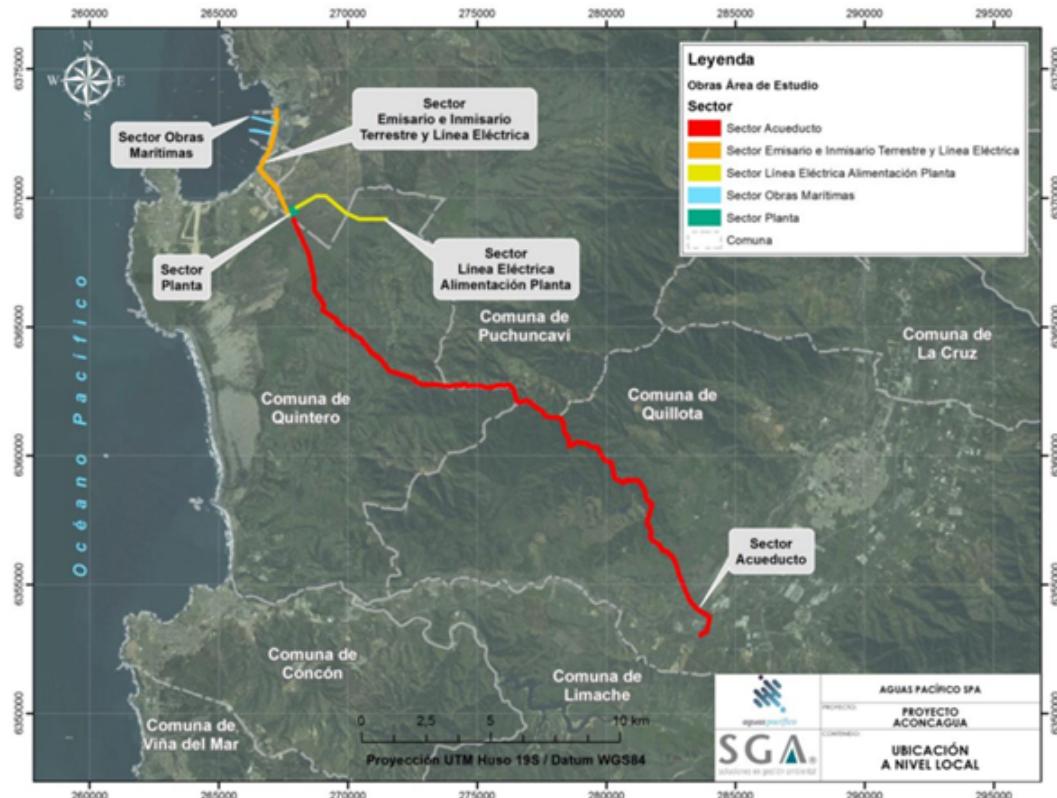
4.1 Determinación y Justificación del Área de Influencia (Cap. 2)

La **Tabla 1** informa el área estimada de intervención del proyecto, considerando tanto obras temporales como permanentes:

Tabla 1: Superficie Aproximada de Intervención del Proyecto

| Sector | Permanentes (ha) |
|--|------------------|
| Sector Obras Marítimas (OM) | 2,84 |
| Sector Emisario e Inmisario Terrestre y Línea Eléctrica (EITL) | 8,09 |
| Sector Planta (SP) | 9,69 |
| Sector Línea Eléctrica Alimentación Planta (LEAP) | 19,18 |
| Sector Acueducto (SA) | 46,01 |
| Total | 85,81 |

Luego, la ubicación de las superficies descritas previamente se distribuye según lo indicado en la **Figura 10**, la cual presenta un mapa de la región de intervención:



Respecto a las actividades que pueden causar impacto, estas se encuentran en su mayoría dentro de la fase de construcción, mientras que en la fase de operación son contadas y en la fase de cierre son inexistentes. Sin embargo, en esta última se considera que la actividad de la planta es indefinida, por lo cual aun así se especifican ciertas actividades suponiendo el posible cese de funcionamiento. Algunas de las actividades que pueden causar impacto en la fase de operación son captación de agua de mar y descarga de salmuera (OM), impulsión de agua de mar desde sentina, retorno de salmuera a cámara de carga y suministro eléctrico (EITL), pre y post tratamiento, osmosis inversa, neutralización e impulsión de agua producto (SP), suministro eléctrico de 100 kV a SP (LEAP) y el transporte y distribución de agua producto a terceros (SA).

Por último, los componentes del medio ambiente susceptibles a ser impactados se desarrollan en diversas subclasificaciones:

- **Medio físico:** Calidad del aire (aumento del material particulado y gases de combustión), ruido (principalmente funcionamiento de maquinaria y transporte durante la construcción y operación), campos electromagnéticos (debido a la línea de transmisión que alimentará a la planta), vibraciones, edafología, geología y geomorfología (por ocupación de terreno), hidrología y calidad del agua (por construcción de acueducto) e hidrogeología.
- **Ecosistemas terrestres:** Flora y vegetación, briófitas, fauna terrestre, hongos y líquenes (posibles afecciones consideradas en fase de construcción y operación).
- **Ecosistemas acuáticos continentales:** Afectación de ecosistemas por alteración de calidad de agua (fase de construcción), sedimentos (por alteración de estos) y biota.
- **Ecosistemas marinos:** Corrientes, mareas y oleaje, calidad de columnas de agua (construcción y procesos de captación de agua), sedimentos y biota.
- **Patrimonio cultural:** Arqueología, paleontología y arqueología marina (todas debido a la fase de construcción del proyecto).
- **Paisaje:** Potencial afección del valor paisajístico del sector debido a la operación del proyecto.
- **Atractivos naturales y culturales:** Potencial afección de zonas de valor turístico, atributos u obstrucción a su acceso.
- **Usos del Territorio:** Infraestructura y equipamiento (disminución de la disponibilidad de infraestructura vial debido a la necesidad de transporte durante las distintas etapas del proyecto), actividades económicas y productivas (posible afección a la actividad económica relacionada a extracción de recursos marinos), uso del suelo y capacidad de uso (potencial alteración de suelos con capacidad agrícola).
- **Medio humano:** Dimensión geográfica (posible afección debido a la eventual disminución de disponibilidad de infraestructura vial mencionada previamente) y dimensión socio económica (se podría ver afectada en caso de que se afecten las actividades relacionadas a la extracción de recursos marinos).

4.2 Predicción y Evaluación del Impacto (Cap. 4)

Primero, es relevante destacar la metodología de caracterización de impactos. Para ello, una vez identificados los impactos, se les asigna un valor de Magnitud de Impacto Ambiental (MIA), el cual es calculado como el producto entre la Probabilidad (P) y la Consecuencia del Impacto (C).

La **Probabilidad** se refiere al grado de seguridad de que el efecto ambiental se presente provocando impacto. Se clasifican los impactos en:

- **Improbable:** probabilidad menor al 25%.
- **Poco probable:** probabilidad entre el 25 y 50%
- **Muy probable:** probabilidad entre el 50 y 75%
- **Cierto o Seguro:** probabilidad superior al 75%

Según la clasificación se asignan valores numéricos del 1 al 4, los cuales son utilizados posteriormente en el cálculo de la MIA. Estos valores se identifican en la **Tabla 14** (anexos).

Luego, el cálculo de la **Consecuencia** se realiza a partir de los diversos atributos de los impactos establecidos en la Ley N°19.300 y adaptando algunos elementos a la metodología propuesta por Conesa (1997), resultando en la siguiente expresión: $C = Cr \cdot N \cdot (In + Ex + Mo + Du + Re + Ac + Ef + Pe)$. Los atributos presentes en la ecuación y sus respectivos valores asignados se especifican en la **Tabla 15** (anexos).

Se entienden dichas cualidades consideradas como: la **Criticidad (Cr)** hace referencia a la importancia del valor ambiental que tiene el componente, la **Naturaleza (N)** del impacto hace referencia a si este produce un efecto beneficioso o perjudicial al componente ambiental que se evalúa, la **Intensidad (In)** se refiere al grado de incidencia sobre el componente ambiental, la **Extensión (Ex)** corresponde al área de influencia del impacto en relación con el entorno de la actividad, el **Momento (Mo)** está relacionado al plazo de manifestación del impacto mientras que la **Duración (Du)** se refiere al tiempo que transcurre supuestamente desde la aparición del efecto hasta el instante en que el factor afectado retornaría a sus condiciones iniciales. En cuanto a la **Reversibilidad (Re)** se refiere a la capacidad de recuperación del factor afectado, la **Acumulación (Ac)** se determina a partir del incremento de la manifestación cuando esta persiste de manera continuada, el **Efecto (Ef)** hace referencia a la relación causa-efecto y, por último, pero no menos importante, la **Periodicidad (Pe)** está determinada por la regularidad de manifestación del efecto sobre el componente ambiental.

Una vez obtenidos los valores de MIA para cada impacto, estos se clasifican según intervalos, los cuales corresponden a:

- **No significativo Leve** ($8 \leq |MIA| \leq 176$)
- **No significativo Moderado** ($177 \leq |MIA| \leq 344$)
- **Significativo Alto** ($345 \leq |MIA| \leq 512$)

Referente a las áreas de impacto mencionadas, se realiza el resumen de impactos ambientales identificados, el cual se detalla en las **Tablas 16 y 17** (anexos), para luego determinar su respectivo MIA y poder ser clasificados según los intervalos previamente descritos. Los resultados obtenidos

se sintetizan en las **tablas 2, 18 y 19** (anexos). De estas se destacan las referentes a la Fase de construcción (presentadas a continuación), en la cual se presentan impactos de categoría **Significativo Alto**.

Tabla 2: Impactos Ambientales en Fase de Construcción.

| Impacto | Grado del Impacto | Significancia |
|---|-------------------|------------------------------------|
| Aumento de la concentración ambiental de gases de combustión (NO ₂ , SO ₂ y CO). | -276 | Negativo No Significativo Moderado |
| Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP10). | -276 | Negativo No Significativo Moderado |
| Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP2,5). | -276 | Negativo No Significativo Moderado |
| Aumento de las concentraciones de sedimentación de material particulado (MPS). | -84 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento del nivel de la presión sonora. | -168 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento de los niveles de vibraciones. | -136 | Negativo No Significativo Leve |
| Pérdida y degradación de suelo con capacidad de uso agrícola. | -168 | Negativo No Significativo Leve |
| Pérdida de la capacidad del suelo para sustentar la biodiversidad. | -176 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de la calidad de aguas de canales de riesgo y el río Aconcagua producto de la excavación de zanjas de acueducto. | -224 | Negativo No Significativo Moderado |
| Pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación. | -368 | Negativo Significativo Alto |
| Pérdida de superficies de vegetación nativa. | -192 | Negativo No Significativo Moderado |
| Pérdida de hábitat e individuos de briófitas. | -176 | Negativo No Significativo Leve |
| Pérdida de ambientes para hongos. | -176 | Negativo No Significativo Leve |
| Pérdida de Ambientes para líquenes. | -264 | Negativo No Significativo Moderado |
| Pérdida y alteración de hábitat de fauna. | -276 | Negativo No Significativo Moderado |
| Pérdida de individuos de especies de baja movilidad listadas en categorías de conservación. | -207 | Negativo No Significativo Moderado |
| Alteración de hábitat de fauna por ruido. | -168 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de restos y sitios arqueológicos. | -112 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de restos y sitios paleontológicos. | -240 | Negativo No Significativo Moderado |
| Pérdida de hábitat fluvial en secciones de los causes por encausamiento o desvíos. | -136 | Negativo No Significativo Leve |
| Detrimiento de la condición de hábitat por modificación físico-química del agua. | -84 | Negativo No Significativo Leve |
| Variación en la estructura comunitaria de eslabones primarios de la cadena trófica (Perifiton, Zoobentos). | -102 | Negativo No Significativo Leve |
| Pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces. | -352 | Negativo Significativo Alto |
| Alteración de las características físicas y químicas del agua de mar. | -136 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de la calidad de los sedimentos marinos. | -136 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de comunidades bentónicas submareales. | -152 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de comunidades bentónicas intermareales. | -192 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de hábitat de aves marinas costeras. | -69 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración del flujo vial. | -80 | Negativo No Significativo Leve |
| Afectación de Actividades Pesqueras por Construcción de obras marítimas. | -72 | Negativo No Significativo Leve |
| Afectación de Fuentes de Trabajo por construcción de obras marítimas. | -72 | Negativo No Significativo Leve |
| Afectación de Fuentes de Trabajo por alteración de suelo con capacidad agrícola. | -120 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de tiempos de viaje por aumento del flujo vial. | -80 | Negativo No Significativo Leve |

En la fase de operación y cierre no existen impactos significativos. Además, se debe destacar que según lo estipulado por la Ley 19.300 y el Título II del Reglamento de SEIA, aquellos impactos calificados como “No significativos” no requieren la necesidad de presentar un Estudio de Impactos Ambientales (EIA).

4.3 Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación (Cap. 7)

Según los requerimientos estipulados en la letra e) del Artículo 12 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley N° 20.417, y a la letra i) del Artículo 18 del D.S. N° 40/12 del Ministerio de Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), se implementan medidas de mitigación, reparación y/o compensación a todos aquellos impactos ambientales negativos que hayan sido calificados como “**Significativos**”, los cuales fueron explicitados en el apartado anteriormente mencionado.

Las **medidas de mitigación** corresponden a aquellas que tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad. Las **medidas de reparación** son aquellas que tienen la finalidad de reponer uno o más elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían previamente al impacto realizado por la actividad o proyecto sobre este. Por último, las **medidas de compensación** tienen la finalidad de producir un efecto positivo alternativo y equivalente al efecto significativo adverso identificado, el cual no sea posible de reparar o mitigar.

Según el estudio realizado en el capítulo 4 del EIA, sólo hay dos impactos ambientales calificados como significativos, los cuales se producen en la fase de construcción, mientras que en las fases de operación y cierre no se requieren medidas según lo estipula la Ley. Estos dos impactos son: la Pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación, referente al componente del medio Flora y Vegetación, y la Pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces, respecto al componente de Ecosistemas marinos continentales.

- **Medida de mitigación de pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación:**

Se propone una medida de mitigación la cual contempla el rescate y relocalización de ejemplares de flora en categorías “Casi amenazada” y/o “Vulnerable”, el cual se desarrollará en un programa que considera: registro de individuos afectados, extracción y relocalización de los ejemplares y seguimiento y monitoreo de la relocalización. Respecto al lugar de la medida, se desarrollará en los sectores aledaños a la franja de 15 metros considerada para la intervención, en los cuales exista presencia de las especies *Trichocereus chiloensis* (Casi vulnerable) y *Tropaeolum hookerianum* (Vulnerable). Esta medida se llevaría cabo en la zona mostrada en la **Figura 11**.

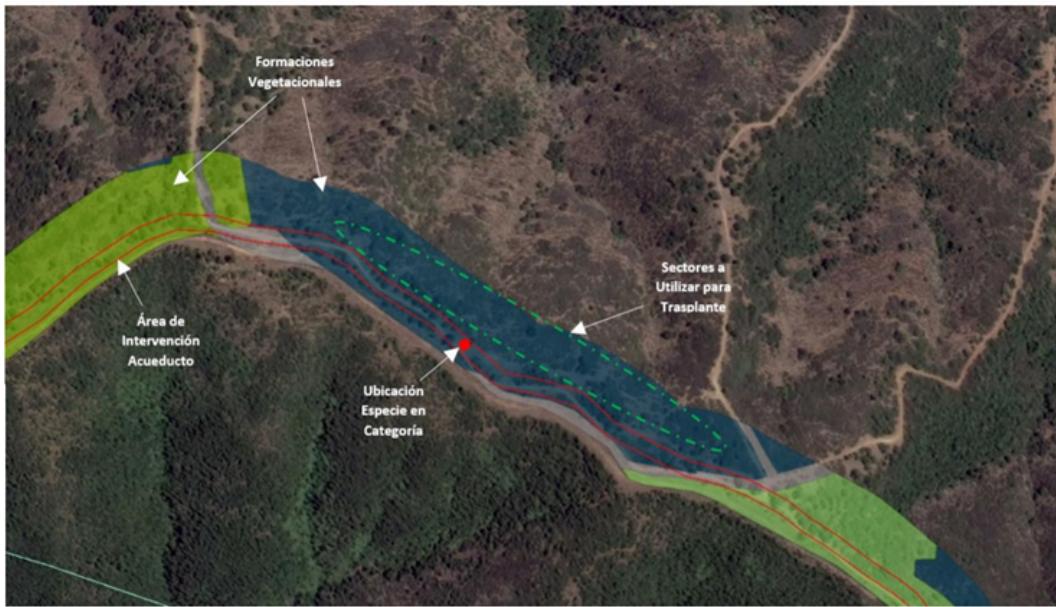


Figura 11: Sitio Propuesto para Relocalización de Ejemplares de Flora en categoría de Conservación.

Finalmente, se ha establecido como indicador de cumplimiento un porcentaje de supervivencia mayor al 70% de los ejemplares a relocalizar en el Proyecto.

- **Medida de mitigación de pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces:** Se propone una medida mitigación la cual se estipula el rescate y relocalización de la fauna íctica, proceso el cual consiste en:

- **Captura y transporte de la fauna íctica:** Los ejemplares son capturados, registrados, transportados en bidones de 50L y separados por especie y posteriormente estudiados luego de su liberación para asegurar que se recuperen del estrés y se encuentren en buenas condiciones.
- **Marcaje de fauna íctica:** Para el seguimiento, los peces serán marcados mediante la inyección de pigmentos, tomando todas las medidas necesarias para la prevención de contagio de enfermedades y/o infecciones. Además, el color del pigmento será según la estación en la cual el ejemplar fue rescatado.
- **Descarte de tejido y material contaminado:** Se consideran material para descarte los restos de animales que no se utilizarán, así como también el papel, bolsas, hisopos u otros elementos. Todo el material debe ser incinerado o esterilizado, y si no es posible, sumergido en solución desinfectante previo a ser arrojado a la basura.

Las especies que se considerarán para el rescate son: *Trichomycterus areolatus* (Bagre), *Cheirodon pisciculus* (Pocha), *Basilichthys australis* (Pejerrey chileno), *Gambusia affinis* (Gambusia), *Gambusia holbrooki* (Gambusia) y el *Australoheros facetus* (Torito).

Respecto al lugar donde se llevaría acabo la medida, se especifican las zonas en la **Tabla 20** (anexos).

Por último, se desarrolla el indicador de cumplimiento, en el cual se especifica que se evaluará el porcentaje de supervivencia de los ejemplares rescatados, considerando aspectos como el rango etario, densidades en los sitios de relocalización, tallas y pesos (antes y después del rescate), y el éxito en la recaptura como la proporción estimada entre ejemplares marcados y no marcados en la zona de relocalización, entregándose informes cada 30 días a la autoridad ambiental sobre los estudios realizados.

4.4 Plan de Prevención de Contingencias y Plan de Emergencias (Cap. 8)

Según lo señalado en el Título III, letra j) del Artículo 18 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) un Estudio de Impacto Ambiental deberá contener un Plan de Prevención de Contingencias y de Emergencias, según lo establecido en el Párrafo 2º del Título VI del citado RSEIA. Un **Plan de Contingencia** identifica riesgos de las actividades del Proyecto, donde se describen las respuestas y medidas para disminuir o impedir los escenarios de riesgos. El objetivo de este Plan de Contingencia y emergencia es establecer un conjunto de acciones que se deben adoptar en eventos que ocurran durante las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto Aconcagua, con el fin de evitar que se produzcan riesgos. Para detallar las obras y sectores del proyecto, estos se van a subdividir en cinco grupos:

- **Sector Obras Marítimas (OM):** Abarca todas las obras asociadas a la captación del agua de mar y descarga de salmuera. También considera la instalación de lanzamiento e instalación de excavación provisoria, además de instalaciones temporales para la construcción de estas obras.
- **Sector Emisario e Inmisario Terrestre y Línea Eléctrica (EITL):** Incluye la sentina y las tuberías que conectan el Sector Obras Marítimas (OM) con el Sector planta (SP), además de una línea eléctrica. Considera la instalación de faenas.
- **Sector Línea Eléctrica Alimentación Planta (LEAP):** Incluye una línea de transmisión de 110[kV] y su conexión mediante una S/E Tap – Off con la línea eléctrica existente Marbella – Quillota de 110 [kV]. La construcción de esta obra no incluye instalación de faenas.
- **Sector Acueducto (SA):** Abarca una tubería de conducción de agua industrial y/o potable desde el Sector Planta (SP) hasta un estanque ubicado en la comuna de Quillota. Parte de este trayecto se efectúa por sectores ya intervenidos por trazado del gasoducto Quintero-Quillota. La fase de construcción de este sector contempla la instalación de una faena temporal en el área del estanque.

Riesgos por Fenómenos Naturales

Un fenómeno natural es un suceso que se genera sin intervención humana. Se trata de un proceso o un acontecimiento producido por la naturaleza cuyas consecuencias pueden ser muy variadas, presentan daños o alteraciones graves de las condiciones normales del área geográfica afectada.

- **Tsunami:** De acuerdo con la información proporcionada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) y la respectiva Carta de Inundación por Tsunami (CITSU) del año 2011 para la bahía de Quintero. Se establece que los sectores OM y EITL se encuentran dentro del

área de inundación, estando dentro de las 2 escalas de profundidad de inundación más graves. Sin embargo, en el caso de un evento real, esto dependerá de las características del evento generador, así como las modificaciones que tenga el relieve durante el tiempo. Los sectores SP, SA y LEAP se encuentran fuera del área de inundación, ya que sus puntos más cercanos están, a 1,3[km], 11,9[km] y 5,3[km], respectivamente. En la siguiente **Figura (12)** se detallan las zonas aludidas anteriormente y se presentan las franjas de servidumbre de oleoductos y gasoductos adyacentes a la zona de aducción desde el mar junto al área de inundación por Tsunami desarrollada por el SHOA para la bahía de Quintero.

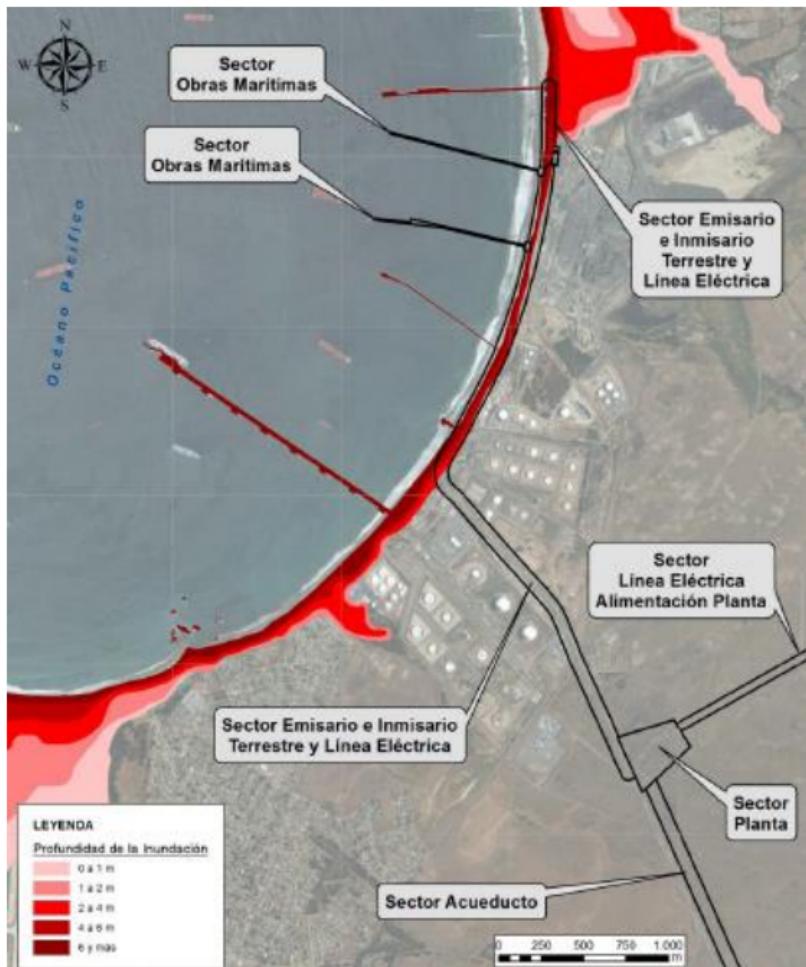


Figura 12: Mapa de riesgo de inundación por tsunami y emplazamiento de tuberías

- **Eventos de remoción de masa:** El sector SP posee suelos poco consolidados y con baja capacidad de retención de agua, posee pendientes bajas (2° a 5°), lo cual más la vegetación de la zona hace que este sector sea considerado como poco propenso de remoción de masa. Los sectores EITL y LEAP tiene características muy similares a SP en cuanto a suelos y vegetación. Con pendientes considerablemente bajas (2° a 10°), lo cual hace que sean poco propensos a la remoción de masa. Cabe destacar que una parte de LEAP, específicamente su segmento final de 1[km] de largo, está presente en un suelo altamente desnivelado topográficamente, por lo que la pendiente de este sector es alta, con presencia de laderas que presentan la formación de regueras,

lo que genera que esta subzona de LEAP sea más propensa a remoción de masa. El sector de Malacara tiene previsto la instalación de 13,5 [km] de acueducto, aproximadamente. Este sector se caracteriza por sus pendientes elevadas con alta susceptibilidad a remoción de masa, por ende, se recomienda tomar medidas cuando se requiera intervenir la zona, por la eventualidad de activación de eventos de remoción de masa. El análisis del sector SA, varía gracias a su amplia cobertura lineal. Al poniente se presentan suelos similares a SP por lo que el riesgo de remoción de masa es bajo, mientras que al oriente presenta algunos tramos con acantilados y pendientes muy escarpadas, por lo que en este sector las remociones de masas pueden ser activadas por algún factor externo, como precipitaciones intensas y/o sismos. La siguiente **Figura (13)** muestra la la carta de pendientes topográficas en donde se engloban las diferentes áreas del proyecto.

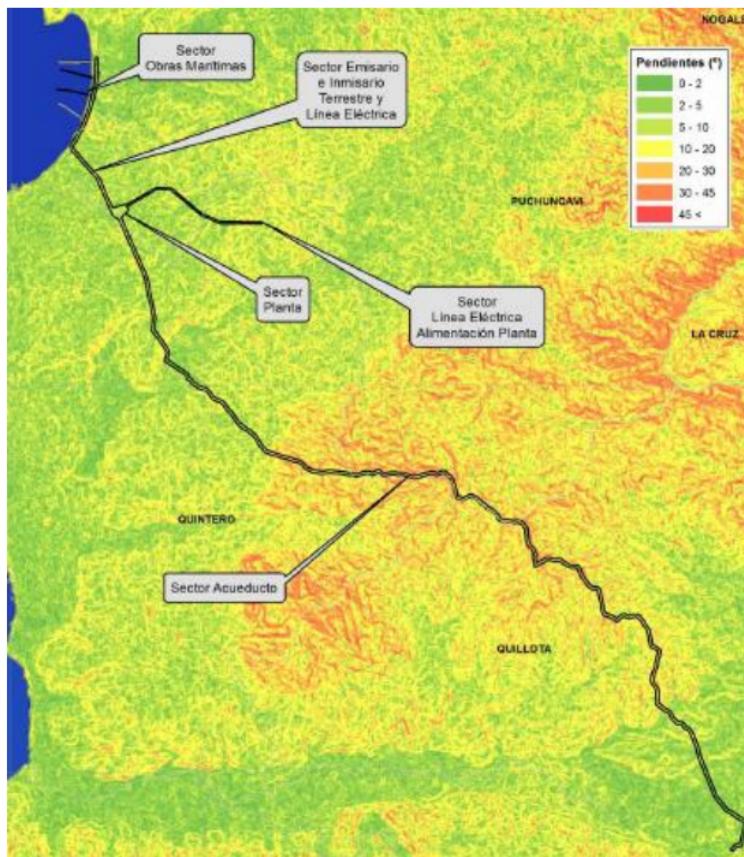


Figura 13: Carta de Pendientes Topográficas

- **Rayos:** La zona es propensa a la ocurrencia de tormentas eléctricas, las cuales están asociadas a los vientos del norte y noroeste, de los cuales se han registrado velocidades de hasta 150[km/h]. Durante este tiempo la bahía de Quintero permanece cerrada a la navegación.
- **Sismos:** Se identifican tres tipos de sismos en esta zona, la cual se caracteriza por la subducción de la placa de Nazca sobre la placa Sudamericana:
 1. **Sismo Intraplaca:** Ocurre dentro de la placa de Nazca con una profundidad entre los 50[km] y 200[km].

2. **Sismo Interplaca:** Ocurre en la zona de contacto entre placas Nazca y Sudamericana, con una profundidad máxima de 60[km].
3. **Sismo Cortical:** Ocurre dentro de la placa Sudamericana, con su epicentro en sectores precordilleranos y cordilleranos, con una profundidad máxima de 30[km].

A continuación, en la **Figura 14** se presenta un mapa de la zona donde se detallan los sismos importantes, su fecha, magnitud y sus respectivos epicentros.

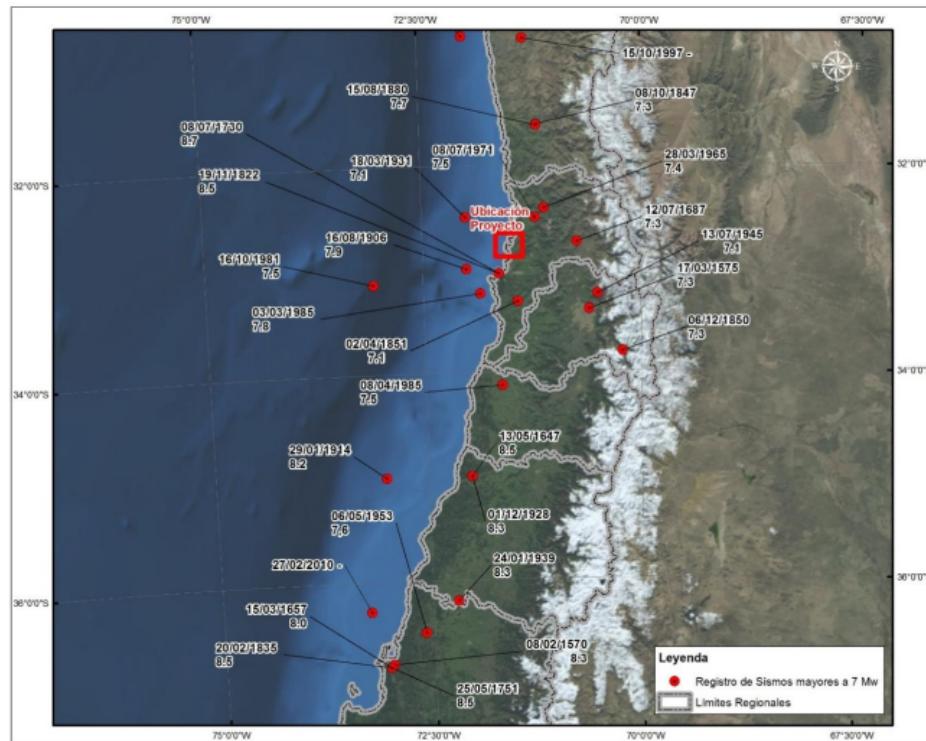


Figura 14: Mapa de actividad sismica superior a 7 Ms (Magnitud de Ondas Superficiales) en la zona central de Chile.

- **Zona de inundaciones:** La etapa de aducción gravitacional, desarrolla una posible zona de riesgo por inundación en el sector de Rauten Bajo, ya que se ubica aproximadamente a 40 metros bajo el trazado del acueducto y una pendiente superior al 30%. El sector SA puede verse afectado principalmente por desbordes de cauces del Estero Mala Cara y el Río Aconcagua, respectivamente para los tramos del inicio y final del acueducto.

Riesgos Generales del proyecto

- **Riesgos asociados al transporte de personal:** Abarca todos los riesgos generados en el trayecto de movilidad desde o hacia las obras de la planta, donde se pueden generar graves accidentes con consecuencias de todo tipo.
- **Riesgos asociados al transporte de insumos:** Incluye los riesgos que se pueden producir al trasladar insumos hacia el Proyecto.
- **Riesgos por accidentes laborales:**

- Atrapamiento por desmantelamiento y construcción
- Atrapamiento por vuelco con máquinas, vehículos o camiones
- Exposición a ruido
- Vibraciones
- Incendios en instalaciones de faena
- Derrames de material, insumos y residuos contaminantes
- Exposición de radiación ultra violeta.
- Caída a mismo y distinto nivel.
- Cortado por herramientas a utilizar
- Caída de objetos de desplome o carga suspendidas.
- Golpeado por caída de objetos de desplome o cargas suspendidas
- Aplastamiento por caída de objetos de desplome o cargas suspendidas
- Contactos eléctricos
- Choque.
- Atropellos
- Volcamiento
- Exposición a radiación no ionizante y humos metálicos como trabajos de soldadura
- Exposición a proyección de partículas incandescentes como trabajos con herramientas desbaste o abrasivas.
- Golpeado por construcciones.

- **Riesgo por derrame de sustancias peligrosas y/o Residuos Peligrosos:** Este tipo de riesgo es generado por el transporte, almacenamiento y manipulación de sustancias peligrosas tales como gasolina, petróleo, aceite y solventes
- **Riesgo por Falla en Planta de Tratamiento de aguas Servidas:** La planta de tratamiento que se ha considerado para esta instalación es del tipo biológico de lodos activados convencionales, este tipo de planta tiene una probabilidad baja de falla.
- **Riesgos asociados a la Fase de Operación del proyecto:** Detallados en la **Tabla 23** (anexos).
- **Medidas generales de prevención de riesgos asociadas al Proyecto:** Las medidas se especifican según el tipo de peligro y riesgo al cual correspondan en las **Tablas 24, 25, 26 y 27** (anexos).
- **Medidas generales de prevención de riesgos para las bodegas de sustancias peligrosas (SUSPEL):** El Proyecto, tiene previsto el almacenamiento de sustancias peligrosas durante la fase de operación, de las cuales se dispondrá durante diversas etapas, especialmente durante el proceso de desalinización llevado a cabo en el sector SP. Entre estas se encuentran sustancias corrosivas (clase de riesgo 8), tóxicas (clase de riesgo 6.1) y gases no tóxicos ni inflamables (clase

de riesgo 2.2), clasificadas así según la NCh 382. Of. 2013. La bodega en donde se almacenarán las sustancias peligrosas debe cumplir con los lineamientos establecidos en el Decreto Supremo N° 43 del Ministerio de Salud (MINSAL) para el “Almacenamiento de Sustancias Peligrosas”, el cual está en vigencia desde el pasado 25 de Septiembre de 2016. Las sustancias peligrosas se acotan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Principales Productos Químicos y Aceites Requeridos.

| Sustancia Peligrosa | Clase de riesgo | Cantidad almacenada | Sector de almacenamiento | Uso |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------|---|
| Dióxido de carbono | 2.2: Gas no tóxico ni inflamable | 170 [TM] | SP | Estabilizar el agua desalinizada |
| Fluorosilicato de sodio | 6.1: Sustancia tóxica | 2 [m ³] | SP | Post-tratamiento de agua desalinizada |
| Hipoclorito de sodio | 8: Sustancia corrosiva | 50 [m ³] | SP | Tratamiento de residuos líquidos domésticos. Pre-tratamiento de agua de mar. Proceso de ultrafiltración. Post-tratamiento de agua desalinizada. |
| Hipoclorito de sodio | 8: Sustancia corrosiva | 10 [m ³] | OM | . Anti-incrustante para la torre de captación y tuberías. Prevención para crecimiento de microorganismos en la torre de captación. |
| Ácido sulfúrico | 8: Sustancia corrosiva | 40 [m ³] | SP | Pre-tratamiento de agua de mar. Proceso de ultrafiltración. Post-tratamiento de agua desalinizada. |
| Cloruro férrico | 8: Sustancia corrosiva | 10 [m ³] | SP | Pre-tratamiento de agua de mar. |
| Bisulfito de sodio | 8: Sustancia corrosiva | 24 [m ³] | SP | Pre-tratamiento de agua de mar. |
| Hidróxido de sodio | 8: Sustancia corrosiva | 16 [m ³] | SP | Proceso de ultrafiltración. Post-tratamiento de agua desalinizada. |

- **Plan de Emergencia:** El Plan de emergencia define la secuencia de las acciones a desarrollar para cada una de las posibles situaciones de emergencia que se han previsto, optimizando los medios técnicos disponibles y asignando funciones específicas a determinados grupos humanos. Con la finalidad de evitar y minimizar las lesiones que pueda ocasionar a las personas, los daños que pueda ocasionar a la seguridad de la comunidad y/o al medio ambiente y las pérdidas de patrimonio; además de reducir tiempo de interrupción de las actividades. El Control de la emergencia se debe llevar de forma organizada, neutralizando posibles daños y pérdidas económicas ocasionadas por cualquier tipo de emergencia.

• **Definiciones:**

- Incidente: Evento o secuencia de eventos no planificados o no controlados, que han causado daño a las personas, contaminación y/o daño al medio ambiente
- Cuasi accidente: Cualquier evento no planificado o no controlado o secuencia de eventos que bajo circunstancias ligeramente diferentes, podrían causar daño a las personas, contaminación y/o daño al medio ambiente
- Emergencia: Es un evento o situación que resulta en un estado anormal, que requiere de una respuesta inmediata para contenerla
- Punto de encuentro: Es el punto de reunión de las personas que es utilizada en caso de una emergencia.

- **Organización del equipo de emergencia:** En la siguiente **Figura (15)** se puede apreciar la organización presentada para el equipo de emergencia:



Figura 15: Representación Jerárquica del equipo de emergencia.

- **Servicios de Emergencia Externos:** Los servicios de emergencia ya cuentan con planes para su respuesta. Por lo tanto, todos los servicios de emergencia que pudiesen estar involucrados en una respuesta estarán familiarizados con la disposición del sitio, ubicación de los equipos claves, ubicación y cantidad de sustancias peligrosas y sus efectos. La coordinación para los servicios de emergencia externos será la siguiente:

- Se deberá alertar a los servicios de emergencia externos en el evento de un accidente (responsable coordinador de comunicaciones externas y evacuación).
- Recibir a los servicios de emergencia externos al momento de su llegada (responsable guardia de acceso)
- Escoltar a los servicios de emergencia externos al sitio de la emergencia (responsable guardia de acceso).

Durante una emergencia ningún servicio, institución persona ingresará al sitio sin la previa autorización explícita del jefe de emergencia de planta, por lo que deberán quedar a la espera fuera de las instalaciones.

4.5 Plan de Seguimiento (Cap. 9)

4.5.1 Impactos significativos

De acuerdo con lo señalado en la letra f) del Artículo 12 de la Ley N° 19.300, y en el párrafo 3º artículo 105 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2012), se presenta a continuación el plan de seguimiento de los impactos significativos del Proyecto.

- **Fase de construcción:** En el capítulo 4 fueron determinados los impactos de carácter **Significativo Alto**, los cuales corresponden a la Pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación y la Pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces. En las **Tablas 21 y 22** (anexos) se detalla en mayor profundidad lo presentado anteriormente en la **sección 4.3**. Principalmente se destacan aspectos:

- **Parámetros de caracterización de estado y evolución:** Se consideran el número de ejemplares rescatados y trasplantados y el porcentaje de supervivencia de estos.
- **Límites permitidos:** El 100% de los individuos rescatados deben ser trasplantados. En el caso de los ejemplares de flora se considerará un 70% de supervivencia, mientras que para los peces un 50%.
- **Duración/frecuencia del seguimiento:** Para la flora se consideran 4 años con una frecuencia de monitoreo trimestral en el primer año y semestral en los demás, mientras que para los peces se harán monitoreos mensuales durante 3 meses y posteriormente con una frecuencia semestral por 2 años.
- **Procedimiento de cada parámetro:** Se especifican como se realizará el estudio de cada parámetro de caracterización.
- **Plazo y frecuencia de informes de resultados:** Luego de la realización de cada estudio se tiene un plazo de 30 días para la entrega de cada informe.
- **Fase de Operación:** No existirán impactos significativos durante la fase de operación del Proyecto. Ninguno de ellos, presenta los efectos, características o circunstancias indicados en el Artículo 11 de la Ley N° 19.300.
- **Fase de Cierre:** No existirán impactos significativos durante la fase de cierre del Proyecto. Ninguno de ellos, presenta los efectos, características o circunstancias indicados en el Artículo 11 de la Ley N° 19.300.

4.5.2 Impactos No Significativos

- **Fase de Construcción:** Las variables ambientales relevantes cuyos impactos fueron no significativos y de las cuales se contempla un seguimiento para verificar que evolucionan según lo esperado son las siguientes:
 1. Ruido
 2. Hidrología
 3. Ecosistemas Marinos

En las **Tablas 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34** (anexos) se resumen los planes de seguimiento referentes a la evolución de las variables presentadas. En estas se contempla monitorear periódicamente los niveles de ruido de forma tal que estos se mantengan bajo los límites diurnos establecidos, monitorear cada uno de los cuerpos de agua que interfiere el Proyecto de modo que la condición en la calidad del agua previa al proyecto se mantenga y el seguimiento de las variables ambientales que puedan afectar directa o indirectamente los ecosistemas marinos.

- **Fase de Operación:** En esta fase, sólo se considera medidas asociadas a los impactos no significativos, sobre el componente Ecosistemas Marinos, cuyo seguimiento se detalla en las **Tablas 35 y 36** (anexos), de las cuales se especifica principalmente un seguimiento de 3 años a las variables ambientales que puedan afectar este sector.
- **Fase de Cierre:** No se contempla seguimiento para impactos no significativos de la fase de cierre.

4.6 Plan de Cumplimiento de la Legislación Ambiental Aplicable (Cap. 10): Normativa de carácter general aplicable al Proyecto

Se refiere a todo cuerpo legal que constituye la institucionalidad del Proyecto y que establecen un marco regulatorio para el orden general aplicable a la actividad contemplada. En esta sección se realiza un análisis de la Constitución Política de la República y la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el cual se sintetiza bajo el estudio de las siguientes normas:

- **D.S. N° 100/2005, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Constitución Política de la República de Chile:** Una de las garantías constitucionales en el artículo 19, numeral 8, asegura a todas las personas “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación”. Además, en el artículo 19 N°21 se especifica el derecho a emprender actividades económicas, mientras que en el artículo 19 N°24 se garantiza el derecho a la propiedad, siendo ambos derechos limitados por la ley. El Proyecto se ajustará a todas las disposiciones constitucionales, sometiéndose al sistema de EIA de acuerdo con la Ley, cuyo cumplimiento será verificado por medio del ingreso al SEIA, y posteriormente la obtención de la RCA Favorable, otorgada por la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Valparaíso.
- **Ley N° 19.300, Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente:** Establece las disposiciones legales por las que se rige el SEIA, a lo cual en el artículo 10 se explicitan los proyectos o actividades que son susceptibles a causar impactos ambientales y que por ende deben ser sometidos a evaluación. Además, abarca aspectos tales como la autoridad ambiental competente para la evaluación y las materias de interés a considerar en el EIA. El proyecto debe dar cumplimiento a lo establecido en la Ley N°19.300, mediante su ingreso al SEIA, a través de un EIA. Al igual que la normativa previamente descrita, su cumplimiento se accredita de la misma manera.
- **D.S. N° 40/2012, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental:** El artículo 3, determina los proyectos o actividades, o sus modificaciones, que conforme al artículo 10 de la Ley 19.300 deberán ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En sus artículos 5, 6, 7, 8, 9 y 10 identifica las circunstancias o efectos que demandan la realización de un EIA. El Proyecto Aconcagua de Aguas Pacífico SpA. ingresa al SEIA debido a que considera la construcción de un acueducto, la construcción y operación de un emisario submarino y de una Línea de Alta Tensión y, por último, porque contempla utilizar el efluente tratado de las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) como agua para humectación de caminos y áreas de trabajo. Su cumplimiento se verifica de la misma forma que la primera norma descrita.

- **Decreto Supremo N°1/2013 del Ministerio de Medio Ambiente, Reglamento del Registro de Emisiones y transferencia de Contaminantes (RETC):** Regula el RETC según lo establece el artículo 1. Se aplica en las Fases de Construcción y operación, y su cumplimiento se verifica mediante la Declaración de emisiones realizada en el Sistema de Ventanilla Única del RETC.

4.7 Plan de Cumplimiento de la Legislación Ambiental Aplicable (Cap. 10): Normativa ambiental de carácter especial aplicable al Proyecto

Contiene aquellos cuerpos normativos de carácter específico que se asocian con alguno de los componentes del medio ambiente o imponen regulaciones u obligaciones que se deben cumplir en relación al tratamiento de residuos y otros.

4.7.1 Emisiones a la atmósfera y calidad del aire

Las consideraciones se alinean con las normativas que siguen:

- **Decreto Supremo N° 144/1961, del Ministerio de Salud. Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes atmosféricos de cualquier Naturaleza. Diario oficial 18.05.1961. Ministerio de Salud:** Establece que los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza producidos deberán captarse o eliminarse de forma que no causen peligros, daños o molestias al vecindario. Este decreto solo aplica a emisiones no reguladas por alguna otra normativa específica. En las fases de construcción y operación se emitirá material particulado (MP10 y MP2,5) y gases de combustión. El Proyecto considerará una serie de medidas con el fin de dar cumplimiento a lo establecido respecto a emisiones atmosféricas, lo cual se verificará mediante control de emisiones en el terreno de las actividades, además de realizarse un informe mensual sobre el cumplimiento de las exigencias sobre las actividades de mitigación de emisión de material particulado durante la fase de construcción.
- **Decreto Supremo N° 138/2005, del Ministerio de Salud, modificado por el D.S. 90/2010. Establece Obligación de declarar emisiones:** Establece la obligación de entregar los antecedentes necesarios para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos de los siguiente rubros, actividades o tipos de fuentes: calderas generadoras de vapor y/o agua caliente; producción de celulosa; fundiciones primarias y secundarias; Planta (SP)es termoeléctricas; producción de cemento, cal o yeso; producción de vidrio; producción de cerámica; siderurgia; petroquímica, asfaltos y equipos electrógenos. El Titular deberá declarar anualmente las emisiones durante las diferentes etapas del Proyecto, por medio de los formularios presentes en www.retc.cl, y el cumplimiento de esto se efectuará por el mismo medio, además de un informe trimestral a la Superintendencia de Medio ambiente.
- **Decreto Supremo N° 4/1994, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Establece Norma de emisión de contaminantes aplicable a los vehículos motorizados y fija los procedimientos de control:** Los vehículos motorizados de ciclo Otto no podrán exceder las concentraciones máximas de Monóxido de Carbono e Hidrocarburos establecidos en este decreto. Se exigirá que todos los vehículos motorizados sean sometidos a mantenciones

periódicas y cumplan con las normas de emisión, lo cual se acreditará por medio del Certificado de Revisión Técnica al día.

- **D. S. N° 55/1994 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que Establece normas de emisión aplicables a vehículos pesados:** Establece los límites de emisión máxima para contaminantes emitidos por vehículos pesados (peso superior a las 3,86 toneladas). Se cumplirá con la norma de emisión lo cual se verificará con el Certificado de Revisión Técnica y de Gases al día.
- **D.S. N° 54/1994, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, que Establece Normas de Emisión Aplicable a Vehículos Motorizados Medianos:** Establece normas de emisión para vehículos motorizados medianos (peso superior a 2,7 e inferior a 3,86 toneladas). Se cumplirá con la norma de emisión lo cual se verificará con el Certificado de Revisión Técnica y de Gases al día.
- **D.S. N° 211/1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que Establece Normas sobre Emisiones de Vehículos Motorizados Livianos:** Establece que los vehículos motorizados livianos deberán contar con un rótulo adherido de forma permanente en la parte interior del compartimiento del motor, el cual indique que el vehículo cumple con las normas de emisión nacional, así como también el lugar y método por el cual se certificó el nivel de emisiones. Al igual que las normativas previamente descritas, se acreditará mediante Certificado de Revisión Técnica al día.
- **Decreto Supremo N° 47/1992, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ordenanza General de la Ley de Urbanismo y Construcciones:** El artículo 5.8.3 de la Ordenanza establece una serie de medidas de manejo destinadas a evitar las emisiones de polvo y material, así como también medidas que el responsable de las obras deberá implementar. Su cumplimiento se llevará a cabo mediante la humectación de caminos, registro diario de la humectación de los caminos, transporte de materiales con carga cubierta y mantención de la obra aseada. El cumplimiento se acredita mediante el registro de las medidas previamente descritas.
- **D.S. N° 75, de 1987, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Establece Condiciones para el Transporte de Carga que Indica:** El artículo 2° de la norma citada señala que los vehículos que transporten desperdicios, arena, tierra, ripio u otros materiales estarán construidos de forma que ello no ocurra por causa alguna. Además, en las zonas urbanas, el transporte de material que produzca polvo, tales como escombros, cemento, yeso, etc. deberá efectuarse siempre cubriendo total y eficazmente de los materiales. El Titular cumplirá con las exigencias establecidas, y ejecutará acciones tales como el cubrimiento con lona de materiales transportados, humidificación de estos, carga y descarga adecuada y mantenimiento periódico de camiones; lo cual será acreditado mediante verificaciones del encarpado y registro de inspección del cumplimiento de la normativa al ingreso y salida de los vehículos.
- **D.F.L N°1/2009, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Transporte, Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley de Tránsito:** Los vehículos motorizados deberán estar equipados, ajustados o carburados de modo que el motor no emita materiales o gases contaminantes en un índice superior a los permitidos. Esto se

cumplirá mediante la solicitud a todos los vehículos relacionados al Proyecto de tener su revisión técnica al día y mantenimientos regulares. Además, se impedirá el paso a las instalaciones a todo vehículo que no cuente con su revisión técnica vigente. Se realizarán registros de las revisiones técnicas de los vehículos según necesidad.

4.7.2 Ruido

Las consideraciones se alinean con las normas presentadas a continuación:

- **D. S. N° 38/2011, Ministerio del Medio Ambiente, Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica”, elaborada a partir de la revisión del D.S. N° 146/1997:** Establece los niveles máximos permisibles de presión sonora continuos equivalentes y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados a la comunidad por las fuentes fijas. Para dar cumplimiento se efectuará la realización de las actividades de construcción y operación el Proyecto de la manera aprobada en la RCA del Proyecto, de forma que no se supere los niveles máximos permitidos en la norma. Además, se elaborarán monitoreos de ruido diurno durante la fase de construcción.
- **D. S. N° 47/1992, Ministerio de Vivienda y Urbanismos, Ordenanza General de la Ley de Urbanismo y Construcciones – Fija Nuevo Texto de la Ordenanza General de la Ley de Urbanismo y Construcciones:** Establece las medidas que se deben implementar en todo proyecto de construcción, reparación, modificación, alteración, reconstrucción o demolición. Estas contemplan la entrega de un programa de trabajo de ejecución de las obras, el cual debe considerar horarios de funcionamiento, herramientas y equipos generadores de ruidos molestos, así como su horario de uso y medidas consideradas. Se acredita el cumplimiento mediante la entrega del programa descrito a la Dirección de Obras Municipales de la Municipalidad.

4.7.3 Agua Potable

Se consideran la siguiente normativa referente a la materia:

- **D.S. N° 594/1999, Ministerio de Salud, Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo:** Establece que todo lugar de trabajo deberá contar con agua potable para consumo humano, así como también instalaciones para necesidades básicas de higiene y aseo personal. Toda instalación, artefacto, canalización y dispositivo deberá cumplir con las disposiciones legales vigentes sobre la materia. Referente al cumplimiento de esta, se dispondrá de agua potable en volúmenes y calidad exigidos por el D.S. 584/1999, lo cual será verificado y registrado.
- **Decreto Supremo N° 735/1969, Ministerio de Salud, Reglamento de los Servicios de Agua Destinados al Consumo Humano:** Establece que todo servicio de agua potable deberá suministrar agua de buena calidad en cantidad suficiente para abastecer a la población que le corresponde atender de manera satisfactoria, asegurando la continuidad del suministro. Además, respecto a la calidad, establece concentraciones máximas para sustancias y elementos químicos que pueda contener. Respecto al cumplimiento, este se acredita de la misma manera que la norma anterior.

- **D.S. N° 446, Oficializa Norma Chilena N° 409 /1. Of 2005, Calidad de Agua para Uso Potable:** Establece los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. Se acredita mediante verificación y registro del agua suministrada. Además, deberá contar con un registro de la autorización sanitaria de la empresa proveedora y copia de los controles de calidad que se realicen periódicamente.

4.7.4 Obras Hidráulicas

Se debe cumplir la normativa presentada a continuación:

- **D.F.L. N° 1122, Fija Texto del Código de Aguas:** Señala que requerirán la aprobación del Director General de Aguas la construcción de las siguientes obras:
 - Los embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos o cuyo muro tenga más de 5m. de altura.
 - Los acueductos que conduzcan más de dos metros cúbicos por segundo.
 - Los acueductos que conduzcan más de medio metro cúbico por segundo, que se proyecten próximos a zonas urbanas, y cuya distancia al extremo más cercano del límite urbano sea inferior a un kilómetro y la cota de fondo sea superior a 10 metros sobre la cota de dicho límite.
 - Los sifones y canoas que crucen cauces naturales.

El Proyecto considera la construcción de un inmisario terrestre y de un acueducto de 28 [Km] de longitud, por lo cual el cumplimiento de esta normativa deberá acreditarse mediante la obtención del Permiso Ambiental Sectorial descrito en el artículo 155 del Reglamento del SEIA para las obras desritas. Además, deberá contar con los PAS156 y PAS157.

4.7.5 Residuos Líquidos

Las consideraciones se alinean con las normativas que siguen:

- **Decreto con Fuerza de Ley N°725, de 1968, del Ministerio de Salud, modificado por la Ley N°20.380, de 2009, Código Sanitario:** Regula la modificación de los sistemas de desagües, aguas servidas y residuos industriales. No es posible descargar tales residuos en fuentes de agua potable.
- **D.S. N°594/1999, Ministerio de Salud, Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y Ambientales básicas en los lugares de trabajo:** Establece que no se puede incorporar a fuentes de agua materiales tóxicos o contaminados, sin antes ser tratados.
- **D.S. N°236/1926, del Ministerio de Salud, que Aprueba el Reglamento General de Alcantarillados Particulares y sus modificaciones:** Norma la manera de disponer los desperdicios humanos de cualquier naturaleza. No podrán ser descargadas estas aguas servidas caseras a ninguna red cloacal pública, debe tenerse un alcantarillado particular.
- **Norma Decreto Supremo N°90/2000 de la Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas**

de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales y sus actualizaciones: Establece límites en la concentración de elementos, sustancias y características de las aguas descargadas en cuerpos de agua bajo jurisdicción nacional.

- **Decreto Supremo N°1, de 1992, del Ministerio de Defensa Nacional, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática:** Reglamenta el régimen de prevención, vigilancia y combate de la contaminación de aguas. Prohíbe arrojar material como lastres, escombros o basura y derramar petróleo o residuos, aguas de relave y otras materias nocivas que causen daño a las aguas sometidas a jurisdicción nacional.
- **Decreto Supremo N°295, de 1986, del Ministerio de Relaciones Exteriores, Promulga el Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres:** Regula las medidas apropiadas que prevengan, reduzcan o controlen la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres cuando puedan producir efectos nocivos a los recursos vivos, la vida marina, la salud humana o las actividades marinas.

Para la fase de construcción se considera:

- A. **Residuos Líquidos Industriales:** Lavados de camiones mixer en una zona habilitada, líquido será recuperados en la piscina de decantación y luego recirculados, mientras que los sólidos serán tratados como material de construcción.
- B. **Residuos Líquidos Domésticos:** Aguas servidas peak de 189[m³/día], considerando un consumo diario por trabajador de 150[litros/día] y un coeficiente de recuperación del 80%. El efluente tratado en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) será utilizado para humedecer material y riego. Los residuos de baños químicos serán removidos periódicamente por empresas especializadas, sin descarga a cursos de agua subterránea. Los baños químicos serán periódicamente limpiados por una empresa autorizada.

Mientras que para la fase de operación:

- A. **Residuos Líquidos Industriales:** Se trata del agua de rechazo proveniente del proceso de desalinización: salmuera, aguas de limpieza, rechazo de filtros de seguridad, fangos de preparación de la cal y los reboses y vaciados. Luego de ser tratada en la planta de tratamiento modular, periódicamente mantenida, se descargará en el mar a 1,36[m³/s]. El efluente será monitoreado previo a la descarga para asegurarse de que mantenga las condiciones requeridas. No se contempla arrojar materiales, escombros o petróleo y sus derivados que dañen las aguas.
- B. **Residuos Líquidos Domésticos:** Las aguas servidas serán tratables por la planta de tratamiento modular, recolectadas por un sistema de alcantarillado y retiradas por una empresa autorizada o utilizadas para humedecer caminos respetando las normas relacionadas. 80% del total de agua consumida corresponderá a aguas servidas tratables.

Los procesos tendrán un periódico control y seguimiento para asegurar el cumplimiento de las normas establecidas.

4.7.6 Residuos Sólidos

Las consideraciones se alinean con las normativas que siguen:

- **Decreto con fuerza de Ley N°725/1968, Ministerio de Salud, “Código Sanitario”:** El SEREMI de Salud debe autorizar la instalación y funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.
- **Decreto Supremo N°594/1999, Ministerio de Salud, Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo:** Regula que el manejo de los residuos industriales no altere las condiciones sanitarias básicas.
- **Decreto Supremo N°148/2003, Ministerio de Salud, Aprueba Reglamento Sanitarios sobre Manejo de Residuos Peligrosos:** Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que debe someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, re-uso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.
- **Decreto Supremo N°4/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas:** Asegura un correcto manejo de los lodos generados por las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Durante todas las fases del Proyecto se generarán residuos sólidos asimilables a domiciliarios (RSD), industriales no peligrosos (RSINP), sólidos orgánicos (lodos provenientes de las PTAS) y peligrosos (RESPEL), producto de las diversas labores y actividades que se llevarán a cabo. Todos estos serán clasificados por tipo y almacenados, cumpliendo las condiciones y requerimientos específicos de cada uno, para luego ser trasladados a sitios autorizados o manejados por las empresas correspondientes.

4.8 Sustancias Peligrosas

- **D.S. N°298/1995 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Reglamenta Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos:** Establece las condiciones, normas y procedimientos aplicables al transporte de carga de sustancias peligrosas, asegurando la seguridad pública o el medio ambiente.
- **D.S. N°160/2008 del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Aprueba Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos:** Fija los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones de combustibles.
- **Decreto Supremo N°43/2015, Ministerio de Salud, Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas:** Establece las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas.
- **Decreto Supremo N°594/1999 Ministerio de Salud, Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo:** Señala que las

sustancias peligrosas deberán ser almacenadas en recintos específicos para tal fin, definiendo los requerimientos para cada uno de los tipos.

Para la fase de construcción se requiere proveer de combustibles a los grupos electrógenos empleados y a la maquinaria de una manera in situ, su distribución y suministro estará a cargo de empresas especializadas y autorizadas. Del mismo modo, para la fase de operación, el proceso de desalación emplea una serie de sustancias peligrosas, principalmente insumos. El transporte de sustancias será realizado en camiones a través de terceros debidamente autorizados. Para el caso particular del transporte de sustancias peligrosas, los vehículos contarán con la rotulación y hoja de datos de seguridad correspondiente, además de las autorizaciones ambientales y sectoriales requeridas para este tipo de traslados. Además, durante todas las fases del proyecto, las sustancias peligrosas deberán ser almacenadas herméticamente, identificadas y clasificadas. Los lugares de almacenamiento cumplirán con todas las exigencias constructivas establecidas por la legislación.

4.8.1 Fauna

Las consideraciones se alinean con las normativas que siguen:

- **Ley 19.473/1996 del Ministerio de Agricultura, sobre Caza y Decreto Supremo N°65/2015, Ministerio de Agricultura, que modifica el D.S N°5/1998, Reglamento de la Ley de Caza:** Prohíbe la caza o captura de ejemplares de la fauna silvestre catalogados como especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas, así como también a las catalogadas como beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales o aquellas con densidades poblacionales reducidas.
- **Decreto Supremo N°430/1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N°18.892) y sus modificaciones:** Asegura el cumplimiento de actividades que se alineen con la preservación de los recursos hidrobiológicos y las actividades extractivas, de acuicultura y de investigación.
- **Decreto Supremo N°461/1995 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca. Establece requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación. Fecha de Publicación:** 3 de noviembre de 1995: Regula las informaciones o antecedentes que deberán incluir las solicitudes para desarollas pesca de investigación.

Se realiza un análisis y clasificación de la fauna asociada al proyecto. Se hace presente que no considera la caza o captura de ejemplares de animales de las especies protegidas, a las que se refiere la legislación. Para evitar su afectación se considera perturbación controlada. El Proyecto considera ejecutar un Plan de Rescate y Relocalización de Fauna Íctica a objeto de mitigar la pérdida de individuos de peces nativos protegidos. A su vez, se considera realizar pesca de investigación, debido a la necesidad de efectuar un seguimiento de las poblaciones de especies hidrobiológicas.

4.8.2 Flora

- **Decreto Supremo N°4.363/1931 Ministerio de Tierras y Colonización, Aprueba Texto Definitivo de la Ley de Bosques:** Los terrenos de aptitud preferentemente forestal y los bosques naturales y artificiales quedarán sujetos a los planes de manejo aprobados por CONAF.
- **Ley N°20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal:** Tiene como objetivo proteger, recuperar y mejorar los bosques nativos para asegurar la sustentabilidad y política ambiental. Bajo esta ley se encuentra el artículo 5, el cual nos indica que toda acción de corta de bosque nativo debe hacerse bajo un plan de manejo previamente aprobado.
 - **Artículo 19:** Prohíbe la corta, eliminación, destrucción y descepado de individuos de las especies vegetales nativas clasificadas según el artículo 37 de la ley N°19300 en “riesgo de extinción”, “vulnerables”, “raras”, insuficientemente conocidas” o “fuera de riesgo”. Esta prohibición no afecta a plantaciones hechas por el hombre. Bajo este contexto es que se encuentra una relación directa con el proyecto, pues, en la fase de construcción se identificaron especies en categoría de conservación relevante como *Trapaecolum hokerianum*, categorizada como “Vulnerable”; *Trichocereus chiloensis*, categorizada como “Casi Amenazada” y *Puya alpestris*, categorizada como “Vulnerable”. Además de ellos, el proyecto considera la corta de formación xerofítica y plantaciones forestales de *Eucaliptus Globulus*. Estas pérdidas en la flora se deben al despeje de vegetación para poder realizar una construcción apropiada de la planta tanto en el sector acueducto como en la construcción de la línea de transmisión eléctrica. Es por todo esto que se solicitará el permiso ambiental sectorial de los artículos:
 - * **Artículo 148 de RSEIA:** Para reforestar o regenerar una superficie de terreno equivalente a la que será cortada con especies del mismo tipo.
 - * **Artículo 149 RSEIA:** Para la corta de la plantación forestal *Eucaliptus Globulus*.
 - * **Artículo 151 del RSEIA:** Para la corta de formaciones xerofíticas. Respecto a los embalajes de madera embaladas que serán necesarios exportar desde el extranjero, se debe verificar que cumplan con la resolución N°133/2005, respecto a los tratamientos de la madera y sus marcas de certificación de los tratamientos fitosanitarios. En caso de sospecha de transmisión de plagas se deberá solicitar inspección al SAG o aplicar tratamientos fitosanitarios complementarios.

4.8.3 Patrimonio Cultural

- **Ley N°17.288 del año 1970, del Ministerio de Educación. Ley sobre Monumentos Nacionales:** Indica que queda prohibido destruir u ocasionar perjuicios en monumentos nacionales.
 - **Artículo N°1:** se establece que son monumentos nacionales los lugares, ruinas, construcciones u objeto de carácter histórico o artístico, los enterratorios o cementerios u otros restos de aborígenes, las piezas u objetos antropo-árqueológicos, paleontológicos o de formación natural que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interese a la historia, arte o ciencia.

- **Artículo 26:** Condena a toda persona natural o jurídica que no denuncie el hallazgo de un monumento nacional a una multa entre las cinco y doscientas unidades tributarias mensuales.

Respecto a la construcción y operación del proyecto de la planta, esta se encuentra a menos de 50 metros de nueve de estos sitios, por lo cual se tomarán medidas de protección perimetral. Respecto al sitio AC-16, el cual se encuentra dentro de la franja intervenida, se evitará la intervención mediante protecciones como cierres perimetrales y portales. En caso de que se encontren elementos o lugares pertenecientes al patrimonio cultural del Estado, se procederá a dar aviso inmediato al Gobernador Provincial, a Carabineros y al Consejo de Monumentos Nacionales si fuese necesario.

4.8.4 Vialidad y Transporte

- **Decreto con Fuerza de Ley N° 850/1997 Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas sobre caminos:** Indica que toda persona natural o jurídica que deban transportar o hacer transportar maquinarias u otros objetos indivisibles por caminos públicos en los cuales sobrepasen los límites de peso establecidos en las disposiciones legales y reglamentarias vigentes deben pedir permiso para la ocupación y/o rotura de caminos públicos en la dirección de vialidad.
- **Resolución N° 19/1984, modificada por Decreto N° 1.665/2003:** La dirección de vialidad podrá autorizar la circulación de vehículos que excedan los pesos máximos permitidos sólo cuando se reúnan las siguientes condiciones:
 1. El vehículo deba transportar maquinarias u otro objeto indivisible.
 2. El transporte no pueda realizarse adecuadamente por otros medios.
 3. Los pesos por autorizar sean tales que la infraestructura vial no sea sometida a estados tensionales que comprometan su estabilidad.
- **Decreto Supremo N° 200/1993 del Ministerio de Obras Públicas, Establece pesos Máximos a los Vehículos para Circular en las Vías Urbanas del País:** Regula los pesos máximos de los vehículos para circular en las vías urbanas del país. Para la construcción del proyecto se hace indispensable el transporte de materiales, insumos y equipos por vías públicas. Para los camiones y maquinaria que sobrepasen los límites exigidos se solicitará mediante el titular los permisos correspondientes en la dirección de vialidad, con el fin de evitar el deterioro prematuro del pavimento de las calles y caminos (D.S. N°158/1980).
- **Resolución N°1/1994:** Indica que los vehículos que circulan por la vía pública no pueden exceder las dimensiones máximas determinadas por la norma.
- **D.F.L. N° 1/2007, que fija el texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley de Tránsito, del Ministerio de Transporte:** Aquellas excepciones debidamente calificadas de cargas indivisibles que excedan peso y dimensiones máximas se podrán autorizar mediante la Dirección de Vialidad, autorización que deberá ser comunicada oportunamente a Carabineros para adoptar las medidas de seguridad necesarias. En este caso, se solicitará la autorización a la Dirección de Vialidad y se le informará a Carabineros con el fin de adoptar las medidas de seguridad necesarias.

- **Artículo N°31:** Prohíbe conducir aguas de particulares por los caminos públicos siguiendo su dirección u ocupar con ellas sus cunetas o fosos de desagüe.

La empresa instalará motobombas para retirar el agua producto del escurrimiento superficial, con el fin de no incumplir el artículo de esta ley.

4.8.5 Electricidad, Combustibles y Gas

- **D.F.L. N° 4/2006, Fija texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del D.F.L. N°1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en Materia de Energía Eléctrica:** La concesión de las líneas de transporte de energía eléctrica será otorgada mediante Decreto Supremo del Ministerio de Energía, por orden del Presidente de la República.
 - **Artículo 2:** Quedarán comprendidas en sus disposiciones las condiciones de seguridad a que deben someterse las instalaciones, maquinarias, instrumentos, aparatos, equipos, artefactos y materiales eléctricos de toda naturaleza.
 - **Artículo 223:** No será requisito para poner nuevas instalaciones eléctricas la aprobación de éstas, pero deberán ser comunicadas a la superintendencia con los documentos requeridos.

Si bien esto no corresponde a una norma ambiental, el titular dará cumplimiento a estas disposiciones establecidas en el régimen de concesiones y en la presente ley, solicitando permisos y autorizaciones a quienes corresponda.

- **Decreto Supremo N° 327/1997 del Ministerio de Minería, Reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos:** Sumándose a el D.F.L N°4/2006, Indica que las obras de generación, transporte y distribución o partes de ellas no podrán ser puestas en servicio sin que el titular las haya comunicado previamente a la Superintendencia de Electricidad con al menos 15 días de anticipación. Además, se debe mantener a disposición de la autoridad para su revisión los registros internos de los permisos, autorizaciones y cumplimiento de los requisitos correspondientes.
 - **Artículo 206:** Las especificaciones técnicas, como la ejecución, operación y mantenimiento del proyecto eléctrico debe ajustarse a las normativas y reglamentos vigentes en el país con el fin de preservar el normal funcionamiento de las instalaciones de otros concesionarios.
 - **Artículo 213:** Todo material a usar para la construcción eléctrica debe poseer la aprobación de una entidad autorizada por la Superintendencia.

4.8.6 Ordenamiento Territorial

- **D.F.L. N° 458, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC):** Regula la planificación urbana en los cuatro niveles de acción: nacional, regional, intercomunal y comunal.
 - **Artículo 55:** Las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos, requerirán, previamente a la aprobación correspondiente de la Dirección de Obras Municipales, del informe favorable de la Secretaría Regional del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo y del Servicio Agrícola que correspondan.

- **Artículo 116:** Las obras e instalaciones que se ubicarán en las comunas de Quintero, Quillota y Puchuncaví, Región de Valparaíso, se emplazarán en una zona de extensión urbana exceptuando el sector Acueducto, que abarca una extensión aproximada de 28 kilómetros de longitud, y cuyo trayecto se sitúa en zonas de extensión urbana, áreas verdes y áreas rurales, por lo que se ajusta a los usos permitidos de ordenamiento y planificación territoriales vigentes.
- **D.S. N° 47 de 1992, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones:**
 - **Artículo 4.14.2:** Los establecimientos industriales o de bodegaje serán calificados caso a caso por la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva, en consideración a los riesgos que su funcionamiento pueda causar a sus trabajadores, vecindario y comunidad. Para estos efectos, se clasificarán en:
 - * Peligroso: Por el alto riesgo potencial y por la índole eminentemente peligrosa, explosiva o nociva en sus procesos, materias primas, productos intermedios o finales o acopio de estos, puedan llegar a causar daño de carácter catastrófico para la salud o propiedad.
 - * Insalubre o contaminante: El que por destinación o por las operaciones o procesos que se practican da a lugar a consecuencias como vertimientos, desprendimientos, emanaciones, trepidaciones o ruidos que puedan llegar a alterar el equilibrio del medio ambiente.
 - * Molesto: Aquel cuyo proceso de tratamiento de insumos, fabricación o almacenamiento de materias primas o productos finales puede ocasionalmente causar daños a la salud o propiedad.
 - * Inofensivo: Aquel que no produce daño ni molestia a la comunidad, personas o entorno.

De acuerdo con los artículos citados, el proyecto contempla la construcción de edificaciones temporales debido a las faenas en el sector acueducto. Por ello es que se solicitará el Permiso Ambiental Sectorial del artículo 160 del RSEIA. El proyecto deberá contar con el pronunciamiento de Calificación Técnica Industrial de la Autoridad Sanitaria en conformidad con el artículo 161 del RSEIA.

5 Operación de la Planta

Como ya se mencionó anteriormente, los procesos desarrollados en la fase de operación del proyecto se pueden clasificar según el sector en donde se realizan.

5.1 Sector Obras Marítimas (OM)

La captación de agua de mar, la cual es indispensable para el funcionamiento de una planta desalinizadora, se realiza mediante los siguientes procedimientos:

5.1.1 Sistema de Captación

- Torres de Captación:** El sistema de captación será del tipo abierto mediante dos torres de captación profunda, las cuales se compondrán de una estructura octogonal de hormigón armado o similar anclada con 4 pilotes de acero de 16" de diámetro hincados al fondo marino de diámetro externo de 4,4 [m] y altura mínima de 4 [m] (Ver **Figura 16**). Estas torres de captación serán sumergidas a 7,5 [nmm]. Las ventanas de captación presentes en estas torres poseerán rejillas de protección con el fin de evitar la succión e incrustación de especies marinas. Además, con el mismo fin, se utilizarán materiales con poca adherencia, además de contar con un sistema de inyección de hipoclorito sódico y de aire.

Dado que la desalinización debe apegarse a la normativa chilena, la cual en este caso viene dictada por la Dirección General del Territorio y de Marina Mercante, la velocidad máxima de ingreso del agua, que tendrá un flujo de entrada horizontal, será de 0,16 [m/s] en la rejilla, con un caudal máximo definido para cada torre de 1,44 [m³/s] y un caudal nominal de 1.18 [m³/s]. Este caudal presente en las torres de captación será llevado mediante una tubería y un Inmisario hasta la sentina.

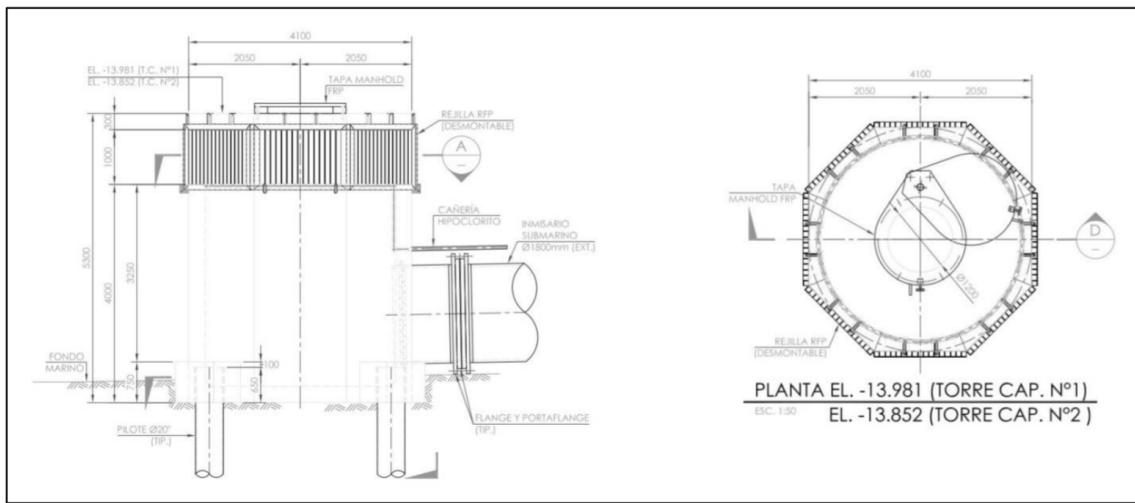


Figura 16: Torres de captación.

- Inmisario Submarino:** Ambas torres se conectarán a un inmisario submarino de 1,6 [m] de diámetro y 1010 [m] de largo (hasta la sentina) a través de una tubería de 20 [m] de longitud y 1,8 [m] de diámetro exterior (Detalle en la **Figura 17**). De los 1010 [m] de largo de el emisario,

674[m] se encontrarán bajo el mar, apoyados y asegurados en el fondo marino mediante lastres de hormigón armado, mientras que otros 336 [m] se ubicarán en una zanja terrestre fijados con lastres de hormigón y relleno de protección hasta la conexión con la sentina.

La función del inmisario es conducir el agua de mar hasta la sentina con un caudal máximo de 2,88 [m³/s] y un caudal nominal de 2,36 [m³/s]. El inmisario se ubicará enterrado en una zanja con lastres de hormigón y relleno de protección entre la sentina y 5 [m] bajo el nivel del mar.

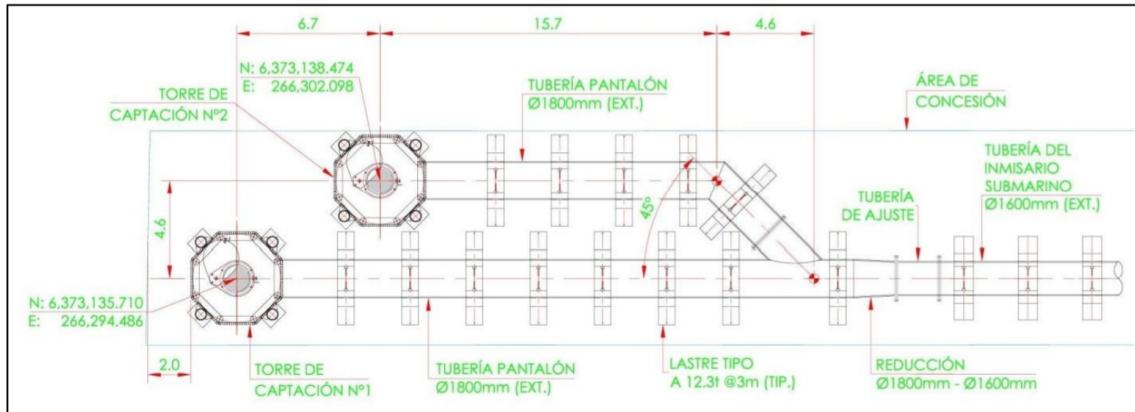


Figura 17: Disposición Inmisario.

5.1.2 Sistema de Descarga de salmuera

1. **Cámara de carga:** Estructura de hormigón armado o similar de 98 [m²] con enrocado de protección y capacidad nominal de 1,36 [m³/s], la que se ubicará en el sector intermareal. Su función es traspasar la salmuera del emisario terrestre al submarino.
2. **Emisario Submarino:** Tubería de 1,2 [m] de diámetro exterior y 696,7 [m] de longitud desde la cámara de carga a los difusores que tiene como propósito transportar el flujo de salmuera con un caudal máximo de 1,36 [m³/s] hasta el punto de descarga fuera de la zona de protección litoral (ZPL). De los 696,7 [m] de largo 497 [m] se encontrarán apoyados bajo el mar, asegurados con lastres de hormigón, mientras que la longitud restante se dispondrá en la zanja que conectará con la sentina.
3. **Difusores:** La descarga de salmuera al mar se realizará mediante boquillas que optimizarán la dilución de salmuera. Esta descarga se realizará fuera de la zona de protección litoral (ZLP). Las válvulas que serán utilizadas en el difusor serán de tipo abierto con el fin de obtener un caudal lo más cercano a lo uniforme.

5.2 Sector Emisario e Inmisario Terrestre y Línea Eléctrica (EITL)

5.2.1 Impulsión de Agua

El agua de mar conducida por el inmisario es depositada en la sentina, para efectos de protección esta de las incrustaciones marinas, se inyectará 10 [mg/L] de hipoclorito sódico, con frecuencia mensual durante 6 horas continuas, como anti-incrustante de vida marina (antifouling).

5.2.2 Efluente a cámara de carga

El efluente proveniente del proceso de desalación será descargado por medio del emisario terrestre a la cámara de carga con un caudal nominal de 1,36 [m³/s].

5.2.3 Alimentación energía eléctrica efluente a cámara de carga

En fase de operación, la línea de alta tensión de 1x110[kV] será la encargada de suministrar alimentación a la planta desalinizadora y sentina captándola por medio de la S/E Tap-off desde la línea 1x110[kV] Marbella-Quillota. En caso de requerimiento energético el proyecto considera como respaldo la línea soterrada de 23 [kV] indicada previamente.

5.3 Sector Planta

Luego de que el agua de mar sea captada y conducida por el emisario submarino, hace su ingreso al Sector Planta, el cuál es el responsable de transformarla en potable o apta para uso industrial. De esta manera, el principal objetivo consiste en retirar gran parte de las sales que la componen. La disposición de los edificios pueden verse en la **Figura 18**.

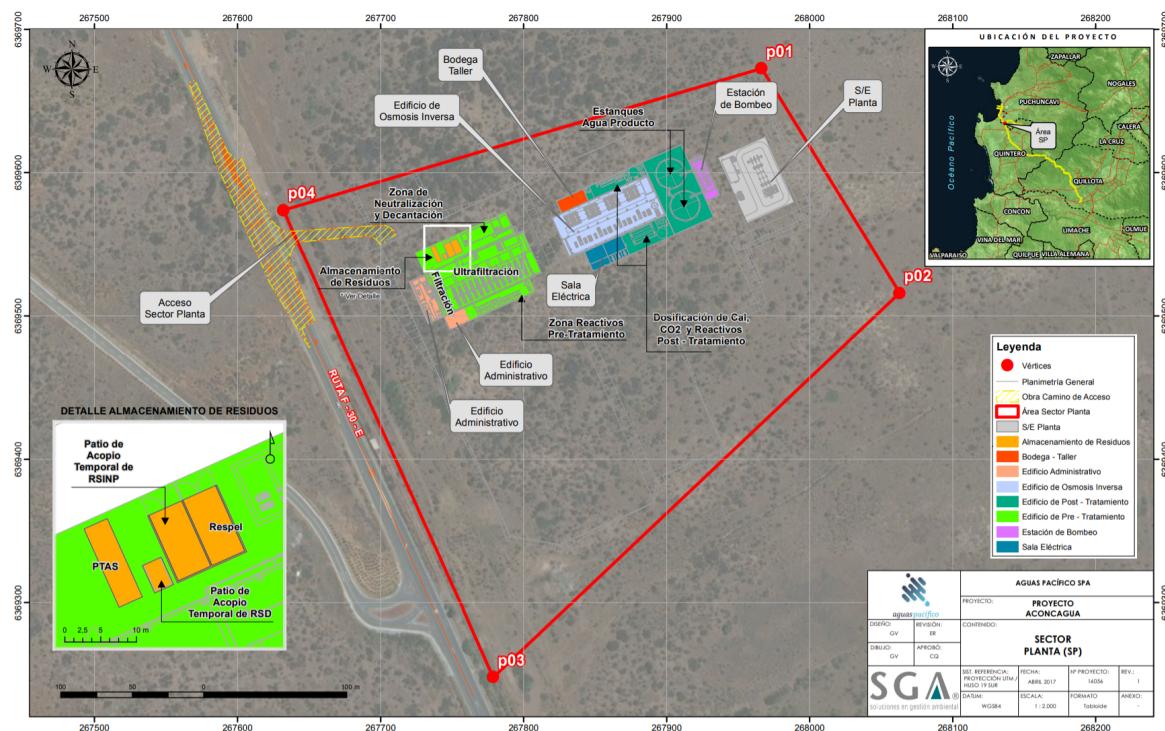


Figura 18: Ubicación de los edificios del Sector Planta

5.3.1 Pre-tratamiento

Además de la aclimatación química correspondiente, el pre-tratamiento se centrará en retirar las partículas en suspensión que existan dentro del agua. Para esto se realizarán dos etapas fundamentales:

- 1. Filtración Mecánica:** Comienza con un tratamiento de inyección batch de 10[mg/L] de hipoclorito sódico, 20[mg/L] de ácido sulfúrico y 0,5[mg/L] de cloruro férrico. El retiro de los sólidos sus-

pendidos provenientes del agua de mar se realiza mediante el paso de esta a través de un sistema compuesto por 5 filtros de tipo vela de $100[\mu\text{m}]$, varios tejidos conectados en paralelo insertados o enroscados, de misma dimensión, de modo que se tiene una extensa superficie de filtrado en el menor volumen posible. El rechazo del filtrado se remite al estanque de decantación, siendo inyectado $50[\text{mg/L}]$ de bisulfito sódico a la salida para mezclarse con los residuos de salmuera antes de enviarse al emisario. Para la limpieza, haciendo uso de agua de mar, se tendrá un sistema de retrolavado.

2. **Ultrafiltración:** Aquí se realizará el retiro de los sólidos con un alto peso molecular para evitar el desgaste de las membranas de osmosis inversa. En una primera instancia se inyectará floculante a la agua alimentada para retirar partículas de mayor tamaño que no hayan podido ser separadas por la etapa previa. Luego, mediante presión se hará pasar el agua a través de 13 racks (1 en reserva) con un contenido de 120 módulos de membranas cada uno. Para su limpieza se hará uso, nuevamente, de un sistema de retrolavado, parte del agua filtrada se mezclará con salmuera y químicos ($254[\text{mg/L}]$ de hidróxido sódico, $355[\text{mg/L}]$ de ácido sulfúrico y $200[\text{mg/L}]$ de hipoclorito sódico) y se hará ingresar al sistema de ultrafiltración para que pueda retirar impurezas incrustadas en las membranas, este es el denominado CEB o "Chemical Enhanced Backwash". Más aún, este equipo cuenta con un sistema de limpieza "Clean in Place" que asegura una profunda limpieza dos veces por año. Parte del rechazo será enviado al estanque de decantación junto con el rechazo de la etapa anterior, mientras que el restante al estanque de neutralización.

El agua contará entonces con la calidad suficiente para asegurar un buen funcionamiento del sistema de depuración de osmosis inversa. Esta condición se refuerza aún más con la adición de $1[\text{mg/L}]$ de dispersante y $30[\text{mg/L}]$ de bisulfito sódico.

5.3.2 Osmosis Inversa

Se utilizará un sistema de bombas de alta presión para permitir el paso del agua con un caudal de $2,23[\text{m}^3/\text{s}]$ a través de las membranas de osmosis inversa, las cuales impiden el paso de partículas cuyo tamaño se encuentre en el orden del de una molécula de sal. Dada la gran demanda energética de esta etapa se cuenta con recuperadores de energía y un consumo profundamente optimizado. Se contará con 4 bastidores o racks en paralelo más uno en reserva, compuestos de 225 cajas o tubos, con 7 membranas cada una. Cada rack se encuentra compuesto por una bomba Booster de $560[\text{kW}]$, una bomba de alta presión de $2.000[\text{kW}]$, una bomba Booster de $250[\text{kW}]$ y un sistema recuperador de energía isobárico (intercambio de presión). El filtrado de este proceso pasará un depósito de desplazamiento de $400[\text{m}^3]$ con un caudal de $1,005[\text{m}^3/\text{s}]$, para luego ser llevada hacia la siguiente etapa de post-tratamiento, mientras que el rechazo conformará la salmuera, enviada al emisario terrestre. La limpieza de los equipos es fundamental para asegurar la eficiencia de la planta, de modo que se realizarán limpiezas profundas a través del sistema "Clean in Place", realizando dos limpiezas que aseguren retirar la totalidad de las incrustaciones en las membranas. Para este proceso de limpieza se requerirá la paralización del funcionamiento del rack, usándose los restantes en paralelo.

5.3.3 Post-tratamiento

Se realiza la remineralización, estabilización y potabilización del agua producto de la osmosis, haciendo uso de 60[mg/L] de hidróxido de calcio, 65[mg/L] de anhídrido carbónico, 1[mg/L] de hipoclorito sódico, 0,5[mg/L] de fluorosilicato sódico y 1[mg/L] hidróxido sódico. Asegurando un perfil de agua como el mostrado en la **Tabla 4**.

Tabla 4: Características del agua producto.

| Parámetro | Unidad | Valor |
|---|--------------------------------|-----------|
| pH | - | 6,5 - 8,5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | <600 |
| Conductividad | $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C | <1050 |
| Cloruros | mg/L | <400 |
| Sodio | mg/L | <150 |
| Calcio | mg/L | <60 |
| Boro | mg/L | <2,4 |
| Fluor | mg/L | <1,0 |
| Dureza (Medida como CACO ₃) | mg/L | >65 |
| Alcalinidad | mg/L | >65 |
| Cloro libre residual | mg/L | 0,2 - 2-0 |
| Turbiedad | NTU | <1 |
| Índice de Langelier | - | 0,0 - 0,5 |

El agua producto será enviada a los depósitos compuestos por dos tanques de acero con volumen de 2500[m³] cada uno, para venta como agua industrial y/o potable. Parte de esta será destinada a un depósito de agua de servicio para uso en la planta, previa inyección de 1[mg/L] de hipoclorito sódico. El caudal de agua industrial producida será de 1[m³/s], teniendo una eficiencia global el sistema de 42,3%

5.3.4 Neutralización

Todas las corrientes de efluentes de los procesos de limpieza de los equipos de ultrafiltración y lavados "Clean in Place" deberán ser neutralizados en el estanque de neutralización (capacidad de 500[m³]) debido a su alta carga química para poder ser descargados con la salmuera. El resto, catalogados con baja carga química, se conducen directamente a la conducción de descarga pasando por el estanque de decantación, el cual cuenta con una capacidad de 200[m³]. Los efluentes recogidos del estanque se pueden clasificar como:

- **Ácidos:** Provenientes de CEB ultrafiltración y CIP ósmosis inversa y ultrafiltración.
- **Básicos:** Provenientes de CEB ultrafiltración y CIP ósmosis inversa y ultrafiltración.
- **Biocidas:** Provenientes de CEB ultrafiltración y vertido preservación ósmosis inversa.

La mezcla entre ácidos y bases será siempre ácida, de modo que se neutralizará mediante dosificación de hidróxido sódico. Fundamental es neutralizar los biocidas, para así evitar el daño a los ecosistemas

marinos. Para asegurar esto último, finalizado un CEB de ultrafiltración se añadirá hidróxido sódico y bisulfito sódico, además de usarse las bombas centrífugas en conjunto de los eyectores para recircular los efluentes en el depósito de neutralización hasta obtener el pH y ORP del agua deseado. Una vez obtenido los parámetros correctos, se mezclará el efluente con la salmuera para su salida hacia el mar. El pH se controlará usando una sonda y un transmisor de pH, mientras que el cloro libre se controlará con un equipo de medida de ORP. Del mismo modo se procederá en cuanto se finalice un lavado CIP, tanto en membranas de osmosis como en los equipos de ultrafiltración. Finalmente, cuando un bastidor de osmosis sea puesto en funcionamiento los residuos de la limpieza de este, caracterizados por contenidos biocidas serán trasladados al estanque de neutralización para luego adicionar 50[mg/L] de bisulfito sódico, además de 50[mg/L] de hidróxido sódico y 30[mg/L] de ácido sulfúrico.

5.4 Impulsión del agua producto

La estación de bombeo impulsará el agua producto hacia el acueducto para su distribución en el estanque de acumulación, para lo cual se necesitarán 5 bombas centrífugas las que succionarán agua desde los estanques de agua producto obtenida luego del proceso de desalinización.

5.5 Sector Línea Eléctrica Alimentación Planta

Consiste en una línea de transmisión de alta tensión de 100 [kV] construida por parte de la empresa que se interconectará a la planta desalinizadora mediante una línea eléctrica existente del Sistema Interconectado Central (SIC) ubicada entre Marbella y Quillota.

Las características de la línea de transmisión se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 5: Características línea de transmisión.

| Tensión nominal | Frecuencia del sistema | Nº de Fases | Tipo de línea | Longitud aproximada |
|-----------------|------------------------|-------------|-----------------|---------------------|
| 110 kV | 50 Hz | 3 | Circuito Simple | 4 km |

Mediante una subestación eléctrica se empalmará la línea eléctrica (Marbella-Quillota) con el fin de suministrarle la energía necesaria a la planta desalinizadora para su funcionamiento.

Esta línea será sujetada por:

1. Estructuras de Suspensión
2. Estructuras de Anclaje
3. Estructuras de Remate

Las estructuras de Suspensión y Remate se ilustran en la siguiente imagen:

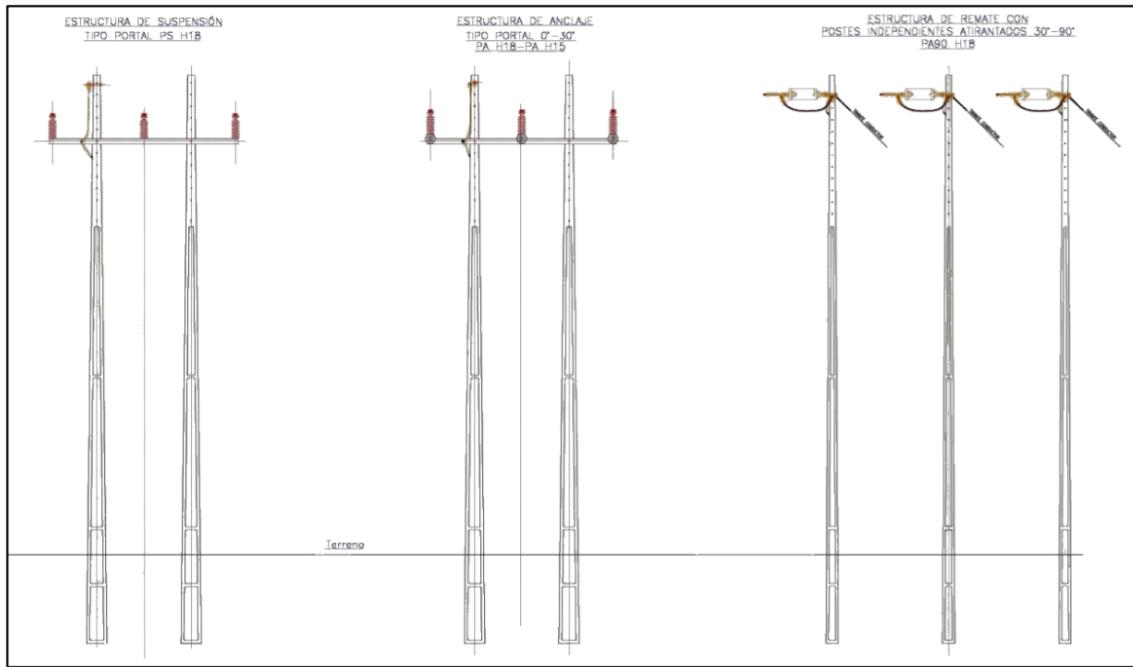


Figura 19: Siluetas de estructuras de suspensión y anclaje.

5.6 Sector Acueducto

Desde este sector se realiza el transporte del agua y la distribución a terceros del producto. La primera parte de este proceso ocurre mediante la impulsión desde la estación de bombeo y, en segundo lugar, mediante conducción gravitacional a través de un acueducto enterrado. El caudal máximo de 1000[L/s] tendrá como destino el estanque de acumulación ubicado en la comuna de Quillota, desde el cual se procederá a la distribución y comercialización del producto.

5.7 La Totalidad del Proceso

Los procesos, tratamientos, estructuras y dispositivos mencionados en esta sección se resumen en el diagrama de flujo presentado en la **Figura 21**. Además, para lograr un completo entendimiento de este, se presenta la simbología correspondiente en la **Figura 20**.

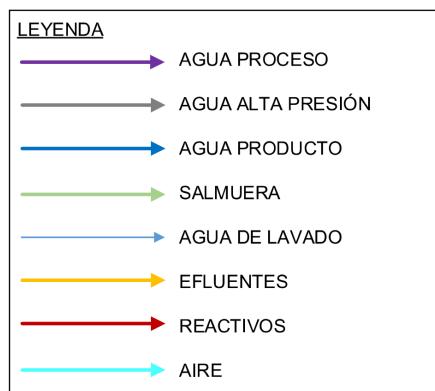


Figura 20: Leyenda del diagrama de flujo de operación.

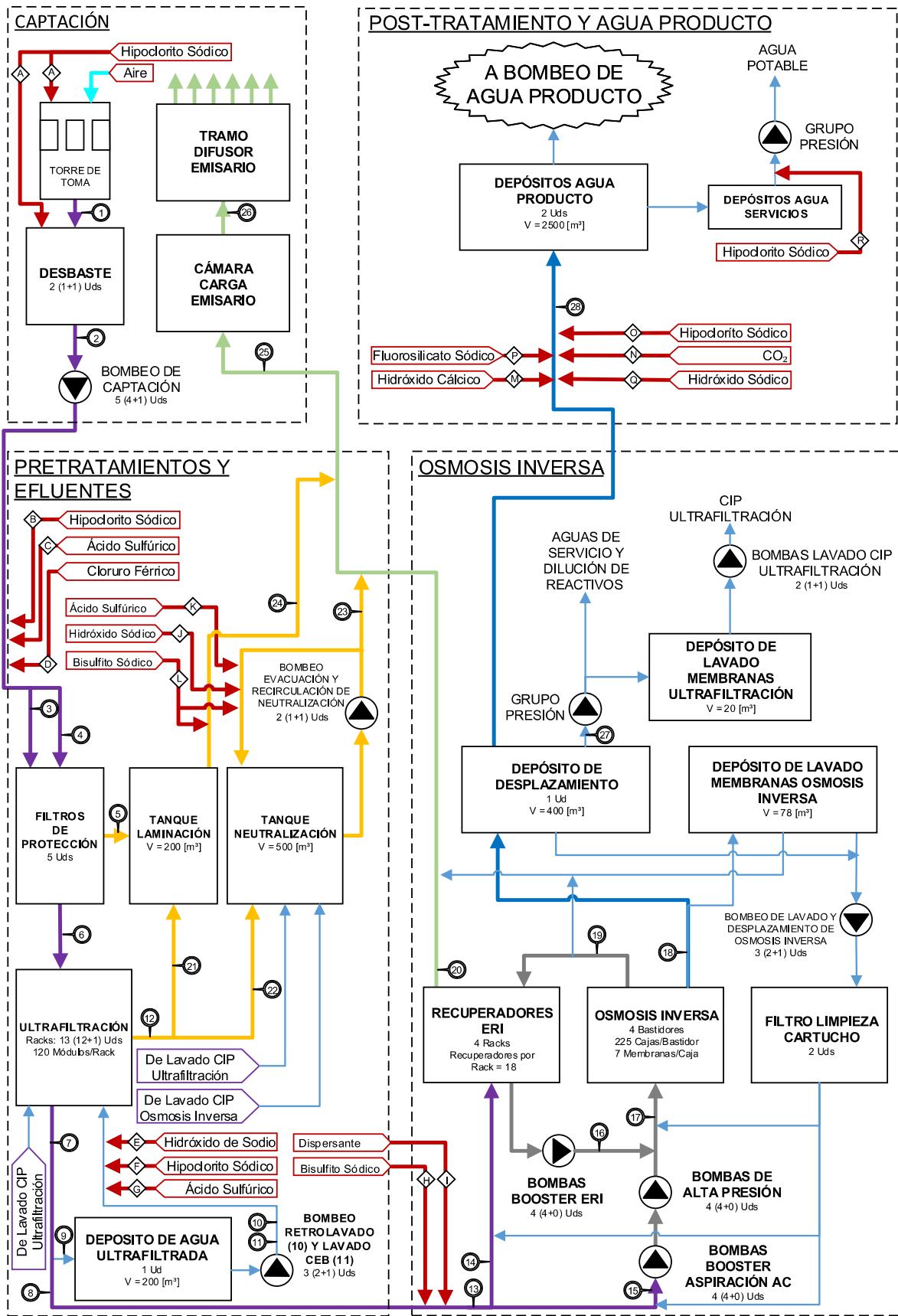


Figura 21: Diagrama de flujo de operación de la planta desalinizadora.

A continuación se presentan los caudales de entrada y salida de cada uno de los dispositivos:

Tabla 6: Componentes y detalles del proceso de captación.

| | Unidad de medida | CAPTACIÓN | |
|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 |
| Caudal | | | |
| Caudal medio diario | [m ³ /d] | 204260,08 | 204260,08 |
| Caudal medio horario | [m ³ /h] | 8510,84 | 8510,84 |
| Caudal máximo horario | [m ³ /h] | 10312,80 | 10312,80 |
| Caudal máximo horario por línea | [m ³ /h] | 10312,80 | 2578,20 |
| TDS | | | |
| TDS a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 |
| TDS a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 |
| TDS a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 |
| TDS a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 |
| CLORUROS | | | |
| Cloruros a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 |
| Cloruros a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 |
| Cloruros a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 |
| Cloruros a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 |
| TSS | | | |
| TSS diseño | [mg/l] | 5,00 | 5,00 |
| TSS máximo | [mg/l] | 7,67 | 6,00 |
| PRESIONES | | | |
| Presión a 10 [°C] y 3,5 [años] | [bar] | Atm | 12,26 |
| Presión a 20 [°C] y 0 [años] | [bar] | Atm | 12,26 |

Tabla 7: Componentes y detalles del proceso de pretratamiento.

| | Unidad de medida | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 (BW) | 11(CEB) | 12 |
|---------------------------------|---------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CAUDALES | | | | | | | | | | | |
| Caudal medio diario | [m ³ /d] | 204216,88 | 43,20 | 43,20 | 204216,88 | 204216,88 | 192960,00 | 204260,08 | 204260,08 | 204260,08 | 204260,08 |
| Caudal medio horario | [m ³ /h] | 8509,04 | 1,80 | 1,80 | 8509,40 | 8509,40 | 8040,00 | 8510,84 | 8510,84 | 8510,84 | 8510,84 |
| Caudal máximo horario | [m ³ /h] | 10248,00 | 64,80 | 64,80 | 10248,00 | 10248,00 | 8040,00 | 8510,84 | 8510,84 | 8510,84 | 8510,84 |
| Caudal máximo horario por línea | [m ³ /h] | 2049,60 | 64,80 | 64,80 | 709,09 | 709,09 | 8040,00 | 8510,84 | 8510,84 | 8510,84 | 8510,84 |
| TDS | | | | | | | | | | | |
| TDS a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 |
| TDS a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 |
| TDS a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 |
| TDS a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 |
| CLORUROS | | | | | | | | | | | |
| Cloruros a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 |
| Cloruros a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 |
| Cloruros a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 |
| Cloruros a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 |
| TSS | | | | | | | | | | | |
| TSS diseño | [mg/l] | 5,33 | 5,33 | 5,33 | 5,33 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 94,35 |
| TSS máximo | [mg/l] | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 143,35 |
| PRESIONES | | | | | | | | | | | |
| Presión a 10 [°C] y 3,5 [años] | [bar] | 4,59 | 4,59 | Atm | 4,22 | 2,24 | 2,24 | 2,24 | 3,00 | 3,00 Atm | |
| Presión a 20 [°C] y 0 [años] | [bar] | 4,59 | 4,59 | Atm | 4,22 | 2,24 | 2,24 | 2,24 | 3,00 | 3,00 Atm | |

Tabla 8: Componentes y detalles de la osmosis inversa.

(***): Las corrientes 18, 27 y 28 incluyen un factor de seguridad para TDS y cloruros para cumplir con las garantías del fabricante

| | Unidad de medida | OSMOSIS INVERSA | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|-----------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18(***) | 19 |
| CAUDALES | | | | | | | | |
| Caudal medio diario | [m³/d] | 192960,00 | 105177,60 | 87782,40 | 105177,60 | 192960,00 | 86832,00 | 106128,00 |
| Caudal medio horario | [m³/h] | 8040,00 | 4382,40 | 3657,60 | 4382,40 | 8040,00 | 3618,00 | 4422,00 |
| Caudal máximo horario | [m³/h] | 8040,00 | 4382,40 | 3657,60 | 4382,40 | 8040,00 | 3618,00 | 4422,00 |
| Caudal máximo horario por línea | [m³/h] | 8040,00 | 1095,60 | 914,40 | 1095,60 | 2010,00 | 904,50 | 1105,50 |
| TDS | | | | | | | | |
| TDS a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 41671,34 | 40825,48 | 140,67 | 74138,13 |
| TDS a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 41671,34 | 40825,48 | 142,41 | 74133,00 |
| TDS a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 41678,90 | 40829,60 | 253,49 | 74083,72 |
| TDS a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 39812,00 | 41678,90 | 40829,60 | 256,85 | 74088,82 |
| CLORUROS | | | | | | | | |
| Cloruros a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 23757,72 | 23262,21 | 91,59 | 42243,55 |
| Cloruros a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 23757,72 | 23262,21 | 92,73 | 42240,60 |
| Cloruros a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 23757,72 | 23262,21 | 165,15 | 42203,80 |
| Cloruros a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 23757,72 | 23262,21 | 167,40 | 42206,63 |
| TSS | | | | | | | | |
| TSS diseño | [mg/l] | 5,33 | 5,33 | 5,33 | 5,33 | 0,10 | 0,00 | 0,18 |
| TSS máximo | [mg/l] | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 0,10 | 0,00 | 0,18 |
| PRESIONES | | | | | | | | |
| Presión a 10 [°C] y 3,5 [años] | [bar] | 2,24 | 2,00 | 2,00 | 69,95 | 69,09 | 1,00 | 67,50 |
| Presión a 20 [°C] y 0 [años] | [bar] | 2,24 | 2,00 | 2,00 | 61,15 | 61,46 | 1,00 | 60,16 |
| | | | | | | | | 1,20 |

Tabla 9: Componentes y detalles de los efluentes y salmuera.

| | Unidad de medida | EFLUENTES Y SALMUERA | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|----------------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|
| | | 21(BW) | 22(CEB) | 23 | 24 | 25 | 26 | |
| CAUDALES | | | | | | | | |
| Caudal medio diario | [m³/d] | 192960,00 | 105177,60 | 87782,40 | 105177,60 | 192960,00 | 86832,00 | |
| Caudal medio horario | [m³/h] | 8040,00 | 4382,40 | 3657,60 | 4382,40 | 8040,00 | 3618,00 | |
| Caudal máximo horario | [m³/h] | 8040,00 | 4382,40 | 3657,60 | 4382,40 | 8040,00 | 3618,00 | |
| Caudal máximo horario por línea | [m³/h] | 8040,00 | 1095,60 | 914,40 | 1095,60 | 2010,00 | 904,50 | |
| TDS | | | | | | | | |
| TDS a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 35080,03 | 39812,00 | 69054,54 | 69054,54 | |
| TDS a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 35080,03 | 39812,00 | 69049,91 | 69049,91 | |
| TDS a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 35080,03 | 39812,00 | 68998,69 | 68998,69 | |
| TDS a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 39812,00 | 39812,00 | 35080,03 | 39812,00 | 39003,29 | 39003,29 | |
| CLORUROS | | | | | | | | |
| Cloruros a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 39356,42 | 39356,42 | |
| Cloruros a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 39353,75 | 39353,75 | |
| Cloruros a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 39320,55 | 39320,55 | |
| Cloruros a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 22668,51 | 39323,11 | 39323,11 | |
| TSS | | | | | | | | |
| TSS diseño | [mg/l] | 108,94 | | 0,10 | 0,10 | 108,49 | 9,25 | 9,25 |
| TSS máximo | [mg/l] | 164,48 | | 0,10 | 0,10 | 163,80 | 13,89 | 13,89 |
| PRESIONES | | | | | | | | |
| Presión a 10 [°C] y 3,5 [años] | [bar] | Atm | Atm | Atm | Atm | Atm | Atm | |
| Presión a 20 [°C] y 0 [años] | [bar] | Atm | Atm | Atm | Atm | Atm | Atm | |

Tabla 10: Componentes y detalles del A.prod.

| | Unidad de medida | A. PROD. | |
|---------------------------------|------------------|----------|----------|
| | | 27(***) | 28(***) |
| CAUDALES | | | |
| Caudal medio diario | [m^3/d] | 432,00 | 86400,00 |
| Caudal medio horario | [m^3/h] | 18,00 | 3600,00 |
| Caudal máximo horario | [m^3/h] | 18,00 | 3600,00 |
| Caudal máximo horario por línea | [m^3/h] | 18,00 | 3600,00 |
| TDS | | | |
| TDS a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 140,67 | 213,91 |
| TDS a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 142,41 | 215,19 |
| TDS a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 253,49 | 296,95 |
| TDS a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 256,85 | 299,43 |
| CLORUROS | | | |
| Cloruros a 10 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 91,59 | 91,59 |
| Cloruros a 10 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 92,73 | 92,73 |
| Cloruros a 20 [°C] y 3,5 [años] | [mg/l] | 165,15 | 165,15 |
| Cloruros a 20 [°C] y 0 [años] | [mg/l] | 167,40 | 167,40 |
| TSS | | | |
| TSS diseño | [mg/l] | 0,00 | <1 |
| TSS máximo | [mg/l] | 0,00 | <2 |
| PRESIONES | | | |
| Presión a 10 [°C] y 3,5 [años] | [bar] | Atm | Atm |
| Presión a 20 [°C] y 0 [años] | [bar] | Atm | Atm |

En la siguiente tabla, se presentan los detalles de los caudales de los reactivos involucrados en el proceso:

| | REACTIVO | Dosis de producto puro [mg/l] (*) | Riqueza reactivo comercial [%] | Consumo medio diario de producto comercial [kg/d] | Consumo medio diario de producto comercial [kg/d] (**) |
|---------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|--|
| A (***) | Hipoclorito sódico (Choque) | 10,00 | 10,00 | 176,59 | 220,74 |
| B (***) | Hipoclorito sódico (Choque) | 10,00 | 10,00 | 88,30 | 110,37 |
| C | Ácido sulfúrico | 20,00 | 98,00 | 4168,57 | 5210,72 |
| D | Cloruro férrico | 0,50 | 40,00 | 255,33 | 319,16 |
| E | Hidróxido Sódico | 254,00 | 32,00 | 274,32 | 342,90 |
| F | Hipoclorito sódico | 200,00 | 10,00 | 691,20 | 864,00 |
| G | Ácido sulfúrico | 354,50 | 98,00 | 125,02 | 156,27 |
| H (***) | Bisulfito sódico (Choque) | 30,00 | 99,00 | 67,40 | 84,25 |
| I | Dispersante | 1,00 | 100,00 | 192,96 | 241,20 |
| J | Hidróxido Sódico | 5,00 | 32,00 | 226,41 | 283,01 |
| K | Ácido sulfúrico | 30,00 | 98,00 | 0,06 | 0,07 |
| L | Bisulfito sódico | 50,00 | 99,00 | 76,53 | 95,67 |
| M | Hidróxido cálcico | 0,00 | 95,00 | 5456,84 | 6821,05 |
| N | CO2 | 65,00 | 100,00 | 5616,00 | 7020,00 |
| O | Hipoclorito Sódico | 1,00 | 10,00 | 864,00 | 1080,00 |
| P | Fluorosilicato de sodio | 0,50 | 98,00 | 43,20 | 54,00 |
| Q | Hidróxido Sódico (***) | 1,00 | 32,00 | 23,34 | 29,18 |
| R | Hipoclorito Sódico | 1,00 | 10,00 | 0,06 | 0,08 |

(*) Dosis media de diseño de la instalación

(**) El consumo medio diario incluye un factor de seguridad del 25%

(***) Se considera 1 dosificación de choque en torre de captación o en la cámara una vez al mes durante 6[h] (A). También se preevé una dosificación de 6[h] en el pretratamiento (B) coincidente con la torre de captación, de modo que se asegura la desinfección del pretratamiento una vez al mes. La dosificación de choque de bisulfito sódico (H) se realizará durante 8[h] una vez al mes, coincidiendo con las dosificaciones de hipoclorito en captación y

Tabla 11: Componentes y detalles de los reactivos.

5.8 Balances

(*) **Nota:** El cálculo en profundidad de cada uno de los balances presentados a continuación puede ser revisado en el anexo en la sección 8.1 de cálculos y ecuaciones.

5.8.1 Membranas

A partir de las concentraciones y caudales medios (horario) definidas en la tabla 8 se realizan balances de flujos másicos para el total de material sólidos disueltos (TDS) y cloruros a $10[^\circ\text{C}]$, y para el total de sólidos en suspensión (TSS). Los flujos másicos son obtenidos como concentración (en [mg/L]) por el caudal medio correspondiente (en [m^3]). Teóricamente, el flujo másico entrante al proceso (asociado al caudal \dot{Q}_{17}) debe ser igual a la suma de los flujos salientes (coligados a los caudales \dot{Q}_{18} y \dot{Q}_{19}). A partir de los cálculos mostrados en las **Ecs. 3, 4, 5 y 6** (anexadas) se obtiene la siguiente tabla de errores porcentuales para el balance másico de TDS, cloruros y TSS:

Tabla 12: Error porcentual de los balances de flujos másicos.

| Tipo de sustancias | Error del balance másico [%] |
|--------------------|------------------------------|
| TDS | 2,44 |
| Cloruros | 2,67 |
| TSS | 0,99 |

Los errores pueden ser explicados por las diferencias en la densidad debido a las diversas concentraciones o cambios de presión, las cuales fueron despreciadas en el cálculo. Por último, se obtiene la eficiencia de desalinización para el conjunto de membranas, la cual corresponde a aproximadamente un 45% (Ver **Ec. anexa 7**).

5.8.2 Global

Realizando un balance de masa de los flujos asociados a cada proceso (Ver **Ecuación anexa 8**), se verifica que el caudal final de agua producto es ligeramente menor a $1000[\text{L/s}]$ o $36000[\text{m}^3/\text{día}]$, asociado a pérdidas dentro del proceso, o bien, debido las variaciones en densidad producto de la variación de concentración de sales o químicos o de presiones. Finalmente, se calcula que el sistema tendrá una eficiencia global aproximada del 42%. (**Ec. anexa 10**)

6 Discusiones

6.1 Sistema energético

La mayor dificultad asociada a la fase de operación del proyecto corresponde a los altos consumos energéticos por parte de la planta de desalinización. Se conectará a una línea de alta tensión del sistema energético local, recibiendo energía de varias fuentes a lo largo del país. De este modo, en vías de uso de energía con menor impacto ambiental, como también de disminución de costos asociados al alto consumo energético, se analizaran diversas propuestas para la obtención de energía autónomamente.

6.1.1 Consumo energético de la empresa

El consumo energético de la planta se divide en dos ramas, el consumo por emisario e inmisario terrestre y el consumo del sector planta. Los consumos se pueden ver reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 13: Consumo energético de la planta desalinizadora

| Sector | Consumo aproximado (MW) |
|--------------|-------------------------|
| EITL | 5,5 |
| SP | 20,8 |
| Total | 26,3 |

Para poder comprender mejor las propuestas, desde ahora hablaremos de consumo energético mensual, el cual corresponde a 19,2 [GWh/mes] (**Ec. 1** (anexos)).

6.1.2 Condiciones climáticas de la zona

La zona de Ventanas, Puchuncaví, posee un clima templado cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada de gran nubosidad, lo cual podemos ver reflejado en la siguiente imagen:

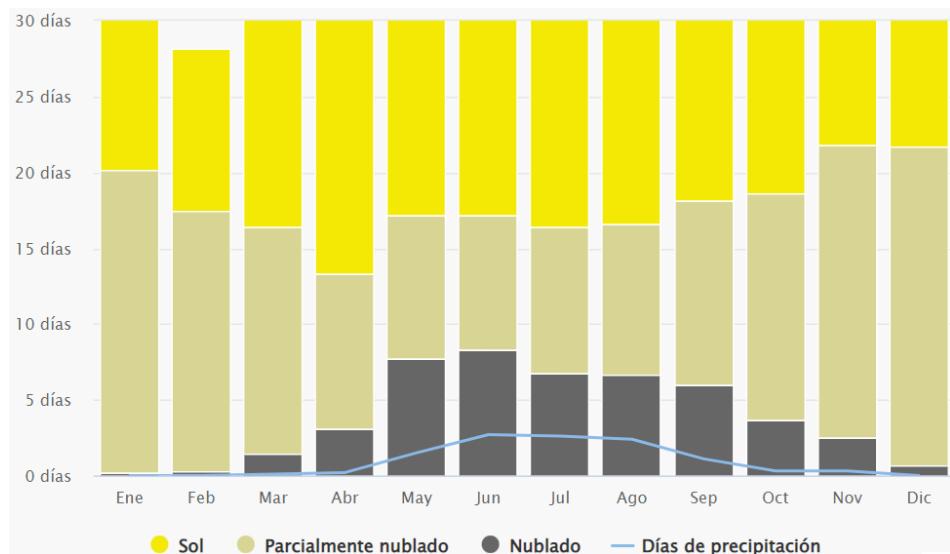


Figura 22: Cielo nublado, sol y días de precipitación en Ventanas.

Otros factores relevantes son la velocidad del viento (**Figura 29**) y el rango de temperaturas correspondientes a cada mes (**Figura 28**).

6.1.3 Energía mediante paneles solares

La planta, que se abastece de energía mediante la red local de electricidad podría generar su propia energía mediante paneles fotovoltaicos, llevando a que su proceso de desalinización sea más limpio y amigable con el medio ambiente. Para ello la empresa debería invertir en los siguientes artefactos:

1. **Torre meteorológica:** La cual se encarga de analizar las condiciones climáticas de la zona de emplazamiento de la planta, en especial la radiación solar.
2. **Módulos Solares:** Compuestos por celdas fotovoltaicas, generalmente de silicio cristalino, las cuales se encargan de convertir la radiación solar en corriente continua.
3. **Armario de corriente continua:** Almacena la corriente generada por las celdas fotovoltaicas.
4. **Inversor:** Dispositivo que convierte la corriente continua en corriente alterna, la cual utilizan los sistemas eléctricos del país.
5. **Armario de corriente alterna:** Almacena la corriente transformada por el inversor.
6. **Centro de transformación:** Lugar donde se adapta la corriente a las normativas del país.
7. **Líneas de soporte:** Líneas que permiten transportar la energía eléctrica hasta el lugar en donde es requerida.
8. **Sala de control:** Lugar donde se monitorea el funcionamiento, estado y producción de electricidad.

Todos estos componentes se pueden ver ilustrados en la siguiente imagen:

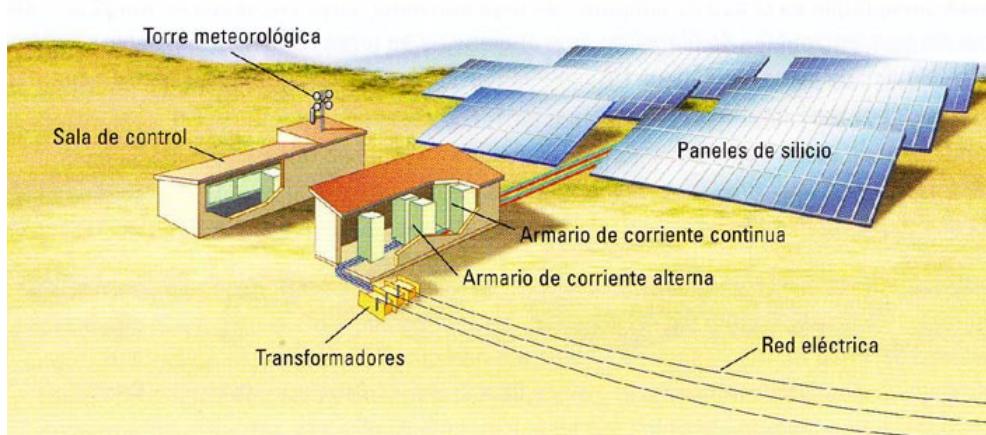


Figura 23: Disposición de los elementos de una central fotovoltaica.

Es importante destacar que la mayor eficiencia de una central fotovoltaica se presenta en días totalmente soleados, por lo cual su eficiencia se ve disminuida en días nublados y anulada por las noches. Además, la eficiencia y producción de energía eléctrica se verá afectada por otros parámetros

como lo son la marca del panel solar, los inesperados cambios de condiciones climáticas, la construcción de la central, la instalación de los paneles solares, entre otras cosas.

En la siguiente imagen se puede ilustrar cuanta energía eléctrica anual se puede producir mediante un sistema de 10 [KWp]:

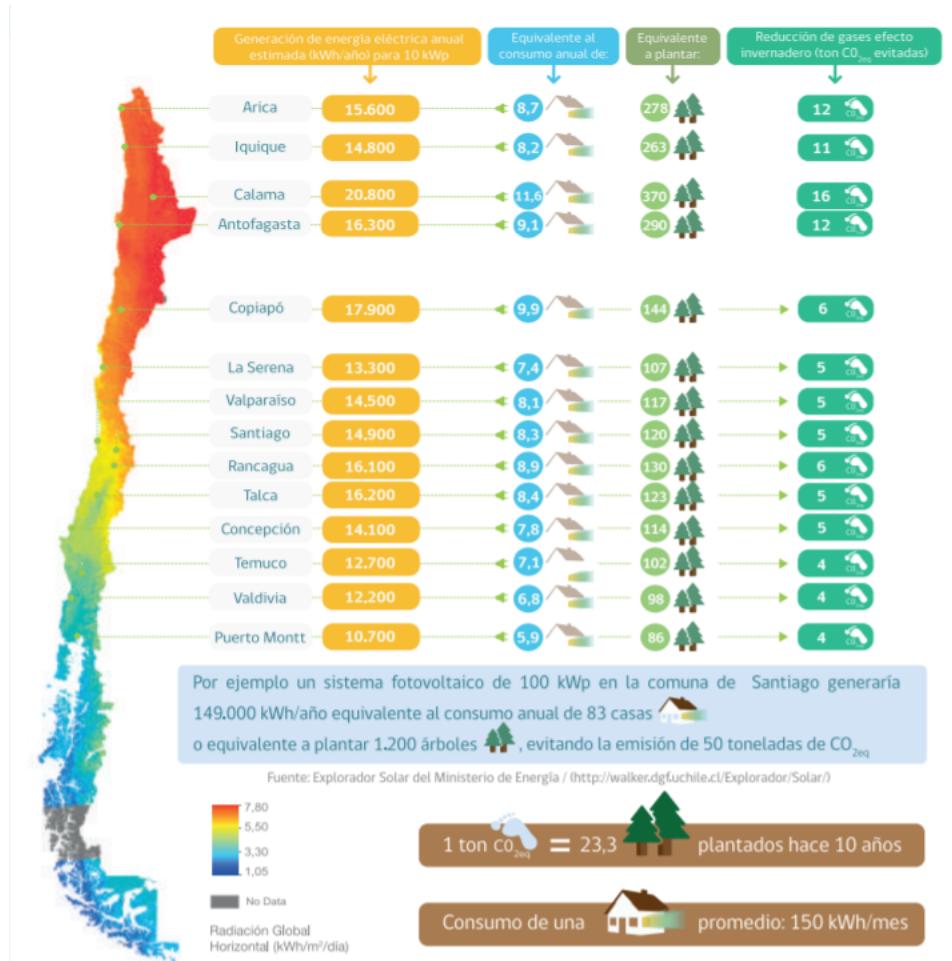


Figura 24: Generación de energía mediante Paneles Fotovoltaicos en distintas regiones del país.

En base a la información presentada, se concluye que cambiar la obtención de electricidad desde el sistema eléctrico local a un sistema fotovoltaico es poco eficiente para esta planta. Los motivos más relevantes de esta conclusión es el clima que presenta la zona, pues la cantidad de días nublados (en donde disminuye la eficiencia de los paneles) es de carácter considerable, la nula producción de electricidad de noche, lo cual dejaría a la deriva a el sistema eléctrico de la planta, y la demanda energética que se debe cubrir, pues se necesitaría una cantidad importante de paneles solares y terreno de emplazamiento, lo cual se puede ver reflejado al comparar el consumo energético mensual de la planta (**Ecuación 1**) con lo evidenciado en la **Figura (13)**.

6.1.4 Energía mediante concentración solar

La energía mediante concentración solar de basa en la utilización de espejos y/o lentes para concentrar la luz solar sobre una superficie pequeña. Dependiendo del tipo de superficie donde se va a reflejar las

podemos clasificar en:

1. Fresnel Lineal
2. Torre solar
3. Cilindro parabólico

Estos distintos tipos de infraestructuras por los cuales se puede obtener energía mediante concentración solar, los cuales se ven reflejados en la siguiente imagen:

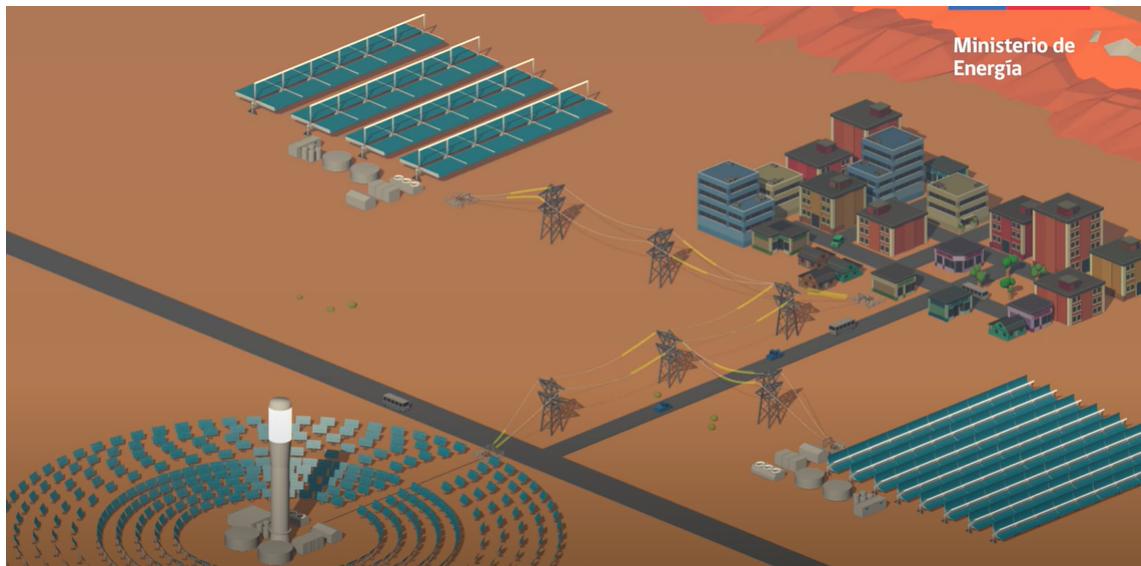


Figura 25: Tipos de infraestructuras para la obtención de energías mediante concentración solar.

Para esta propuesta se utilizará la torre solar. En la torre se encuentra circulando en fluido, para este caso sal, el cual se calienta mediante los rayos solares reflejados por los espejos hasta más de 500°C . Luego, este calor que se almacenará en estanques servirá para calentar agua y producir potencia eléctrica mediante ciclos termodinámicos como lo es el Ciclo Rankine. La ventaja de este tipo de energía es que puede ser almacenada por algunas horas, lo que permite seguir produciendo electricidad de noche.

La utilización de sales sería útil en este proyecto para poder utilizar el residuo de la salmuera, que mediante un procedimiento simple pasaría a sal. En el contexto de la ubicación de nuestra planta identificamos un clima bastante variado, con un invierno contrastante con el verano, por lo cual la radiación disminuye considerablemente en los meses fríos. Es por esto que utilizar concentración solar se vuelve un método poco eficiente en períodos importantes a lo largo del año, lo cual vuelve a esta propuesta poco atractiva. Además, se debe considerar la cantidad de espejos que deberían utilizarse, los cuales se convierten en una cantidad considerable para la energía requerida por la planta, utilizando una extensión de terreno importante que no se tuvo en consideración en la fase de planeación y diseño, lo cual puede desencadenar problemas en este ámbito. Finalmente, se deben considerar los costos asociados, pues a pesar de que estas clases de obtención de energía se han masificado, siguen teniendo precios un poco elevados.

6.1.5 Energía mediante turbinas eólicas

Se podría evaluar la viabilidad de obtener la energía requerida por la planta a partir de aerogeneradores eólicos. Si bien, en Puchuncaví el promedio de velocidad de viento anual es relativamente bajo para la instalación de un parque eólico, lo representado en el gráfico 29 corresponde exclusivamente a un valor de referencia, pues el estudio de la viabilidad referente a este aspecto requiere la medición del viento a la altura del buje o rotor del generador (se necesita un mínimo de activación de 3 [m/s] equivalentes a 10,8 [km/s]). Luego, se debería analizar también la inversión que implicaría, para poder cubrir o complementar las necesidades de la planta y contrastar con el coste de la potencia suministrada por la red eléctrica. Pese a las posibles dificultades que se puedan presentar respecto a esta propuesta de mejora, se podría proponer una alianza estratégica con el proyecto "Parque Eólico Cerro Piedra" de la empresa AES Gener, el cual se encuentra actualmente en etapa de Calificación del SEIA. Este proyecto plantea la instalación de un parque eólico ubicado en el Cerro Curauma, Región de Valparaíso, y tiene contemplada una generación de potencia de 63 [MW], razón por la cual sería viable suministrar parcial o completamente a la planta desalinizadora de Puchuncaví.

6.1.6 Energía mediante central mareomotriz

Se trata de la energía obtenida por los cambios en la marea. Se estima que las costas de Chile tienen un aproximado de 160[MW] de energía disponible, lo cual es más de diez veces la energía entregada por el sistema eléctrico nacional. Existen diversos métodos tales como generadores de corriente de marea, presas de marea o energía mareomotriz dinámica. Es posible obtener parte del requerimiento energético de la planta por medio de dispositivos como una serie de PB3 Power Buoys, los cuales son capaces de entregar 8.4[kWh/dia] o 252[kWh/mes]. Ahora bien, al otro lado del espectro de magnitud económica y valores de energía entregados, se podría evaluar la posibilidad de la instalación de una planta mareomotriz a mayor escala, la que puede llegar a entregar unos 17[GW], es decir 700 veces los requerimientos de la planta, pudiendo entregar además energía al resto de la región o el país. Sin embargo, considerando la naturaleza experimental de los buoys y la inmensa inversión para una planta de las magnitudes señaladas anteriormente, se consideran prácticamente inviables estos métodos de obtención de energía. De todas formas, se requiere un análisis a profundidad considerando tecnologías emergentes, como también el aporte de instituciones regionales a la inversión inicial para establecer, si es rentable este método o no.

6.2 Tratamiento de Salmuera

Una de los temas a discutir, fue el qué hacer con la salmuera restante del proceso de desalinización, pero primero se debe partir definiendo que es la salmuera. Todos los procesos de desalación separan el agua de entrada en dos corrientes diferentes: una de agua potable, es decir, el agua desalada producida en la planta desalinizadora, y otra corriente de lo que se conoce como salmuera y que es la misma agua de entrada con una mayor concentración de sales, al estar éstas diluidas en menor cantidad de agua.

En este caso, la salmuera es agua de mar con una mayor concentración de sales, y cuando es devuelta al mar, se da la osmosis natural, que consiste en el principio de que cuando se mezclan dos masas de agua con diferente contenido salino, de manera natural las concentraciones salinas se igualan. Por lo tanto, la salmuera introducida en el mar derivará iones de sales hacia las aguas circundantes hasta conseguir alcanzar un equilibrio e igualar las concentraciones. Sin embargo, cuando el vertido de

salmuera es continuo, constante y abundante en un mismo punto, como es el caso del vertido de una planta desalinizadora en funcionamiento, se debe incidir en un diseño que facilite la máxima dilución de la salmuera en el medio receptor en los primeros metros y de la forma más eficiente posible, para evitar su impacto negativo en el medio.



Figura 26: Rechazo de Salmuera desde una planta Desalinizadora.

Se debe recordar que la mayor o menor dilución depende de factores como por ejemplo la diferencia de densidades y temperaturas entre la salmuera y el agua de mar, la velocidad de salida del rechazo, la altura respecto al fondo marino, del pH o el ángulo de salida, factores todos ellos controlables en la fase de diseño del sistema de descarga.

Además de todo lo anterior, la eliminación de la salmuera producida por las desalinizadoras requiere de costosos bombeos y una buena gestión para no dañar los ecosistemas marinos. Sin embargo, este problema tiene una solución actualmente gracias a hartas investigaciones realizadas, que demuestran que se puede obtener productos químicos de la salmuera, e incluso ser reutilizados en una desalación más eficiente.

Con sus debidos tratamientos, de la salmuera también se puede obtener hidróxido de sodio, o más conocido como soda cáustica, que puede usarse para pretratar el agua de mar que ingresa a la planta desalinizadora. Esto cambia la acidez del agua, lo que ayuda a eliminar suciedad en las membranas de filtración de agua salada, que suele ser una de las principales causas de interrupciones y fallas en las plantas de osmosis inversa. La cantidad necesaria en las plantas en sí es mucho menor que el total que podría producirse a partir de la salmuera, por lo que también hay potencial para vender un excedente.

Otro importante producto utilizado por las plantas desalinizadoras es el ácido clorhídrico, que también puede obtenerse fácilmente a partir de la salmuera utilizando métodos de procesamiento químico. Se puede usar para limpiar partes de la planta, pero también se usa ampliamente en la producción química y como fuente de hidrógeno.



Figura 27: Membranas de filtración de agua salada.

La conversión de la salmuera puede ser beneficiosa tanto económica como ecológicamente, la descarga de salmuera segura para el medio ambiente es manejable con la tecnología actual, pero es mucho mejor recuperar los recursos de la salmuera y reducir la cantidad de salmuera liberada. Esta salmuera muy concentrada debe manejarse con cuidado para proteger la vida de los mares, es un desperdicio de recursos y cuesta energía bombearla de regreso al mar, por lo que convertirla en un producto útil es una ganancia para la empresa. Y la soda cáustica es un químico tan usado, que encontrar mercados para él no debería ser difícil.

Además, los investigadores consideran la posibilidad de extraer otros materiales de menor concentración de la corriente de salmuera, incluidos varios metales y otros químicos, que podrían hacer que el procesamiento de salmuera fuera una tarea aún más viable económicamente.

Por último, se tiene otra alternativa para la salmuera, que es el tratamiento de aguas salinas mediante un sistema de vertido cero. Esta opción es la alternativa de gestión viable en el mayor número de situaciones diferentes, se puede adaptar a cualquier escala de producción de salmueras y, sin duda, es la más respetuosa con el medio ambiente. El objetivo de una planta de vertido cero para el tratamiento de un efluente de salmuera consiste en la conversión del residuo salino en una corriente de agua con una muy baja concentración de sales, por un lado, y las sales en estado sólido cristalizadas por otro lado. El agua puede ser reutilizada en el propio proceso por su alta calidad, o también ser usada para riegos, en donde hay plantas que son capaces de soportar aguas con bajos porcentajes de sales, y las sales cristalizadas gestionadas para su posible revalorización. Por tanto, mediante un sistema

de vertido cero se transforma el residuo líquido en dos corrientes diferentes, inocuas, revalorizables y de fácil gestión. La obtención de cloruro de sodio, sulfato cálcico, hidróxido de magnesio y cloruro cálcico es posible mediante diferentes procesos de evaporación de forma secuencial. Esta opción es viable cuando la salmuera es de origen marino, como es este caso, y las producciones son moderadas.

El tratamiento consiste, en función de la concentración inicial de sales de la salmuera, en un primer proceso de concentración del efluente mediante ósmosis inversa. Si la concentración de la salmuera ya es elevada, la etapa de ósmosis inversa es prescindible. A continuación, la salmuera concentrada se somete a un proceso de evaporación al vacío en el que se concentra aún más y se genera una corriente de agua que puede ser mezclada con la producida en la ósmosis inversa. Finalmente, mediante un proceso de cristalización se obtienen las sales en estado sólido, cristalizadas y secas. Las sales pueden ser revalorizadas para su uso en el control de heladas, en la regeneración de resinas, etc.

Como se aprecia en lo descrito anteriormente, actualmente existen varias alternativas para tratar la salmuera, las cuales se cree que son mejores que la opción de devolver la salmuera al mar como lo hará la empresa desalinizadora del Proyecto Aconcagua.

6.3 Optimización

Al comparar el consumo energético por metro cúbico de agua producto obtenida, cuyo valor es de 8,25 [kWh/m³] (Ec. 2), con respecto a otras plantas desalinizadoras, se puede concluir que la eficiencia de la planta propuesta en el Proyecto Aconcagua tiene un consumo bastante alto respecto de otras plantas del mismo tipo. Un punto de referencia en Chile es la Planta Desalinizadora Atacama, cuya eficiencia es de las más altas en el mundo, con un consumo energético de 2,8 [kWh/m³]. Otra comparativa se puede obtener a partir de las desalinizadoras existentes en España, de los cuales se evidencia que el consumo promedio de estas es igual o inferior a 3 [kWh/m³] a día de hoy (Ver gráfico 30). Debido a lo anterior es que se deberá realizar un estudio completo sobre la optimización de la planta, de modo que la eficiencia energética mejore. Además, a continuación se analizará la viabilidad de mejoras respecto a este aspecto.

6.3.1 Otros métodos de desalinización

Si bien la desalinización por ósmosis inversa consiste en el método más eficiente en los ya utilizados por gran parte de las plantas a nivel mundial, es necesario considerar otros métodos novedosos o llamativos que pueden resultar en un aumento de eficiencia o en una reducción de costos o emisiones de contaminantes.

- **Compresión Térmica de Vapor (TVC):**

Dada la creciente popularidad de esta técnica se hace atractivo analizar su uso. Se obtiene el agua destilada por medio de la evaporación de esta en intercambiadores de calor los cuales utilizan una fuente de energía térmica, denominados compresores térmicos, los cuales consumen vapor de media presión proveniente de una planta de producción eléctrica. Esto trae consigo una serie de oportunidades como lo es anexar una planta de generación eólica que entregue estos requerimientos, dotando al proceso de una autonomía considerable. Sin embargo, la producción de agua producto en este tipo de plantas es sumamente baja comparada con la del Proyecto Aconcagua, con una producción menor a 1000[m³/día], por lo que el uso de esta tecnología podría utilizarse como complemento a la ya utilizada osmosis inversa.

- **Electrodiálisis:**

Es un proceso electroquímico que aprovecha la composición química del agua de mar, la cual se caracteriza por la presencia de iones disueltos, de modo que aplicando un voltaje a esta disolución es posible mover las sales, dejando atrás agua dulce como producto. Se utilizan arreglos de membrana alternados para aniones y cationes. Es la opción más idónea para la desalinización pues es una tecnología mucho más robusta que la osmosis inversa, no implica la adición de químicos directamente (aunque si un post-tratamiento dado que no retira organismos), con un mantenimiento de menor coste y que se adapta eficientemente a las fluctuaciones del suministro energético. Ahora bien, las eficiencias de este proceso resultan ser bastante bajas, de modo que sería bastante útil anexarla al proceso ya establecido, antes o después de la desalinización por osmosis. Antes, evitando desgaste adicional a las membranas, o después, para no requerir de tanta energía en el proceso de osmosis inversa.

- **Desalinización Híbrida:** Dadas las cantidades de agua desalinizada producida por el proyecto, muchos de los métodos, como los anteriormente descritos, no son lo suficientemente atractivos como inversión. No obstante, el creciente uso de tecnologías híbridas se posiciona como una fuente de motivación y ejemplo para estudios permanentes que permitan mejoras futuras. Dentro de este ámbito, destaca la combinación de las tecnologías de destilación por múltiple efecto y ósmosis inversa, como es el caso de la planta híbrida más grande del mundo, Fujairah 2, con una producción de $595000[m^3/\text{día}]$. La destilación por múltiple efecto consiste en la utilización de varios evaporadores de película delgada, los cuales se conectan con intercambiadores de calor, permitiendo que el calor de condensación se aproveche para evaporar el agua salada, lo cual se repite en sucesivas etapas. La recuperación de agua desalada producida por este método es de un 30-40%, para luego pasar a una siguiente etapa de osmosis inversa, la que puede alcanzar eficiencias aproximadas del 40%, con un consumo de energía de apenas $3.7[kWh/m^3]$, lo cual implica una considerable disminución del precio de operación como del impacto medioambiental indirecto en términos de obtención de la energía. De este modo, una futura adición de una terminal de desalinización por destilación por múltiple efecto previa a la planta de osmosis es una posibilidad bastante atractiva.

6.3.2 Mejoras de los Dispositivos

Dada la tecnología actual, las plantas desalinizadoras están alcanzando los límites termodinámicos de sus equipos. La disposición actual de la planta produce la mayor eficacia vigente de los dispositivos instalados, por lo que, sumando las restricciones a las que se encuentran los caudales de captación y rechazo de salmuera bajo la legislación chilena, se debería estudiar un reemplazo competo de los equipos por unos de mayor eficiencia. Las mejoras en el progreso de osmosis inversa radican en la utilización de más series en el proceso y la innovación en membranas que permitan operar a menor presión, con una producción igual o superior, además de permitir pretratamientos menos agresivos químicamente.

El acelerado crecimiento en la industria de membranas ha permitido establecer la presencia de una amplia gama, la cual debe ser estudiada a cabalidad. Muchas membranas experimentales han salido al mercado que vale la pena considerar. Tal es el caso de la propuesta por investigadores de la

Universidad de Princeton, los cuales idearon la forma de utilizar una membrana de madera hidrofóbica para desalinizar agua. Debido a que los materiales que componen a las membranas de desalinización en general están fabricados de polímeros sintéticos, estos poseen una baja densidad porosa, además de presentar una conductividad térmica elevada. Por ende, para solucionar estos problemas, se utiliza material obtenido de la madera, para este caso de tilo americano, obteniendo láminas de nanocelulosa, para luego ser tratada con fluoroalquilsilano logrando la propiedad hidrofóbica del material. Este componente, posee una alta porosidad (89%), conductividad térmica baja en dirección transversal, lo cual reduce la transferencia de calor por conducción y posee una alta conductividad térmica a lo largo de la fibra, lo cual permite una disipación térmica eficiente a lo largo de la dirección axial, como resultado, la nano madera hidrofóbica utilizada posee una eficiencia térmica del 71%, muy por sobre las membranas de polímeros sintéticos que poseen una eficiencia térmica entre 44-59 %. Por otra parte, presenta la ventaja de no estar fabricada de productos derivados del petróleo, por ende, su uso y posterior eliminación no generan problemas medioambientales debido a su alta biodegradabilidad. Los investigadores observaron que el rendimiento de esta membrana era un 20% mayor que las membranas convencionales de plástico, logrando filtrar 20 [Kg] de agua por metro cuadrado de membrana cada hora, flujo similar al de las membranas de plástico, con la diferencia que el grosor de la membrana de nanomadera es de 500 [μm] sobre los 130 [μm] del plástico, se concluyó que incluso siendo más gruesa la membrana de nanomadera, al tener el mismo flujo que una membrana 3 veces más delgada, en condiciones similares de grosor la membrana de nanomadera hidrofóbica poseerá un flujo altamente mayor. Así, invertir en tecnologías de nanomadera o similares, permitiría al proyecto elevar su eficiencia considerablemente en el proceso de desalinización.

7 Conclusiones

El proyecto propuesto por Aguas Pacífico SpA, el cual consiste en ubicar una novedosa planta desalinizadora en el Fundo el Carrizo, comuna de Puchuncaví, corresponde a una excelente propuesta para combatir el déficit hídrico en la zona, el cual tiene como causa primordial el déficit de lluvia que, según la dirección meteorológica de Chile, alcanzaba un 33% al 14 de septiembre del 2020 en la región de Valparaíso. Este proyecto es un punto de partida y fuente de inspiración a nivel, local, nacional y mundial, pues se trata de un novedosa planta que suma a las tan solo 22 plantas que se aprovechan del recurso hídrico salado a nivel nacional.

Gracias al Estudio de Impacto Ambiental realizado por la empresa, es posible identificar y analizar todas las problemáticas asociadas tanto a la construcción, como también a la fase de operación del proyecto, estableciendo los planes de medida, prevención y seguimiento, las cuales gozan de un carácter robusto, manteniendo casi toda la actividad dentro de las normas establecidas por la legislación vigente. Es por esto que el impacto ambiental de la planta se considera bajo o nulo, siempre y cuando estos planes sean respetados. Sin embargo, respecto a la minoría que sí repercute levemente en el medio ambiente local, la empresa ha desarrollado un plan que pretende mitigar la pérdida de ejemplares de flora y fauna mediante el rescate y la relocalización de estos individuos mientras dure el proceso de construcción, para luego devolverlos a su hábitat natural. Se le recomienda a la empresa realizar estos planes de acción bajo la supervisión de expertos en el área, como veterinarios y agrónomos, con el fin de mantener en la medida de lo posible intactas las especies que se verán afectadas. Además, el seguimiento de todas estas actividades debe ser llevado a cabo con alta rigurosidad y longevidad, caracterizado de un verdadero compromiso con el ecosistema local. Del mismo modo, para el plan de contingencias, se recomienda realizar un análisis y seguimiento de las causas que pueden provocar consecuencias lamentables. Para esto, es posible contratar ingenieros en prevención de riesgos, cuyo rol consiste en registrar, a través de bitácoras, todo lo relacionado con la mantención de maquinaria que pueda conllevar riesgos, como también, topógrafos que se encarguen del estado del suelo para evitar desprendimientos, daños irreparables o deslizamientos.

Respecto a la fase de operación de la empresa, se evidencia una producción considerable, pues cada 2,88 [m^3/s] de agua de mar se producirá 1 [m^3/s] de agua desalada. Sin embargo, consumiendo 19,2 [GWh/mes], la eficiencia energética de la planta no supera los estándares globales actuales, con una eficiencia energética de tan solo 8,25[kWh/m³] (kilo watts por metro cúbicos de agua producida), la cual se aleja de valores presentados por otras instalaciones como la Planta Desaladora de Agua de Mar para la región de Atacama, la cual abastece de 1.2[m^3/s], con una eficiencia energética garantizada de 2,8[kWh]. Dado el alto consumo de electricidad, se sugiere que la empresa estudie a fondo las diversas opciones de obtención de energía que existen en la actualidad, sobretodo fuentes renovables que puedan ser adicionadas a la planta y que permitan a esta gozar de una mayor autonomía, reduciendo los precios de operación. El porcentaje de consumo a complementar se puede conocer analizando los factores económicos, medioambientales y espaciales a los cuales se encuentra sometido el proyecto, por lo cual se analiza brevemente las opciones de energía eólica, solar mediante paneles fotovoltaicos, solar mediante concentración solar y mareomotriz. Dadas las grandes inversiones que lleva lo anteriormente descrito, es sugerido una alianza estratégica con alguna planta de energías renovables de la zona. Asimismo, se concluye que dada la capacidad de producción de 36000[$m^3/día$], la osmosis inversa se posiciona

como la técnica más eficiente para esta tarea. Ahora bien, se recomienda analizar el uso de tecnologías de desalinización complementarias como la adición de una central de destilación por múltiple efecto previa a la planta de osmosis que permita elevar la eficiencia energética a valores de 3.7[kWh/m³].

Por otro lado, se recomienda establecer una permanente relación con estudios y planes de acción y seguimiento respecto a la salmuera residual, resguardando el equilibrio químico local del suelo y el mar, evitando impactar negativamente a las especies que viven en un equilibrio osmótico con su medio. Este aspecto es de suma importancia, pues, en caso de un manejo inapropiado del residuo, se puede ver afectada la reputación de la desalinización, un hecho que sería particularmente nocivo considerando el contexto hídricamente crítico que sufren muchas zonas del país. Se propone además, utilizar este residuo en un sistema de vertido cero para transformarlo en un producto aprovechable, como lo son las sales cristalizadas, con el fin de obtener ganancias y disminuir el desperdicio que finalmente se libera al mar.

Considerando lo anterior, surge la idea de evaluar variados aspectos como lo son nuevas fuentes que sustenten los requerimientos energéticos de la planta a fin de abaratar costos, nuevas tecnologías de desalinización que pueden ser anexadas a la ya construida planta para aumentar la eficiencia, reemplazar equipos por otros más novedosos o eficientes y además un estudio constante que asegure el cumplimiento de la legislación vigente. Es por esto que se recomienda incluir herramientas de simulación computacional, tales como ANSYS o 3.1 Software ROSA, que a fin de cuentas permitan evaluar diferentes posibilidades sin llevar a cabo grandes inversiones y reduciendo el tiempo de los estudios.

Finalmente, se sugiere encarecidamente acercarse a las comunidades aledañas periódicamente y conformar mesas de diálogo, asegurándose de acoger las inquietudes y comentarios. Esto es fundamental en zonas como Ventanas, donde existe un proximidad alta a zonas de sacrificio como Quintero y Puchuncaví. Con una vía de diálogo, se podrán atender y hacer frente a las consultas y temores de las comunidades, evitando protestas que pueden perjudicar tanto a la empresa como a la población, logrando así, las trascendentales metas de este proyecto de manera adecuada y respetuosa, no solo para quienes rodean al sector, sino también, para todos los habitantes de nuestro planeta.

Referencias

- [1] Acciona. (s.f.) "Planta Fotovoltaica El Romero Solar". Open Mind Acciona. Recuperado de https://www.accionia.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-romero-solar/?_adint=11711554438, Noviembre 2021.
- [2] AES Gener S.A & Energía Eólica Curauma SpA. (2020). Estudio de Impacto Ambiental «Parque Eólico Cerro Pierdra». Open Mind Servicio de Evaluación Ambiental. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/archivos/2020/04/30/C00_RESUMEN_EJECUTIVO_EIA_PE_CERRO_PIEDRA_Rev0.pdf, Noviembre 2021.
- [3] Aitor Díaz. (2014) "Impacto ambiental de la salmuera de rechazo de las plantas desalinizadoras y su posible solución". Open Mind Escuela de organización industrial. Recuperado de <https://bit.ly/3BhvtmN>, Octubre 2021.
- [4] Aguas Pacífico SPA. (s.f.) "Aguas Pacífico SPA". Open Mind Aguas Pacífico SPA. Recuperado de <https://www.aguaspacifico.cl/es/nosotros>, Octubre 2021.
- [5] Aguas Pacífico SPA. (2017). Estudio de Impacto Ambiental «Proyecto Aconcagua». Opend Mind Aguas Pacífico SPA. Recuperado de <https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=2132346289>, Octubre 2021.
- [6] Cade-idepe. (s.f.) "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Río Aconcagua.". Opend Mind MMA. Recuperado de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Aconcagua.pdf>, Noviembre 2021.
- [7] Carbotechnia. (2021) "¿Qué es la osmosis inversa?". Open Mind Carbotécnica. Recuperado de <https://www.carbotechnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/que-es-la-osmosis-inversa-purificador/>, Noviembre 2021.
- [8] Cassinelli F. (2019) "Megasequía: ¿Qué es y en qué zonas de Chile está ocurriendo este fenómeno?". Open Mind 24horas. Recuperado de <https://www.24horas.cl/data/megasequia-que-es-y-en-que-zonas-de-chile-esta-ocurriendo-este-fenomeno-3518214>, Octubre 2021.
- [9] Comisión Nacional de Energía & Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2006). Guía para evaluación ambiental energías renovables no convencionales Proyectos Eólicos. Opend Mind Ministerio de Energía de Chile. Recuperado de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_eolica.pdf, Noviembre 2021.
- [10] COPROFAM. (2020) "Región de Valparaíso se ve afectada por aguda crisis hídrica". Open Mind COPROFAM. Recuperado de <https://coprofam.org/2020/12/28/region-de-valparaiso-se-ve-afectada-aguda-crisis-hidrica/>, Octubre 2021.
- [11] De Pablo C. (2019) "Crean una membrana de madera para desalinizar agua con mayor eficacia". Open Mind El Ágora Diario. Recuperado de <https://www.elagoradiario.com/ciencia-e-innovacion/membrana-madera-desalinizar/>, Noviembre 2021.

- [12] Dirección General de Aguas. (2021) “DGA interviene cuenca del Río Aconcagua”. Open Mind DGA. Recuperado de <https://dga.mop.gob.cl/noticias/Paginas/DetailedeNoticias.aspx?item=791>, Octubre 2021.
- [13] Dirección General de Aguas. (s.f.) “Río Aconcagua”. Open Mind MOP. Recuperado de https://www.mop.cl/Prensa/Documents/08_Rio_Aconcagua.pdf, Octubre 2021.
- [14] ECONSSA Chile S.A. (s.f.) “Descripción del proyecto PDAM”. Open Mind ECONSSA Chile S.A. Recuperado de <https://www.econssachile.cl/proyecto-pda/28-planta-desalinizadora-de-agua-de-mar-para-atacama>, Noviembre 2021.
- [15] EFEVERDE. (2019)“Un estudio advierte sobre la amenaza medioambiental de las plantas desalinizadoras”. Open Mind EFE Verde. Recuperado de <https://www.efeverde.com/noticias/plantas-desalinizadoras-estudio/>, Octubre 2021.
- [16] EIG Global Energy Partners. (s.f.) “Cerro Dominador”. Open Mind. Recuperado de <https://cerrodominador.com/>, Noviembre 2021.
- [17] Escobar M. (2021) “Objetivo estratégico frente a crisis hídrica en Valparaíso y Coquimbo”. Open Mind Noticias USM. Recuperado de <https://noticias.usm.cl/2021/09/24/objetivo-estrategico-frente-a-crisis-hidrica-en-valparaiso-y-coquimbo/>, Octubre 2021.
- [18] Fundación Chile. (s.f.) “Escenarios Hídricos 2030”. Open Mind Fundación Chile. Recuperado de <https://fch.cl/iniciativa/escenarios-hidricos-2030/>, Octubre 2021.
- [19] Feria J. & López C. & Rodríguez J. & Sandoval L. & Correa F. (2021) “Commercial Thermal Technologies for Desalination of Water from Renewable Energies: A State of the Art Review”. Noviembre 2021.
- [20] Fernández J. (2017) “¿Cómo funcionan una planta desalinizadora y una de depuración de agua?”. Open Mind Búhos de Atenas. Recuperado de <https://buhosdeatenas.blogspot.com/2017/03/como-funcionan-una-planta.html>, Noviembre 2021.
- [21] Franek A., Engin K., Connor R. y Hunziker D. (2015) “Agua para un mundo sostenible”. Open Mind Unesco. Recuperado de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf, Octubre 2021.
- [22] Fundación Terram. (2018) “Región de Valparaíso: Aprueban planta desaladora para paliar déficit hídrico”. Open Mind Fundación Terram. Recuperado de <https://www.terram.cl/2018/07/region-de-valparaiso-aprueban-planta-desaladora-para-paliar-deficit-hidrico/>, Octubre 2021.
- [23] Fundación Terram. (2020) “Estado del proyecto desaladora de Aconcagua que producirá agua dulce en la bahía de Quintero”. Open Mind Fundación Terram. Recuperado de <https://bit.ly/3oqLD9p>, Octubre 2021.
- [24] Gabriel Vidal Quiñones. (2021).“Sobre población: ¿El problema ambiental que pensamos?”. Open Mind Bioetica lab UC. <https://bioethicalab.uc.cl/sobre poblacionel-problema-ambiental-que-pensamos/>, Noviembre 2021.

- [25] Grueso M. & Castro C. & Correa M. & Saldarriaga J. (2019) "Estado del arte: desalinización mediante tecnologías de membrana como alternativa frente al problema de escasez de agua dulce". Open Mind Scielo. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n35/2248-4094-rium-18-35-69.pdf>, Noviembre 2021.
- [26] Hou D. & Li T. & El S. & J Dai. (2019) "Hydrophobic nanostructured wood membrane for thermally efficient distillation". Open Mind ScienceAdvances. Recuperado de <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw3203>, Noviembre 2021
- [27] Istúriz D. (2019) "¿Cómo se obtiene el agua en Chile?". Open Mind La Tercera. Recuperado de <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/se-obtiene-agua-chile/758004/>, Octubre 2021.
- [28] Kershner I. (2015) "Con la ayuda del mar, Israel supera un viejo enemigo: la Sequía". Open Mind Embajada de Israel en Colombia. Recuperado de <https://embassies.gov.il/bogota/NewsAndEvents/Pages/Desalinizaci%C3%B3n-en-Israel.aspx>, Noviembre 2021.
- [29] Latin America Power. (s.f.) "Parque Eólico San Juan". Open Mind. Recuperado de <http://www.parquesanjuan.com/>, Noviembre 2021.
- [30] Levy A. (s.f.) "Energía Marina en Chile". Open Mind Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Energ%C3%ADA-marina-en-Chile.pdf>, Noviembre 2021.
- [31] Los Andes Online. (2021) "Investigación advierte que la cuenca del río Aconcagua está a punto de entrar en «extremo estrés hídrico»". Open Mind Sustentable S.A. Recuperado de <https://bit.ly/3GA2Q8m>, Octubre 2021.
- [32] Mayorga F. (2021) "Las caras de la sequía: el drama de la escasez hídrica en las comunas de Valparaíso". Open Mind La Tercera. Recuperado de <https://bit.ly/3FVit9n>, Octubre 2021.
- [33] Meteoblue. (s.f.) "Clima Ventanas". Open Mind Meteoblue. Recuperado de <https://bit.ly/3Ec3iIi>, Octubre 2021.
- [34] Ministerio de Energía de Chile. (2019) "Conoce tu Energía – Plantas de Concentración Solar" (s.f.). Open Mind Ministerio de Energía - Chile. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=LRXVBu09YoM>, Noviembre 2021.
- [35] OPT. (s.f.) "PB3 PowerBouy". Open Mind Ocean Power Technologies. Recuperado de <https://oceanpowertechnologies.com/pb3-powerbuoy/>, Noviembre 2021.
- [36] Planas O. (2015) "Planta fotovoltaica: componentes y funcionamiento de una central". Open Mind Energía Solar. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/planta-fotovoltaica>, Noviembre 2021.
- [37] Ramírez F. (2020) "Escasez hídrica en Chile, ¿cómo la enfrentamos?". Open Mind Universidad de Chile. Recuperado de <https://www.uchile.cl/noticias/160634/escasez-hidrica-en-chile-como-la-enfrentamos>, Octubre 2021.

- [38] Universitat d'Alacant. (s.f.) "Desalinización de aguas salobres o salinas mediante electrodialisis" (s.f.). Open Mind Universitat d'Alacant. Recuperado de <https://web.ua.es/es/leqa/desalinizacion-de-aguas-salobres-o-salinas-mediante-electrodialisis.html>, Noviembre 2021.
- [39] Veolia. (s.f.) "Fujairah 2 reverse osmosis desalination plant, United Arab Emirates". Open Mind Veolia. Recuperado de <https://www.veolia.co.kr/en/our-services/fujairah-2-reverse-osmosis-desalination-plant-united-arab-emirates>, Noviembre 2021.

8 Anexos

En esta sección se presentan cálculos, tablas y figuras mencionadas anteriormente en el desarrollo del informe, los cuales permiten un mejor entendimiento o profundización de los contenidos tratados.

8.1 Cálculos y Ecuaciones

Cálculo de la energía consumida por la planta en la fase de operación, asumiendo una operación continua:

$$E_{mensual} = 26,3[MW] \cdot \frac{730[h]}{1[mes]} = 19199[MWh/mes] = 19,2[GWh/mes] \quad (1)$$

Cálculo de la energía consumida por metro cúbico de agua producida, asumiendo una operación continua y una producción constante de 1000[L/s] (1[m³/s]):

$$E = 19,2[GWh/mes] \cdot \frac{10^6[Kwh]}{1[GWh]} \cdot \frac{1[mes]}{2,626 \times 10^6[s]} \cdot \frac{1}{1[m^3/s]} = 8,25[kWh/m^3] \quad (2)$$

Cálculo de balances básicos en el conjunto de membranas para osmosis inversa operando a 10[°C] en el tiempo inicial (0 años):

- TDS:

$$\begin{aligned} \dot{M}_{in} &= \dot{M}_{out} \\ \dot{Q}_{17} \cdot C_{TDS,17} &= \dot{Q}_{18} \cdot C_{TDS,18} + \dot{Q}_{19} \cdot C_{TDS,19} \\ 8040,00[m^3/h] \cdot 40825,48[mg/L] &= 3618,00[m^3/h] \cdot 142,41[mg/L] \\ &\quad + 4422,00[m^3/h] \cdot 72290,31[mg/L] \\ 0,328[ton/h] &= 5,15 \cdot 10^{-5}[ton/h] + 0,320[ton/h] \\ 0,328[ton/h] &\approx 0,32[ton/h] \end{aligned} \quad (3)$$

- Cloruros:

$$\begin{aligned} \dot{M}_{in} &= \dot{M}_{out} \\ \dot{Q}_{17} \cdot C_{clor,17} &= \dot{Q}_{18} \cdot C_{clor,18} + \dot{Q}_{19} \cdot C_{clor,19} \\ 8040,00[m^3/h] \cdot 23262,21[mg/L] &= 3618,00[m^3/h] \cdot 92,73[mg/L] \\ &\quad + 4422,00[m^3/h] \cdot 41161,15[mg/L] \\ 0,187[ton/h] &= 3,35 \cdot 10^{-4}[ton/h] + 0,182[ton/h] \\ 0,187[ton/h] &\approx 0,182[ton/h] \end{aligned} \quad (4)$$

- TSS:

$$\begin{aligned} \dot{M}_{in} &= \dot{M}_{out} \\ \dot{Q}_{17} \cdot C_{TSS,17} &= \dot{Q}_{18} \cdot C_{TSS,18} + \dot{Q}_{19} \cdot C_{TSS,19} \\ 8040,00[m^3/h] \cdot 0,10[mg/L] &= 3618,00[m^3/h] \cdot 0,00[mg/L] \\ &\quad + 4422,00[m^3/h] \cdot 0,18[mg/L] \\ 804[mg/h] &\approx 796[mg/h] \end{aligned} \quad (5)$$

Fórmula empleada para la obtención de errores porcentuales en balances másicos, según las ecuaciones previamente presentadas:

$$\epsilon = \frac{\dot{M}_{in} - \dot{M}_{out}}{\dot{M}_{in}} \cdot 100 \quad (6)$$

Cálculo de eficiencia del proceso de osmosis inversa (desalinización):

$$\eta_{desalinizacion} = \frac{\dot{Q}_{out_{desalinizacion}}}{\dot{Q}_{in_{desalinizacion}}} = \frac{\dot{Q}_{18}}{\dot{Q}_{17}} = \frac{1,005[m^3/s]}{2,23[m^3/s]} = 0,45 = 45\% \quad (7)$$

Balance másico global del sistema, dado que se trabaja principalmente con agua, se trabajará con los caudales. El caudal de entrada debe ser igual al de salida de la planta.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{in} &= \dot{Q}_{out} \\ \dot{Q}_{captacion} &= \dot{Q}_{emisario} + \dot{Q}_{ultrafiltracion/servicio} + \dot{Q}_{producto} \\ \dot{Q}_1 &= \dot{Q}_{26} + \dot{Q}_{28} + \dot{Q}_{27} \\ 8510,84[m^3/s] &= 4901,00[m^3/s] + 18,00[m^3/s] + 3600,00[m^3/s] \\ 8510,84[m^3/s] &\approx 8519,00[m^3/s] \end{aligned} \quad (8)$$

Se puede calcular una mejor aproximación del agua producto como:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{producto} &= \dot{Q}_{captacion} - \dot{Q}_{emisario} - \dot{Q}_{ultrafiltracion/servicio} \\ \dot{Q}_{producto} &= \dot{Q}_1 - \dot{Q}_{26} - \dot{Q}_{28} \\ &= 8510,84[m^3/s] - 4901,00[m^3/s] - 18,00[m^3/s] = 3591,84[m^3/s] \end{aligned} \quad (9)$$

Cálculo de la eficiencia global del sistema:

$$\eta_{global} = \frac{\dot{Q}_{producto}}{\dot{Q}_{captacion}} = \frac{1[m^3/s]}{2,36[m^3/s]} = 0,42 = 42\% \quad (10)$$

8.2 Figuras anexas

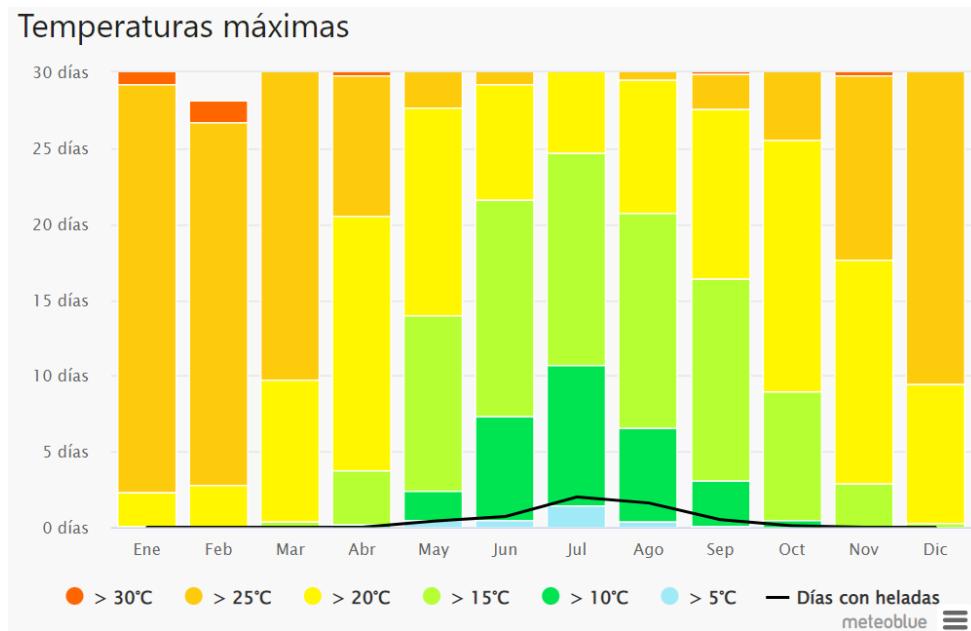


Figura 28: Espectro de temperatura en Ventanas.

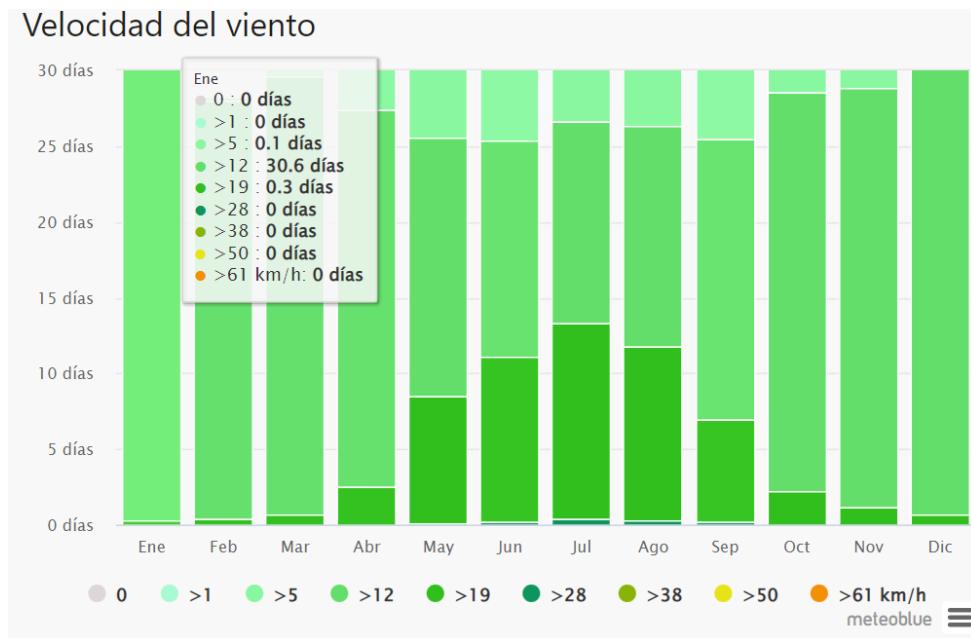


Figura 29: Espectro de velocidad de viento en Ventanas.

Evolución de la relación capacidad instalada/consumo específico en España, para el período 1970-2010.

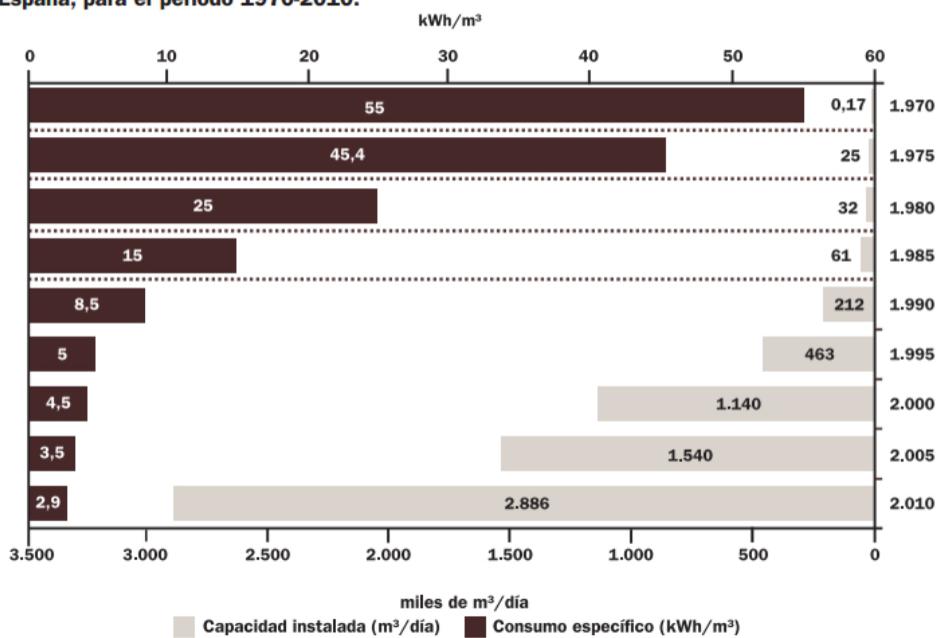


Figura 30: Evolución del consumo energético y la capacidad de producción de las plantas desalinizadoras. Período 1970-2010.

8.3 Tablas anexas

Tabla 14: Asignación de Valores de la Cualidad por Atributos de la Probabilidad.

| Atributo | Cualidad | Valor |
|------------------|-----------------|-------|
| PROBABILIDAD (P) | Improbable | 1 |
| | Poco probable | 2 |
| | Muy probable | 3 |
| | Cierto o seguro | 4 |

Tabla 15: Asignación de Valores de la Cualidad por Atributos de la Consecuencia.

| Atributo | | Cualidad | Valor |
|----------|----------------------------------|------------------------------|-------|
| Cr | Criticidad | Menor | 1 |
| | | Moderada | 2 |
| | | Alta | 3 |
| | | Muy alta | 4 |
| N | Carácter o Naturaleza | Beneficioso | +1 |
| | | Perjudicial | -1 |
| In | Intensidad | Baja | 1 |
| | | Media | 2 |
| | | Alta | 3 |
| | | Total | 4 |
| Ex | Extensión | Puntual | 1 |
| | | Parcial | 2 |
| | | Extensa | 3 |
| | | Total | 4 |
| Mo | Momento | Largo plazo | 1 |
| | | Mediano plazo | 2 |
| | | Corto plazo | 3 |
| | | Inmediato | 4 |
| Du | Duración o Persistencia | Fugaz | 1 |
| | | Temporal | 2 |
| | | Mediano plazo | 3 |
| | | Permanente | 4 |
| Re | Reversibilidad / Recuperabilidad | Corto plazo | 1 |
| | | Mediano plazo | 2 |
| | | Largo plazo | 3 |
| | | Irreversible / Irrecuperable | 4 |
| Ac | Acumulación / Sinergia | Impacto simple | 1 |
| | | Acumulativo | 2 |
| | | Sinérgico | 3 |
| | | Muy sinérgico | 4 |
| Ef | Efecto | Indirecto | 1 |
| | | Directo | 4 |
| Pe | Periodicidad | Una vez | 1 |
| | | Irregular | 2 |
| | | Peródico o frecuente | 3 |
| | | Continuo | 4 |

Tabla 16: Resumen Impactos Ambientales Identificados (1).

| Medio | Componente | Impacto | Fase | Código de impacto |
|------------------------|-------------------------------|--|--------------|-------------------|
| Medio Físico | Calidad del Aire | Aumento de la concentración ambiental de gases de combustión (NO _x , SO ₂ , y CO). | Construcción | C-CA-1 |
| | | | Operación | O-CA-1 |
| | | | Cierre | CI-CA-1 |
| | | Aumento de la concentración ambiental de material particulado respirable (MP10). | Construcción | C-CA-2 |
| | | | Operación | O-CA-2 |
| | | | Cierre | CI-CA-2 |
| | | Aumento de la concentración ambiental de material particulado fino (MP 2,5). | Construcción | C-CA-3 |
| | | | Operación | O-CA-3 |
| | | | Cierre | CI-CA-3 |
| | | Aumento de las concentraciones de sedimentación de material particulado (MPS) | Construcción | C-CA-4 |
| | | | Operación | O-CA-4 |
| | | | Cierre | CI-CA-4 |
| | Ruido | Aumento del nivel de presión sonora. | Construcción | C-RU-1 |
| | | | Operación | O-RU-1 |
| | | | Cierre | CI-RU-1 |
| | Campos electromagnéticos | Generación de campos electromagnéticos. | Operación | O-CE-1 |
| | Vibraciones | Aumento de los niveles de vibraciones. | Construcción | C-VI-1 |
| | Edafología (Suelos) | Pérdida y degradación de suelo con capacidad de uso agrícola. | Construcción | C-SU-1 |
| | | Pérdida de la capacidad del suelo para sustentar biodiversidad. | Construcción | C-SU-2 |
| | Hidrología y Calidad del Agua | Cambio en calidad de aguas de esteros, canales de riego, y en río Aconcagua producto de la excavación de zanja de acueducto. | Construcción | C-H-1 |
| Ecosistemas Terrestres | Flora y Vegetación | Pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación "Casi Amenazada", "Amenazada" o "Vulnerable". | Construcción | C-FV-1 |
| | | Pérdida de Superficie de Vegetación Nativa | Construcción | C-FV-2 |
| | Briófitas | Pérdida de hábitat e individuos de briófitas | Construcción | C-B-1 |
| | Fauna | Pérdida y alteración de hábitat de fauna. | Construcción | C-FA-1 |
| | | Pérdida de individuos de especies de baja movilidad listadas en categorías de conservación. | Construcción | C-FA-2 |
| | | Alteración de Hábitat de fauna por ruido | Construcción | C-FA-3 |
| | Hongos | Perdida de ambientes para hongos. | Construcción | C-H-1 |
| | Líquenes | Pérdida de ambiente para líquenes. | Construcción | C-L-1 |

Tabla 17: Resumen Impactos Ambientales Identificados (2).

| Medio | Componente | Impacto | Fase | Código de impacto |
|-----------------------|--------------------------------------|---|--------------|-------------------|
| Ecosistemas acuáticos | Limnología | Pérdida de hábitat fluvial en secciones de los cauces por encausamiento o desvíos | Construcción | C-LM-1 |
| | | Detrimiento de la condición de hábitat por modificación físico-química del agua | Construcción | C-LM-2 |
| | | Variación en la estructura comunitaria de eslabones primarios de la cadena trófica (Perifiton, Zoobentos) | Construcción | C-LM-3 |
| | | Pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces | Construcción | C-LM-4 |
| Ecosistemas Marinos | Calidad del Agua | Alteración de las características físicas y químicas del agua de mar | Construcción | C-EM-1 |
| | Calidad de Sedimentos | Alteración de la calidad de los sedimentos | Construcción | C-EM-2 |
| | Comunidades bentónicas submareales | Alteración de comunidades bentónicas submareales | Construcción | C-EM-3 |
| | | | Operación | O-EM-3 |
| | Comunidades bentónicas intermareales | Alteración de comunidades bentónicas intermareales | Construcción | C-EM-4 |
| | Aves marinas costeras | Alteración de hábitat de aves marinas costeras | Construcción | C-EM-5 |
| | Comunidades Planctónicas | Alteración de las comunidades planctónicas | Operación | O-EM-5 |
| Patrimonio Cultural | Arqueología Terrestre | Alteración de restos y sitios arqueológicos | Construcción | C-AT-1 |
| | Paleontología | Alteración de restos y sitios paleontológicos | Construcción | C-PL-1 |
| Medio Perceptual | Paisaje | Alteración de la calidad visual del paisaje | Operación | O-PA-1 |
| Uso del territorio | Servicios e infraestructura | Alteración del flujo vial. | Construcción | C-UT-1 |
| | Actividades Económicas y Productivas | Afectación de Actividades Pesqueras | Construcción | C-UT-2 |
| Medio Humano | Dimensión Socioeconómica | Afectación de Fuentes de Trabajo por construcción de obras marítimas | Construcción | C-MH-1 |
| | Dimensión Socioeconómica | Afectación de Fuentes de Trabajo por descarga de salmuera. | Operación | O-MH-1 |
| | Dimensión Socioeconómica | Afectación de Fuentes de Trabajo por alteración de suelo con capacidad agrícola | Construcción | C-MH-2 |
| | Dimensión Geográfica | Alteración de tiempos de viaje por aumento del flujo vial | Construcción | C-MH-3 |
| | Dimensión Geográfica | Alteración de tiempos de viaje por aumento del flujo vial | Operación | O-MH-2 |

Tabla 18: Impactos Ambientales en Fase de Operación.

| Impacto | Grado del Impacto | Significancia |
|--|-------------------|--------------------------------|
| Aumento de la concentración ambiental de gases de combustión (NO ₂ , CO y O ₃). | -92 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP10). | -92 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP2,5). | -92 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento de las concentraciones de sedimentación de material particulado (MPS) | -88 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento del nivel de presión sonora. | -92 | Negativo No Significativo Leve |
| Generación de campos electromagnéticos. | -84 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de la calidad visual del paisaje | -100 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración del flujo vial | -44 | Negativo No Significativo Leve |
| Afectación de Actividades Pesqueras por Descarga de Salmuera | -84 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de las características físicas y químicas del agua de mar | -168 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de la calidad de los sedimentos marinos | -32 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de comunidades bentónicas submareales | -40 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de hábitat de aves marinas costeras | -42 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de las comunidades planctónicas | -168 | Negativo No Significativo Leve |
| Afectación de Fuentes de Trabajo por descarga de salmuera | -84 | Negativo No Significativo Leve |
| Alteración de tiempos de viaje por aumento del flujo vial | -46 | Negativo No Significativo Leve |

Tabla 19: Impactos Ambientales en Fase de Cierre.

| Impacto | Grado del Impacto | Significancia |
|--|-------------------|------------------------------------|
| Aumento de la concentración ambiental de gases de combustión (NO ₂ , SO ₂ y CO). | -184 | Negativo No Significativo Moderado |
| Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP10). | -276 | Negativo No Significativo Moderado |
| Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP2,5). | -276 | Negativo No Significativo Moderado |
| Aumento de las concentraciones de sedimentación de material particulado (MPS) | -84 | Negativo No Significativo Leve |
| Aumento del nivel de presión sonora. | -168 | Negativo No Significativo Leve |

Tabla 20: Localización de Estaciones de Rescate para la Fauna Íctica.

| Ecosistema Acuático | Nombre | Localización respecto del Proyecto | Actividad | Coordenadas UTM (m)* | |
|-------------------------|------------------|--------------------------------------|--|----------------------|-----------|
| | | | | Este (m) | Norte (m) |
| Río Natural (lótico) | Río Aconcagua | En el cruce de la tubería | Sitio de Rescate de Peces | 283.358 | 6.354.235 |
| | | Aguas arriba del cruce de la tubería | Sitio de Relocalización de Peces. Seguimiento Rescate. | 282.587 | 6.356.755 |
| | | | | 282.297 | 6.356.797 |
| Estero Natural (lótico) | Estero Raulén | En el cruce de la tubería | Sitio de Rescate de Peces | 282.005 | 6.356.560 |
| | | Aguas arriba del cruce de la tubería | Sitio de Relocalización de Peces. Seguimiento Rescate. | 284.275 | 6.355.282 |
| | Estero Mala Cara | En el cruce de la tubería | Sitio de Rescate de Peces | 285.670 | 6.356.888 |
| | | Aguas arriba del cruce de la tubería | Sitio de Relocalización de Peces. Seguimiento Rescate. | 268.999 | 6.365.635 |
| | | | | 269.276 | 6.366.039 |
| | | | | 269.456 | 6.366.031 |

(*) Datum WGS 84, Huso 19 S

Tabla 21: Seguimiento de pérdida de ejemplares de flora en categoría de conservación.

| | |
|--|--|
| Parámetros que serán utilizados para la caracterización del estado y evolución de dicho componente | Los parámetros a analizar son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Número de ejemplares rescatados y posteriormente trasplantados. - Porcentaje de sobrevivencia de los ejemplares trasplantados, medido como porcentaje de individuos vivos sobre el total de ejemplares rescatados. |
| Límites permitidos o comprometidos | <ul style="list-style-type: none"> - 100% de los ejemplares rescatados serán trasplantados. - 70% de sobrevivencia (presencia de crecimiento vegetativo o cambio en el estado fenológico). |
| Duración o frecuencia de seguimiento | Durante cuatro años posteriores al trasplante o plantación. En cuanto a la frecuencia, se considera trimestral durante el primer año y semestral a partir del segundo año. |
| Método o procedimiento de cada parámetro | Se contarán los ejemplares rescatados y se georreferenciará el lugar de rescate, así como también, la ubicación donde serán trasplantados. Posteriormente se revisará la sobrevivencia de cada individuo. |
| Plazo y frecuencia de entrega de los informes con la evaluación de los resultados | Se elaborarán informes trimestrales durante el primer año y semestrales durante el segundo, tercero y cuarto año, con el resultado de las campañas. Los informes serán entregados a la autoridad, dentro del mes siguiente al término de cada campaña. Además se elaborará un informe consolidado al finalizar el período de seguimiento de cuatro años. |
| Otros aspectos relevantes según el Parámetro | En el caso que el porcentaje de sobrevivencia sea menor al establecido, se realizarán replantes para asegurar que el número de ejemplares relocalizados no disminuya respecto del éxito de la medida establecida. |

Tabla 22: Seguimiento de pérdida de individuos o poblaciones protegidas de peces.

| | |
|---|--|
| Parámetros que serán utilizados para la caracterización del estado y evolución de dicho componente | Los parámetros a analizar son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Número de individuos rescatados y posteriormente trasplantados. - Porcentaje de supervivencia de los individuos relocalizados. Se evaluará el porcentaje de supervivencia de los organismos durante el procedimiento según rango etario, densidades totales y relativas en los sitios de relocalización, comparación de tallas y pesos en los sitios de relocalización (antes y posterior al rescate o los rescates), y éxito en la recaptura estimada como la proporción de organismos marcados versus organismos no marcados en los sitios de relocalización. |
| Límites permitidos o comprometidos | <ul style="list-style-type: none"> - 100% de los individuos rescatados serán trasplantados. - Considerando el dinamismo de la especie y que es imposible asegurar que los peces volverán al mismo lugar en el momento del monitoreo, se considerará como una medida exitosa, si se logra verificar un 50% de sobrevivencia de los individuos rescatados, o bien, si se logra verificar que la población de peces, no se ve alterada en relación a la definido en la Línea Base. |
| Duración o frecuencia de seguimiento | <p>Durante los tres meses que dure la intervención de cada cauce, se realizarán monitoreos mensuales en un sitio aguas arriba de la intervención y otro, aguas abajo.</p> <p>Luego, se recomienda monitorear la evolución de estas comunidades en los mismos puntos de muestreo, con una frecuencia semestral por dos años, para luego en función de los resultados, revisar y definir la periodicidad de la medida con la Autoridad competente.</p> |
| Método o procedimiento de cada parámetro | Se contarán la totalidad de individuos en las áreas de monitoreo y se establecerá que proporción de la población, corresponde a ejemplares relocalizados. |
| Plazo y frecuencia de entrega de los informes con la evaluación de los resultados | <p>Se generará un informe por cada estudio realizado, es decir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Estudio del sitio de relocalización. 2) Rescate ejecutado. Este informe contendrá el detalle de las actividades de rescate, así como también los resultados de los monitoreos mensuales realizados durante la duración de los trabajos. 3) Informes de Monitoreo: Frecuencia semestral durante los dos primeros años (4 informes en total). Luego de esto, se definirá la frecuencia con la autoridad competente. <p>En cuanto al plazo de entrega de los informes, se consideran ser entregados a la autoridad ambiental competente, en un plazo máximo de 30 días corridos después de la realización de cada estudio.</p> |
| Otros aspectos relevantes según el Parámetro | N/A |

Tabla 23: Riesgos asociados a la Fase de Operación del Proyecto.

| Ubicación | Descripción del riesgo |
|-----------------------------------|---|
| OM: Torre de captación | Mal funcionamiento de la torre de captación que genere elevada succión de los organismos marinos. |
| OM: Emisario submarino | Ruptura o fuga del emisario de HDPE (Polietileno de alta densidad) que genere la liberación de salmuera de manera descontrolada dentro de la zona de protección litoral. |
| OM: Difusores | Mal funcionamiento de los difusores, impidiendo así la correcta dilución de la salmuera y afectando en gran medida al ecosistema acuático local. |
| SP: Bodega de sustancias químicas | Derrame de sustancias corrosivas en grandes cantidades que por sus características pueden afectar las instalaciones aledañas, provocando daños estructurales e incluso liberación de vapores tóxicos. También pueden fugarse sustancias intrínsecamente tóxicas que puedan originar nubes de gases que alcancen límites de concentración que puedan afectar la salud e incluso la vida de las personas expuestas. |
| AD: Tubería de descarga | Fuga en tubería de transporte de salmuera que origine un derrame catastrófico que afecte al ecosistema, especialmente si entra en contacto con agua o percola por el suelo hacia aguas subterráneas. |

Tabla 24: Medidas de Prevención (1).

| Peligro | Riesgo | Medidas de Prevención |
|----------------------|---|---|
| Fenómenos Naturales | Tsunami | <ul style="list-style-type: none"> - Para el personal involucrado con el sector OM y EITL, se dispondrá de conexión de acuerdo a la información proporcionada por el SHOA. Además, existirá un plan de emergencia que contemple eventos naturales tipo tsunami. Finalmente, el personal será evacuado a la zona de seguridad. - De acuerdo a la ubicación del proyecto, los sectores SP, LEAP y SA, no requieren medidas preventivas, debido a la distancia a la cual serán instalados hasta la bahía. No obstante se puede comunicar a los trabajadores. |
| | Zona de remoción en masa | <ul style="list-style-type: none"> - Evitar hacer rellenos o cortes en terrenos de pendiente fuerte. No excavar la base de laderas empinadas. |
| | Zona de inundación | <ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo a la ubicación del proyecto no requiere medidas preventivas, debido a la inexistencia de riesgos de anegamiento e inundaciones. |
| | Rayos | <ul style="list-style-type: none"> - Todos los edificios y estructuras de acero deben estar unidos a grilla de puesta a tierra para rayos, en conformidad con Norma IEC62305. - Se dispondrá de un Plan de emergencia. |
| | Sismos | <ul style="list-style-type: none"> - El personal deberá evacuar a la zona de seguridad en caso de que se generen derrumbes, caídas de objetos, etc. |
| Accidentes laborales | Atrapamiento por construcción y desmantelamiento | <ul style="list-style-type: none"> - Delimitar zonas de paso para vehículos y trabajadores al recinto mediante señalización. - Uso de equipos de protección personal (EPP) reflectantes por lugares donde circulen máquinas o vehículos. - Mantención adecuada de los vehículos para que no generen fallas. |
| | Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o camiones | <ul style="list-style-type: none"> - Delimitar zonas de paso para vehículos y trabajadores al recinto mediante señalización. - Uso de equipo de protección personal (EPP) reflectantes por lugares donde circulen las máquinas o vehículos. - Mantención adecuada de los vehículos para que no generen fallas. |
| | Exposición a ruido | <ul style="list-style-type: none"> - Uso de equipo de protección personal (EPP) como tapones auditivos o fonos auditivos. - Cumplimiento del Decreto Supremo N° 594 última actualización 2015 - Cumplimiento de Norma Técnica 156 "Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programa de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo" (PREXOR). |
| | Vibración | <ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento del Decreto Supremo 594 última actualización 2015 - Uso de equipo de protección personal (EPP) como guantes. |
| | Derrame de material, insumos o residuos contaminantes. | <ul style="list-style-type: none"> - El personal debe estar siempre y atento a las condiciones de trabajo. |
| | Exposición a radiación ultra violeta | <ul style="list-style-type: none"> - Se debe limpiar para no obstruir el paso y generar accidentes. - Uso de equipo de protección personal (EPP) como lentes de seguridad, casco de seguridad, - Uso de protector solar. |

Tabla 25: Medidas de Prevención (2).

| Peligro | Riesgo | Medidas de Prevención |
|-----------------|---|---|
| Riesgo de caída | Caída a mismo nivel | <ul style="list-style-type: none"> - Uso obligatorio de polera manga larga - Cumplimiento del Decreto Supremo 594 última actualización 2015. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Mantener limpio y despejado el área de las zonas de trabajo. - Señalar en el suelo las zonas de paso de trabajo - Utilizar calzado de seguridad. - Iluminar las zonas de trabajo. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - En caso de que el suelo se encuentre irregular, se comunicara rápidamente a los encargados de seguridad. - Uso de arnés de seguridad para trabajos en altura. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Inspección periódica de equipos de apoyo a trabajo en altura. - Capacitación a los trabajadores para el uso de EPP. - Respetar y cumplir con el procedimiento de trabajo en altura. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar equipo de protección personal (EPP) - Revisar las herramientas, antes de ser utilizadas. - El trabajador debe estar concentrado a la tarea que está realizando. |
| | Caída o golpeado de objetos por desplome o carga suspendidas | <ul style="list-style-type: none"> - Delimitar el área donde se puedan originar desplomes para impedir el paso de personas. - Los trabajadores siempre deben estar con su equipo de protección personal (EPP) como casco, zapatos de seguridad. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Delimitar el área donde se puedan originar desplomes para impedir el paso de personas. |
| | Aplastamiento por caída de objetos de desplome o carga suspendida | <ul style="list-style-type: none"> - Solo trabajadores autorizados y capacitados, realizarán trabajos con riesgo eléctrico. - Todos los equipos y elementos deberán comprobar la ausencia de tensión, tiene que estar puesta a tierra. - Utilizar sistema de bloqueos. - Procedimientos de trabajo seguro |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Delimitar el área donde se puedan originar desplomes para impedir el paso de personas. |
| | Transporte de Insumos | <ul style="list-style-type: none"> - Los vehículos no podrán transitar sin la placa única y el permiso de circulación, según ley de tránsito N° 18.290. - El conductor deberá contar con los documentos vigentes, según ley de tránsito N° 18.290. - Se dispondrá de la señalización necesaria y caminos a utilizar para evitar accidentes. - Está prohibido conducir en estado de ebriedad o bajo la influencia del alcohol. - El conductor debe usar el cinturón de seguridad. - El transporte de carga debe cumplir con el distintivo para identificación de riesgos según NCh 2190 of 2003 - La carga no podrá exceder los pesos máximos que las características técnicas del vehículo permitan. |

Tabla 26: Medidas de Prevención (3).

| Peligro | Riesgo | Medidas de Prevención |
|---------|--|--|
| | Choques | <ul style="list-style-type: none"> - Uso de señalética según NCh 1411 of 1978. - Manejar con velocidad disminuida. - Está prohibido conducir en estado de ebriedad o bajo las influencias del alcohol. - Mantener distancias con otros camiones o vehículos. - El conductor debe estar atento. - El conductor debe disponer con todos los documentos al día. |
| | Atropellos | <ul style="list-style-type: none"> - El personal deberá transitar por lugares señalizados. - El conductor debe estar atento. - Está prohibido conducir en estado de ebriedad o bajo las influencias del alcohol. - El personal debe ocupar equipos de protección personal (EPP), como chalecos reflectantes. |
| | Accidente Vehicular | <ul style="list-style-type: none"> - Uso de señalética según NCh 1411 of 1978. - Manejar con velocidad disminuida. - Está prohibido conducir en estado de ebriedad o bajo las influencias del alcohol. - Mantener distancias con otros camiones o vehículos. - El conductor debe estar atento. - El conductor debe disponer con todos los documentos al día. |
| | Exposición a radiación no ionizante como trabajo de soldadura | <ul style="list-style-type: none"> - Uso de elementos de protección personal (EPP) como gorro, mascarillas respiradoras o filtros para humos metálicos, mascara de soldar, guantes de cuero, colete, polainas, casaca de cuero, pantalones de cuero y zapatos de seguridad. - Trabajar en áreas con ventilación. - No tocar áreas húmedas ya que el cuerpo y algo electrificado forma una línea de tierra que puede producir corriente al cuerpo. - Conservar EPP secos. |
| | Exposición a proyección de partículas incandescentes como trabajos con herramientas desbaste o abrasivas | <ul style="list-style-type: none"> - Uso de elementos de protección personal (EPP) calzado de seguridad, guantes, antiparra protector facial completo, antiparra de seguridad, pantalones de cuero, chaqueta de cuero, colete y polainas. - Trabajar en áreas con ventilación. - No tocar áreas húmedas ya que el cuerpo y algo electrificado forma una línea de tierra que puede producir corriente al cuerpo. - Conservar EPP secos. |
| | | - La bodega de insumos y sustancias peligrosas constaran con canaletas y un pozo contenedor de derrames. |

Tabla 27: Medidas de Prevención (4).

| Peligro | Riesgo | Medidas de Prevención |
|--|--|---|
| | Derrame de sustancias peligrosas | <ul style="list-style-type: none"> - La brigada de emergencia, deberá incluir entrenamiento especial para acciones ofensivas y de contención en estanques, con el uso de equipamiento y protección personal para asfixiantes simples. Se recomienda acompañar este proceso, con procedimientos de operación de emergencia, instituciones de apoyo externo como bomberos y empresas privadas especializadas. |
| | Golpeo por construcciones | <ul style="list-style-type: none"> - El personal deberá transitar por áreas delimitadas y señalizadas. - Uso de equipo de protección personal (EPP). |
| | Exposición a sustancias peligrosas y Residuos Peligrosos | <ul style="list-style-type: none"> - Solo personal autorizado puede ingresar a la bodega de sustancias y residuos peligrosos. - Se deben encontrar apiladas según su clase de riesgo. - El personal deberá transitar por áreas delimitadas y señalizadas. - Uso de equipo de protección personal (EPP). |
| Sector obras marítimas (OM) | Exposición a residuos peligrosos | <ul style="list-style-type: none"> - Realizar mantenimiento preventivo a los equipos involucrados como la torre de captación, el inmisario submarino, el pozo de captación, el emisario submarino y los difusores. |
| Sector planta (SP) | Exposición a sustancias y residuos peligrosos | <ul style="list-style-type: none"> - Capacitar al personal en el uso de sustancias peligrosas, especialmente de clases de riesgo NCh 382. Ofic.: 2013 2.2 (gases no tóxicos ni inflamables), 6.1 (sustancias tóxicas) y 8 (sustancias corrosivas). - Realizar mantenimiento preventivo de los equipos empleados para la movilización de carga. - Uso de equipo de protección personal (EPP), tales como guantes, ropa de seguridad, lentes de seguridad, zapatos de seguridad y máscaras con filtros para evitar la inhalación de vapores tóxicos y corrosivos. - El personal deberá transitar por áreas delimitadas y señalizadas. |
| Sector de alimentación y descarga hasta la planta (EITL) | Exposición a residuos peligrosos | <ul style="list-style-type: none"> - Realizar mantenimiento preventivo de las tuberías de alimentación y descarga. |
| Sector de línea de transmisión de alta tensión (LEAP) | Contacto eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> - Para impedir el ingreso de personas no autorizadas y así evitar que estén expuestos a riesgos, la subestación estará cercada perimetralmente. - La subestación contará con casetas de control. - Para la seguridad, la subestación seccionadora contempla malla de puesta a tierra, protección contra descargas atmosféricas, caminos perimetrales. |
| Sector acueducto (SA) | Remoción de masa | <ul style="list-style-type: none"> - Evitar hacer rellenos o cortes en terrenos de pendiente fuerte. No excavar la base de laderas empinadas. |

Tabla 28: Seguimiento del Aumento del nivel de presión sonora (1).

| Fase del Proyecto | Construcción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------|----------------------------------|--|--|----------|-----------|----|---------|-----------|----|---------|-----------|----|---------|-----------|----|---------|-----------|----|---------|-----------|
| Componente, subcomponente y variables ambientales que serán objeto de muestreo, medición, análisis y/o control, claramente identificadas; | Ruido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impacto ambiental asociado | Impacto C-RU-1: Aumento del nivel de presión sonora. Si bien el impacto que presenta este componente no tiene asociada una medida de reparación, mitigación o compensación, el seguimiento ha sido considerado dentro del plan de seguimiento de modo de verificar las modelaciones adjuntas en el Anexo 4-B del Presente EIA. A continuación se presenta de manera resumida la medida y su correspondiente justificación. Descripción y Justificación: El Titular monitoreará los niveles de ruido en forma periódica en los receptores sensibles que presentaron superación de los valores normativos (previo a la aplicación de medidas de control), de modo de verificar que estos receptores evaluados en la modelación de ruido presentada en el Capítulo 4-B del presente EIA, una vez implementadas las medidas de control (barreras acústicas), se mantienen bajo los límites de nivel de presión sonora diurnos definidos para dichos receptores, cumpliendo con la norma. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medida ambiental asociada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación de los puntos de control | <p>En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de ubicación de los receptores sensibles a los que se monitoreará durante la fase de construcción del Proyecto.</p> <p>Tabla 3. Coordenadas de receptores sensibles de asentamientos humanos que presentaron excedencia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th colspan="2">Coordenadas UTM (WGS84 Huso 18S)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Este (m)</th> <th>Norte (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td>284.130</td> <td>6.353.735</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>283.172</td> <td>6.354.744</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>282.888</td> <td>6.355.149</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>282.656</td> <td>6.355.357</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>282.854</td> <td>6.355.405</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Elaboración propia.</p> | Punto | Coordenadas UTM (WGS84 Huso 18S) | | | Este (m) | Norte (m) | R1 | 284.130 | 6.353.735 | R2 | 283.172 | 6.354.744 | R3 | 282.888 | 6.355.149 | R4 | 282.656 | 6.355.357 | R5 | 282.854 | 6.355.405 |
| Punto | Coordenadas UTM (WGS84 Huso 18S) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Este (m) | Norte (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R1 | 284.130 | 6.353.735 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R2 | 283.172 | 6.354.744 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R3 | 282.888 | 6.355.149 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R4 | 282.656 | 6.355.357 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R5 | 282.854 | 6.355.405 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parámetros que serán utilizados para la caracterización del estado y evolución de dicho componente | Se realizarán mediciones periódicas para el monitoreo del Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC) según procedimiento establecido en D.S. N° 38/11 del MMA. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 29: Seguimiento del Aumento del nivel de presión sonora (2).

| | |
|--|---|
| Límites permitidos o comprometidos | Se verificará el cumplimiento de lo establecido en el D.S. N° 38/11 del MMA. |
| Duración o frecuencia de seguimiento | Se considera realizar monitoreos mensuales durante el periodo en que se encuentren construyendo entre el Km 24 al 28 del Sector Acueducto y un monitoreo al término de la construcción de este tramo. |
| Método o procedimiento de cada parámetro | El Titular monitoreará los niveles de ruido de forma similar a la que realizó en línea base de ruido, de modo de obtener registros de los niveles de presión sonora en los puntos receptores presentados anteriormente, verificando el cumplimiento de los límites permisibles. Se utilizará Sonómetro integrador tipo 1 ó 2, con respuesta lenta, según los procedimientos establecidos en D.S. N° 38/11 del MMA. |
| Plazo y frecuencia de entrega de los informes con la evaluación de los resultados | El informe mensual de monitoreo será remitido a la SEREMI de Medio Ambiente y a la Superintendencia de Medio Ambiente. |
| Otros aspectos relevantes según el parámetro | El monitoreo sólo considera mediciones en horario diurno. |

Tabla 30: Seguimiento de la Alteración de la Calidad de aguas de canales de riego y el río Aconcagua (1).

| Fase del Proyecto | Construcción |
|---|---|
| Componente, subcomponente y variables ambientales que serán objeto de muestreo, medición, análisis y/o control, claramente identificadas; | Hidrología |
| Impacto ambiental asociado | <p>Impacto C-RU-1: Aumento del nivel de presión sonora.</p> <p>Si bien el impacto que presenta este componente no tiene asociada una medida de reparación, mitigación o compensación, el seguimiento ha sido considerado dentro del plan de seguimiento debido a que este monitoreo, se encuentra asociado a lo propuesto en los PAS 155, 156 y 157, presentados en los Anexos 10-J, 10-K, y 10-L, respectivamente.</p> <p>A continuación se presenta, el objetivo de la medida, una breve descripción y la correspondiente justificación de ésta</p> <p><u>Objetivo:</u> Verificar que no exista una variación apreciable en las concentraciones de los parámetros medidos aguas arriba y aguas abajo de la zona de intervención.</p> |
| Medida ambiental asociada | |

Tabla 31: Seguimiento de la Alteración de la Calidad de aguas de canales de riego y el río Aconcagua (2).

| | <p>Descripción y Justificación: El Titular realizará monitoreos en cada uno de los cuerpos de agua con los que intersecta el Proyecto, cuyo fin es mantener las condiciones de calidad en los cursos de agua antes y después del Proyecto.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|-----------|----------------------------------|--|----------|-----------|------------------|--------------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|-----------------|--------------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|---------------------|--------------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|---------------|--------------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|---------------|--------------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|
| Ubicación de los puntos de control | <p>En la siguiente Tabla, se presentan las coordenadas de los cursos de agua a monitorear.</p> <p>Tabla 4. Ubicación de puntos de monitoreo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Cruce</th><th rowspan="2">Punto</th><th colspan="2">Coordenadas UTM (WGS84 Huso 18S)</th></tr> <tr> <th>Este (m)</th><th>Norte (m)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Estero Mala Cara</td><td>Aguas arriba</td><td>269.190</td><td>6.365.656</td></tr> <tr> <td>Aguas abajo</td><td>269.002</td><td>6.365.437</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Canal Mauco (1)</td><td>Aguas arriba</td><td>271.121</td><td>6.363.725</td></tr> <tr> <td>Aguas abajo</td><td>271.202</td><td>6.363.901</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Canal Molino-Rautén</td><td>Aguas arriba</td><td>283.183</td><td>6.354.714</td></tr> <tr> <td>Aguas abajo</td><td>282.994</td><td>6.354.661</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Estero Rautén</td><td>Aguas arriba</td><td>282.069</td><td>6.356.634</td></tr> <tr> <td>Aguas abajo</td><td>281.939</td><td>6.356.480</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Río Aconcagua</td><td>Aguas arriba</td><td>283.478</td><td>6.354.253</td></tr> <tr> <td>Aguas abajo</td><td>283.284</td><td>6.354.209</td></tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Elaboración Propia.</p> | Cruce | Punto | Coordenadas UTM (WGS84 Huso 18S) | | Este (m) | Norte (m) | Estero Mala Cara | Aguas arriba | 269.190 | 6.365.656 | Aguas abajo | 269.002 | 6.365.437 | Canal Mauco (1) | Aguas arriba | 271.121 | 6.363.725 | Aguas abajo | 271.202 | 6.363.901 | Canal Molino-Rautén | Aguas arriba | 283.183 | 6.354.714 | Aguas abajo | 282.994 | 6.354.661 | Estero Rautén | Aguas arriba | 282.069 | 6.356.634 | Aguas abajo | 281.939 | 6.356.480 | Río Aconcagua | Aguas arriba | 283.478 | 6.354.253 | Aguas abajo | 283.284 | 6.354.209 |
| Cruce | Punto | | | Coordenadas UTM (WGS84 Huso 18S) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Este (m) | Norte (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estero Mala Cara | Aguas arriba | 269.190 | 6.365.656 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aguas abajo | 269.002 | 6.365.437 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Canal Mauco (1) | Aguas arriba | 271.121 | 6.363.725 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aguas abajo | 271.202 | 6.363.901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Canal Molino-Rautén | Aguas arriba | 283.183 | 6.354.714 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aguas abajo | 282.994 | 6.354.661 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estero Rautén | Aguas arriba | 282.069 | 6.356.634 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aguas abajo | 281.939 | 6.356.480 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Río Aconcagua | Aguas arriba | 283.478 | 6.354.253 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aguas abajo | 283.284 | 6.354.209 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parámetros que serán utilizados para la caracterización del estado y evolución de dicho componente | Los parámetros a monitorear corresponden a los propuestos en la norma NCh 1.333 of.78. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límites permitidos o comprometidos | Se verificará el cumplimiento de lo establecido en la norma NCh. 1.333 of.78, en cada uno de los puntos establecidos anteriormente. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Duración o frecuencia de seguimiento | Considerando la duración de las obras en cada uno de los cauces, se propone la realización de un monitoreo mensual mientras dure la fase de construcción, considerando uno al inicio y uno al término de esta fase. De esta manera, se llevarán a cabo muestreos mensuales durante la construcción del cruce Estero Mala Cara, Canal Mauco (1), Estero Rautén, Canal Molino-Rautén y Río Aconcagua y un monitoreo finalizada la construcción de los cruces. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Método o procedimiento de cada parámetro | <p>El Titular monitoreará de forma similar a la que realizó en línea base de calidad del Agua, es decir, se considerarán los procedimientos de la Norma Chilena NCh. 411/6. Of. 96 ("Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua").</p> <p>Respecto de las técnicas de muestreo puntuales y la selección de tipos de recipientes para las muestras de agua, se considerará la Norma NCh 411/2. Of. 96 ("Guía sobre técnicas de muestreo").</p> <p>Finalmente, para la preparación de recipientes, identificación de llenado, preservación y transporte de las muestras, se seguirá lo definido en la Norma NCh 411/3. Of. 96 ("Guía sobre preservación y manejo de las muestras").</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plazo y frecuencia de entrega de los informes con la evaluación de los resultados | <p>Se elaborará un informe de todos los monitoreos realizados con los certificados de laboratorio respectivos.</p> <p>El reporte a las autoridades será entregado a la SMA luego de cada muestreo, al mes siguiente una vez recibidos los informes de laboratorio, y llevará como mínimo la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación del punto de muestreo (coordenadas geográficas). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 32: Seguimiento de la Alteración de la Calidad de aguas de canales de riego y el río Aconcagua (3).

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Naturaleza de la muestra. • Tipo de muestra (puntual). • Período de duración del monitoreo. • Fecha y hora de muestreo (inicio y término). • Observaciones de terreno (fotografías del lugar y detalle de eventos que afecten el incumplimiento de algún aspecto normativo). • Laboratorio responsable de los ensayos. • Responsable de entrega y recepción de muestras. • Fecha y hora de entrega de muestras en el laboratorio. |
| Otros aspectos relevantes según el Parámetro | Es relevante mencionar que los parámetros de la norma Nch.1.333 of.78, se emplearán de manera referencial, no pudiendo asegurarse el cumplimiento de dicha norma en el caso de que los esteros aguas arriba del Proyecto no la cumplan. |

Tabla 33: Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (1).

| Fase del Proyecto | Construcción |
|---|---|
| Componente, subcomponente y variables ambientales que serán objeto de muestreo, medición, análisis y/o control, claramente identificadas; | Ecosistemas Marinos |
| Impacto ambiental asociado | <p>Impacto C-EM-1: Alteración de las características físicas y químicas del agua de mar Impacto C-EM-2: Alteración de la calidad de los sedimentos marinos Impacto C-EM-3: Alteración de comunidades bentónicas submareales Impacto C-EM-4: Alteración de comunidades bentónicas intermareales Impacto C-EM-5: Alteración de hábitat de aves marinas costeras</p> |
| Medida ambiental asociada | <p>Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) El objetivo del PVA será el seguimiento de las variables ambientales durante la fase de construcción del Proyecto, con la finalidad de corroborar la no afectación del sector. Descripción y Justificación: Se contempla el seguimiento de las variables y matrices seleccionadas, con el fin de corroborar la ausencia de efectos ambientales significativos adversos, durante las labores de instalación de las tuberías submarinas y sistema de captación de agua de mar, así como la construcción de la cámara de carga en el sector costero de la bahía. En el caso de columna de agua, sedimentos submareales, comunidades bentónicas submareales de fondo blando, fitoplanctónicas y zooplanctónicas (e ictioplancton), se monitorearán variables en 6 estaciones: E-2, E-3, E-6, E-7, E-10 y E-11.</p> |
| Ubicación de los puntos de control | El monitoreo se realizará en el Sector OM. En la tabla siguiente, se presentan las coordenadas y la ubicación de las estaciones para los estudios señalados precedentemente. |

Tabla 34: Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (2).

| | | Tabla 4. Coordenadas (UTM) de las distintas estaciones propuestas para el PVA. | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| | | Matriz / Fase / Área | Estaciones | Coordenadas UTM (m) | |
| | | | | Este | Norte |
| | | Columna de Agua / Sedimentos Submareales / Comunidades Submareales / Comunidades Fitoplanctónicas / Comunidades Zoopláctónicas | E-2 E-3 E-6 E-7 E-10 E-11 | 266.535 266.143 266.600 266.284 266.771 266.466 | 6.372.433 6.372.492 6.372.846 6.372.930 6.373.273 6.373.271 |
| Fuente: Ecotecnos. Datum WGS-84, Huso 19 S. | | | | | |
| Parámetros que serán utilizados para la caracterización del estado y evolución de dicho componente | | Se efectuará el seguimiento de las variables y matrices seleccionadas durante toda la fase de construcción. Esto con el objeto de contar con las condiciones adecuadas antes del inicio de las actividades y una vez finalizada ésta. Ver detalle en la Tabla 1.2.1 del Anexo 9-A: Plan de Vigilancia Ambiental Medio Marino. | | | |
| Límites permitidos o comprometidos | | No Aplica. Se considera monitorear la no superación de los valores medidos, previo a las obras del Proyecto. | | | |
| Duración o frecuencia de seguimiento | | Semestral durante todo la fase de Construcción. | | | |
| Método o procedimiento de cada parámetro | | Los equipos que se utilizarán en el monitoreo para las mediciones en perfiles de columna de agua, serán: <ul style="list-style-type: none">▪ CTD: Medidor de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua. Se recomienda equipo CTDO SBE® SeaCat 19V2plus.▪ Turbidímetro: Medidor de turbidez de alta resolución. Se recomienda el equipo para terreno marca Hanna modelo HI 93703 C.▪ Disco Secchi. Para las mediciones de transparencia del agua de mar, se recomienda el uso de un disco Secchi. Las muestras para análisis físico-químicos de aguas y sedimentos serán enviadas a un laboratorio certificado por el INN. | | | |
| Plazo y frecuencia de entrega de los informes con la evaluación de los resultados | | Los Informe Técnicos serán entregados a la Superintendencia del Medio Ambiente a través del sistema de seguimiento ambiental para la fase de Construcción (Fase 1 del PVA), 35 días hábiles de finalizada las campañas de muestreo. En paralelo serán informados a la AAMM y SEA. | | | |

Tabla 35: Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (Fase Operación)(1).

| Fase del Proyecto | Operación |
|---|--|
| Componente, subcomponente y variables ambientales que serán objeto de muestreo, medición, análisis y/o control, claramente identificadas; | Ecosistemas Marinos |
| Impacto ambiental asociado | Impacto O-EM-1: Alteración de las características físicas y químicas del agua de mar Impacto O-EM-2: Alteración de la calidad de los sedimentos marinos Impacto O-EM-3: Alteración de comunidades bentónicas submareales Impacto O-EM-5: Alteración de hábitat de aves marinas costeras Impacto O-EM-5: Alteración de las comunidades planctónicas |
| Medida ambiental asociada | Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) El objetivo del PVA será el seguimiento de las variables ambientales durante la fase de operación del Proyecto, con la finalidad de corroborar la no afectación del sector. Descripción y Justificación: Se contempla el seguimiento de las variables y matrices seleccionadas durante un periodo de al menos 3 años, con el fin de corroborar la ausencia de efectos ambientales significativos adversos, consecuencia de la actividad de captación de agua de mar y descarga de salmuera de la planta desalinizadora. En el caso de columna de agua, sedimentos submareales, comunidades bentónicas submareales de fondo blando, fitopláctonicas y zoopláctonicas (e ictioplácton), se monitorearán variables en 8 estaciones: E-2, E-3, E-6, E-7, E-10, E-11, E-Capt y E-Des. Finalmente, en el caso de las comunidades bentónicas intermareales de fondo blando, se realizará el muestreo de dos transectas: T-3 y T-5 ubicadas frente al inmisario y emisario, respectivamente |
| Ubicación de los puntos de control | El monitoreo se realizará en el Sector OM. En la siguiente Tabla, se presentan las coordenadas y la ubicación de las estaciones para los estudios señalados precedentemente. |

Tabla 36: Seguimiento asociado al componente Ecosistemas Marinos (Fase Operación)(2).

| | Tabla 5. Coordenadas (UTM) de las distintas estaciones propuestas para el PVA. | | | |
|--------|---|------------|---------------------|-------|
| | Matriz / Fase / Área Columna de Agua / Sedimentos Submareales / Comunidades Submareales / Comunidades Fitoplanctónicas / Comunidades Zooplánctónicas | Estaciones | Coordenadas UTM (m) | |
| Este | | | Este | Norte |
| E-2 | | 266.535 | 6.372.433 | |
| E-3 | | 266.143 | 6.372.492 | |
| E-6 | | 266.600 | 6.372.846 | |
| E-7 | | 266.284 | 6.372.930 | |
| E-10 | | 266.771 | 6.373.273 | |
| E-11 | | 266.466 | 6.373.271 | |
| E-Capt | | 266.299 | 6.373.191 | |
| E-Des | | 266.388 | 6.372.528 | |
| | Matriz / Fase / Área Comunidades Intermareales | Estaciones | Coordenadas UTM (m) | |
| T3 | | | Este | Norte |
| T5 | | 267.190 | 6.372.895 | |
| | | 267.129 | 6.372.432 | |

Fuente: Ecotecnos. Datum WGS-84, Huso 19 S.

| | |
|--|--|
| Parámetros que serán utilizados para la caracterización del estado y evolución de dicho componente | Se efectuará el seguimiento de las variables y matrices seleccionadas durante un periodo de 3 años desde el inicio de la operación. Esto con el objeto de contar con las condiciones adecuadas antes del inicio de las actividades y una vez finalizada ésta. Ver detalle en la Tabla 1.2.1 del Anexo 9-A: Plan de Vigilancia Ambiental Medio Marino. |
| Límites permitidos o comprometidos | No Aplica. Se considera monitorear la no superación de los valores medidos, previo a las obras del Proyecto. |
| Duración o frecuencia de seguimiento | Semestral durante por un periodo de tres (3) años desde el inicio de la Operación. |
| Método o procedimiento de cada parámetro | <p>Los equipos que se utilizarán en el monitoreo para las mediciones en perfiles de columna de agua, serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CTDO: Medidor de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua. Se recomienda equipo CTDO SBE® SeaCat 19V2plus. ▪ Turbidímetro: Medidor de turbidez de alta resolución. Se recomienda el equipo para terreno marca Hanna modelo HI 93703 C. ▪ Disco Secchi. Para las mediciones de transparencia del agua de mar, se recomienda el uso de un disco Secchi. <p>Las muestras para análisis físico-químicos de aguas y sedimentos serán enviadas a un laboratorio certificado por el INN.</p> |
| Plazo y frecuencia de entrega de los informes con la evaluación de los resultados | Los Informe Técnicos serán entregados a la Superintendencia del Medio Ambiente a través del sistema de seguimiento ambiental para la fase de Operación (Fase 2 del PVA), 35 días hábiles de finalizada las campañas de muestreo. En paralelo serán informados a la AAMM y SEA. |